Escola PolitécnicaSuperior
d'Edificació de Barcelona
Universitat Politécnica de Catalunya

Trabajo Final de Grado

Ciencias y Tecnologías de la Edificación

PRONTUARIO EN EXCEL DE HORMIGÓN ARMADO

(Adaptado a EHE-08)

MANUAL DE USO

Proyectista: Zaida Rincón Soriano
Director: Sandokán Lorente Monleón
Convocatoria: Septiembre 2013

ÍNDICE

RESUMEN 3

A. INTRODUCCIÓN DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 4

CRITERIOS GENERALES 5

INTRODUCIÓN DE DATOS 5

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 6

POSIBLE ERROR EN LA LECTURA DE RESULTADOS 7

B. DESCRIPCIÓN DE LAS HOJAS PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO 8

FLEXIÓN SIMPLE 9

DIMENSIONADO 9

COMPROBACIÓN 10

FLEXIÓN COMPUESTA 11

DIMENSIONADO 11

COMPROBACIÓN 12

COMPROBACIÓN A FLEXOCOMPRESIÓN SIMÉTRICA U OBLICUA 14

CORTANTE 16

DIMENSIONADO 16

COMPROBACIÓN 17

TORSIÓN 18

DIMENSIONADO 18

COMPROBACIÓN 19

PUNZONAMIENTO 22

RASANTE 24

ANCLAJE DE ARMADURAS 25

EMPALME POR SOLAPO 26

INESTABILIDAD DE SOPORTES (PANDEO) 27

DEFORMACIÓN 28

FISURACIÓN 31

C. SIMBOLOGÍA Y ARTICULADO 32

FLEXIÓN SIMPLE – SECCIONES RECTANGULARES 33

FLEXIÓN SIMPLE – SECCIONES EN T 35

FLEXIÓN COMPUESTA – SECCIONES RECTANGULARES 37

FLEXIÓN COMPUESTA- SECCIONES EN T 39

FLEXOCOMPRESIÓN SIMÉTRICA O ESVIADA 41

CORTANTE 42
TORSIÓN – SECCIONES RECTANGULARES 46
TORSIÓN – SECCIONES HUECAS 50
PUNZONAMITENTO 54
DIMENSIONADO A RASANTE SECCIONES RECTANGULARES 56
ANCLAJE DE BARRAS O MALLAS 57
ANCLAJE POR SOLAPO 58
INESTABILIDAD DE SOPORTES 59
DEFORMACIONES 60
FISURACIÓN 64
ANEJO 1. CÁLCULO DE ARMADURAS 65
D. ANEJO 66
TUTORIALES DE EXCEL 67
FUNCIÓN *SOLVER* 67

RESUMEN

Este documento es el *Manual de Uso* del **Prontuario en Excel de Hormigón Armado**, que ayudará al usuario en la utilización y comprensión de las distintas hojas de cálculo que componen el prontuario. El manual dispone de cuatro partes diferenciadas: en la primera se muestran los criterios generales de funcionamiento del programa, en la segunda se describe el funcionamiento de cada hoja, seguidamente la simbología de cada hoja y por último un anejo con un tutorial necesario para poder utilizar correctamente una de las hojas de cálculo.

A. INTRODUCCIÓN DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CRITERIOS GENERALES

Todas las hojas de Excel se han diseñado con criterios prácticamente idénticos para que los datos y los resultados sean fácilmente interpretables para el usuario.

INTRODUCIÓN DE DATOS

Hay tres tipos de datos que el usuario puede introducir:

1) Características de la sección y de los materiales:

h	0,50	m
fyk	500	N/mm²

Este tipo de datos se destacan con casillas con fondo azul y letra "Calibri" en negro.

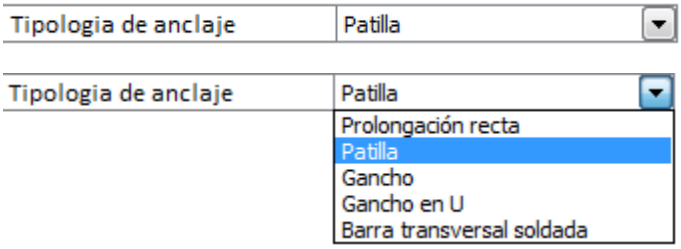
2) Coeficientes de seguridad y factor de cansancio del hormigón.

γ_s	1,15	u
γ_c	1,50	u
α_{cc}	1,00	u

Estos datos están introducidos por defecto según lo determinado por **EHE-08**, pero se han dejado editables para facilitar su modificación en caso de algún futuro cambio normativo o por necesidad de modificación por el usuario.

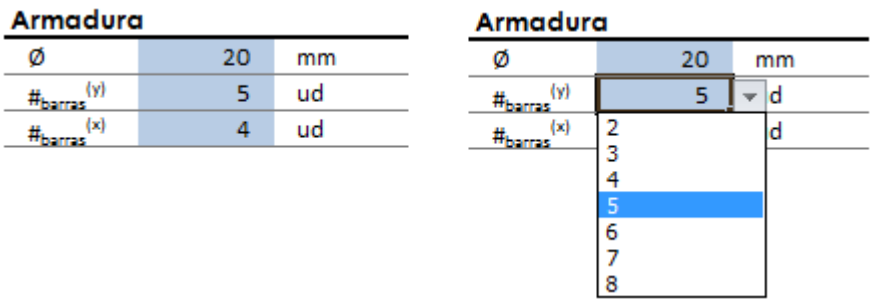
3) Pestañas desplegables: Se han creado dos tipos de pestañas desplegables.

a. El primer tipo de pestañas, se muestran en una casilla rectangular gris, con fondo blanco, con el símbolo de una flecha negra dentro de un recuadro gris. Al clicar esta flecha, se muestra una lista. La opción seleccionada se verá mostrada en azul, y aparecerá en la casilla cuando la tabla esté plegada.

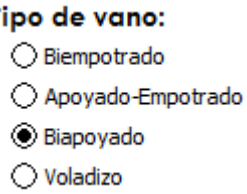


Esta tabla se ha creado para los casos en que la normativa da a escoger entre diversas opciones que se tienen en consideración en los cálculos.

b. En algunos casos se han tenido que crear listas desplegables debido a las limitaciones propias de la hoja de cálculo, y no por limitaciones de normativa. Estas listas se mostrarán como una casilla de introducción de datos de color azul, pero al clicar en ella, al usuario le aparecerá la lista, en lugar de la posibilidad de editar el texto:



4) Botón de selección: en algunos casos, se ha preferido crear un botón de selección en lugar de una lista desplegable, si bien su función es la misma. El usuario deberá clicar sobre el botón que sea oportuno, este se remarcará en negro, y los demás permanecerán en blanco.



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de cálculos intermedios, requeridos para la obtención del resultado final de la hoja de cálculo, que además se consideran datos importantes para el usuario; se representan con letra gris y en cursiva.

f_{yd}	*434,8*	N/mm²
$F_{C,LIM}$	*925,3*	kN

Se facilitan, además dos tipos de "Resultados finales", los favorables y los desfavorables. Los favorables, como se muestra a continuación, aparecen resaltados con fondo amarillo y letra negrita, si un resultado final resulta desfavorable, aparecerá grafiado en color rojo.

A_{S1}	***11,85***	cm²

En algunos casos, como en las tablas de dimensionado de las armaduras, en que se muestran diversos resultados posibles, se le muestran al usuario algunos valores que son erróneos, pero que pueden resultar de interés. Para evitar posibles confusiones se han destacado en rojo y se han tachado, dejando visibles los valores pero mostrando que no son válidos.

S_{REAL}	~~*11,85*~~	cm

En el caso de resultados o factores que vengan determinados por tablas de la EHE-08 se han incluido dichas tablas. En ellas se resaltan la fila y la columna en las que se encuentra el resultado y la intersección de ambas se muestra con un tono más ocre y con las letras en negrita.

m		
fck	f_{yk}	
	400	500
25	1,2	**1,5**
30	1,0	1,3
35	0,9	1,2
40	0,8	1,1
45	0,7	1,0
50	0,7	1,0

En el caso de las hojas de Comprobación y en el caso de las hojas de Dimensionado en que se tenga que calcular la resistencia del hormigón, se pueden encontrar estos dos tipos de resultados:

1) Resultados favorables que cumplen los requerimientos marcados por la normativa. Resaltados en verde, negrita y cursiva.

V_{U1}	***675,00***	kN
$b_0 \times d$	***Cumple***	

2) Resultados desfavorables, que no cumplen los requerimientos de la normativa. Resaltados en rojo, cursiva y en negrita.

V_{U1}	***675,00***	kN

Tal como se describe en el apartado de *Descripción de las hojas*, en las hojas de comprobación de secciones, se han realizado anotaciones que aparecen de modo automático que ayudan a la interpretación de los resultados.

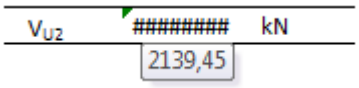
POSIBLE ERROR EN LA LECTURA DE RESULTADOS

En algún caso, es probable que al introducir los datos en la hoja de cálculo, el resultado se muestre del siguiente modo:

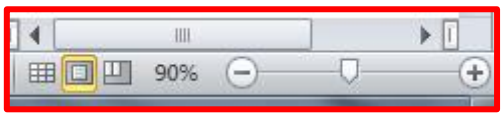
V_{SU}	######	kN

Estas almohadillas no implican necesariamente un error en el cálculo, puede ser debido a que el resultado sea una cifra demasiado grande y que no quepa en la casilla.

Existen dos modos de poder ver el resultado, el primero y más sencillo es que el usuario sitúe el cursor sobre la casilla donde le aparece dicho "error"; en unos segundos aparecerá un recuadro con el valor que las almohadillas ocultan:



Si, por comodidad, el usuario desea que ese resultado sea visible permanentemente en su hoja de cálculo, y dado que no puede modificar el tipo ni el tamaño de letra de las casillas de resultados, otra posible solución es aumentar o disminuir el zoom de la hoja:



Las casillas de resultados están diseñadas para que admitan un máximo de 3 decimales, y se han modificado sus tamaños procurando que no se de este error; pero esto puede variar en función del ordenador y del Pack de Office que se utilice.

B. DESCRIPCIÓN DE LAS HOJAS
PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO

FLEXIÓN SIMPLE

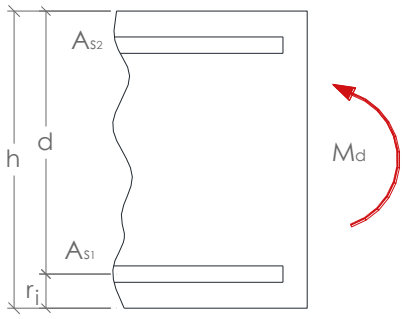
Para el cálculo de secciones sometidas a flexión simple (donde solo aparece momento flector) se ha utilizado el *Diagrama Rectangular*, reflejado en el ***Artículo 39.5*** de la ***EHE-08***, es un método aproximado pero muy efectivo que se basa en el hecho de que, a partir de un determinado momento flector, denominado Momento Límite (M_{LIM}) disponer únicamente de armadura a tracción deja de ser eficaz. Esto es así dado que debe existir siempre un equilibrio de fuerzas entre la parte comprimida del hormigón y la zona traccionada, si la parte comprimida aumenta, el brazo mecánico va disminuyendo, por lo que la armadura necesita una sección exponencialmente mayor para resistir los esfuerzos.

El M_{LIM} se calcula a partir de x_{LIM}, que viene determinada en los *Dominios de Deformación* que aparecen en el ***Artículo 42.1.3*** de la ***EHE-08***.

DIMENSIONADO

La hoja de cálculo solicita inicialmente que el usuario introduzca las características de los materiales, las dimensiones de la sección y el esfuerzo al que está sometido.

Es condición indispensable introducir los valores en el mismo sentido que se muestra en el croquis. El Momento Flector siempre será positivo y en el sentido que se muestra en la citada figura:



Si el momento flector real es negativo, se introducirá su valor absoluto y el usuario deberá interpretar que A_{s1} en su caso se situará en la parte superior de la sección y A_{s2} en la inferior.

De todos los datos introducidos se extraerán algunos valores característicos de la sección, es decir, los *límite* (y_{LIM}, $F_{c,LIM}$ y M_{LIM}) y se calculan los valores "reales" (F_c e *y);* todos ellos se muestran en el apartado de *Cálculos*. Sobre los valores "reales" aparecerá automáticamente uno de los siguientes casos: *0<Md≤Mlim* o *Md>Mlim* el primero indica que el esfuerzo es inferior al *Momento límite*, y que por lo tanto la sección no requiere armadura mecánica mínima a compresión; el segundo caso, determina que el esfuerzo es mayor al *límite*, y que por lo tanto se deberá aumentar la armadura comprimida, A_{S2}, para que el dimensionado de la armadura de la sección sea el óptimo.

Una vez determinados esos valores se facilitan tanto la armadura mecánica requerida como la geométrica mínima de norma.

La hoja de cálculo detecta cuáles son los valores más elevados, y los destaca en amarillo y negrita. Dichos valores destacados son los que utiliza en el último apartado, en que determina cuántas barras se requerirían para cualquier diámetro y determina tanto la separación real como la mínima. La hoja detectará qué resultados cumplen o no destacando los que sí lo hagan y tachando a los que no. Esto supone que se reflejarán varios resultados aptos, y el usuario deberá determinar cuál es el óptimo.

A_{S1}

$Ø_{S1}$ (mm)	$\#_{barras}$ (ud)	A_{REAL} (cm^2)	S_{REAL} (cm)	S_{MIN} (cm)
~~14~~	~~8~~	~~12,32~~	~~0,54~~	~~2,00~~
~~16~~	~~6~~	~~12,06~~	~~1,08~~	~~2,00~~
20	***4***	***12,57***	***2,33***	***2,00***
25	***3***	***14,73***	***3,75***	***2,50***
32	***2***	***16,08***	***8,6***	***3,20***
~~40~~	~~1~~	~~12,57~~	~~—~~	~~4,00~~

Si todos los valores de la tabla aparecieran tachados, es decir, ninguno cumple las separaciones mínimas que establece la normativa, aparecerá una anotación en la parte superior de la tabla, que indica que se debe aumentar la sección.

COMPROBACIÓN

La introducción de los datos en la hoja de comprobación es similar a la descrita en el apartado anterior, deberán introducirse características geométricas de la sección, características de los materiales, esfuerzos de cálculo (que deberán introducirse con su valor absoluto) y las características geométricas de las barras.

El procedimiento utilizado para la obtención de los resultados de esta hoja se basa en la aplicación de una hipótesis previa, que establece que ambas armaduras trabajan a su capacidad mecánica y que se hallan en *Dominio 2*. Así se obtienen unos valores estimados, que no se muestran dado que no siempre son reales. Estos valores estimados, son comparados con los valores límite (que determinan el límite entre los dominios 3 y 4), estos últimos valores se muestran en el apartado de *Cálculos* junto con los resultados de las capacidades mecánicas de las armaduras.

En el apartado de *Resultados*, se muestran los valores de F_c, y_{REAL} y M_U y además se determina el dominio de deformación en el que se halla la sección. El *momento último* (M_U) determina el momento máximo que puede resistir la sección.

En caso de que la armadura de la sección no fuera suficiente, es decir, que el M_U fuera menor a M_d, el resultado se verá destacado en rojo. Independientemente del resultado, siempre aparecerá una nota que ayudará a su interpretación y además facilitará información adicional.

Interpretación de resultados:

No cumple, insuficientes armaduras S1 y S2

Esta nota determinará si la sección *cumple* o no, y además le facilitará al usuario información sobre el motivo de su incumplimiento: si es debido a A_{S1}, a A_{S2} o a ambas. No se muestran resultados numéricos dado que se trata de una comprobación. Para el correcto dimensionado de las barras puede utilizarse tanto la hoja de comprobación mediante tanteo, como la hoja anterior (de dimensionado).

FLEXIÓN COMPUESTA

En esta hoja se utiliza el *Método de Ehlers*, que establece que «*todo problema de flexión compuesta, puede reducirse a uno de flexión simple, sin más que tomar como momento, el que produce el esfuerzo normal con respecto a la armadura de tracción* $M_d=N_d \cdot e$»

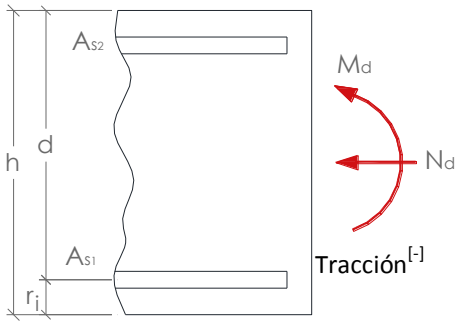
Una vez realizada esta simplificación, se podrá utilizar el mismo método que para la flexión simple, *Diagrama Rectangular*, reflejado en el ***Artículo 39.5*** de la ***EHE-08***, es un método aproximado pero muy efectivo que se basa en el hecho de que, a partir de un determinado momento flector, denominado Momento Límite (M_{LIM}) disponer únicamente de armadura a tracción deja de ser eficaz. Esto es así dado que debe existir siempre un equilibrio de fuerzas entre la parte comprimida del hormigón y la zona traccionada, si la parte comprimida aumenta, el brazo mecánico va disminuyendo, por lo que la armadura necesita una sección exponencialmente mayor para resistir los esfuerzos.

El M_{LIM} se calcula a partir de x_{LIM}, que viene determinada en los *Dominios de Deformación* que aparecen en el ***Artículo 42.1.3*** de la ***EHE-8***.

DIMENSIONADO

La hoja de cálculo solicita inicialmente que el usuario introduzca las características de los materiales, las dimensiones de la sección y el esfuerzo al que está sometido.

Es indispensable que el usuario introduzca el momento flector en el mismo sentido que establece la figura, si bien podrá variarse el sentido del axil, estableciéndose como valor positivo el de las compresiones y como valor negativo el de las tracciones.



Si el momento flector real es negativo, se introducirá su valor absoluto y el usuario deberá interpretar que A_{s1} en su caso se situará en la parte superior de la sección y A_{s2} en la inferior.

Con la introducción de las acciones aparecerá un nuevo momento flector denominado M_d', que se obtiene de la aplicación del *Método de Ehlers*, y es el sumatorio del Momento flector más el momento generado por el Axil.

De todos los datos introducidos se extraerán algunos valores característicos de la sección, es decir, los *límite* (y_{LIM}, $F_{c,LIM}$ y M_{LIM}) y se calculan los valores "reales" (F_c e *y);* todos ellos se muestran en el apartado de Cálculos. Sobre los valores "reales" aparecerá automáticamente uno de los siguientes casos: *0<Md≤Mlim* o *Md>Mlim* el primero indica que el esfuerzo es inferior al *Momento límite*, y que por lo tanto la sección no requiere armadura mecánica mínima a compresión; el segundo caso, determina que el esfuerzo es mayor al *límite*, y que por lo tanto se deberá aumentar la armadura comprimida, A_{S2}, para que el dimensionado de la armadura de la sección sea el óptimo.

Una vez determinados esos valores se facilitan tanto la armadura mecánica requerida como la geométrica mínima de norma.

Armadura mecánica mínima		
A_{S1}	***11,85***	cm²
A_{S2}	*0,00*	cm²

Armadura geométrica mínima		
A_{S1}	*3,50*	cm²
A_{S2}	***1,05***	cm²

La hoja de cálculo detecta cuáles son los valores más elevados, y los destaca en amarillo y negrita. Dichos valores destacaos son los que utiliza en el último apartado, en que determina cuántas barras se requerirían para cualquier diámetro y determina tanto la separación real como la mínima. En caso de que ese conjunto de barras incumpliera, los resultados se verían tachados en rojo, si cumplen, se destacarán en amarillo y negrita. Esto supone que se reflejarán varios resultados aptos, y el usuario deberá determinar cuál es el óptimo.

A_{S1}

$Ø_{S1}$ (mm)	$\#_{barras}$ (ud)	A_{REAL} (cm²)	S_{REAL} (cm)	S_{MIN} (cm)
~~*14*~~	~~*8*~~	~~*12,32*~~	~~*0,54*~~	~~*2,00*~~
~~*16*~~	~~*6*~~	~~*12,06*~~	~~*1,08*~~	~~*2,00*~~
20	***4***	***12,57***	***2,33***	***2,00***
25	***3***	***14,73***	***3,75***	***2,50***
32	***2***	***16,08***	***8,6***	***3,20***
~~*40*~~	~~*1*~~	~~*12,57*~~	~~—~~	~~*4,00*~~

Si todos los valores de la tabla aparecieran tachados, es decir, ninguno cumple las separaciones mínimas que establece la normativa, aparecerá una anotación en la parte superior de la tabla, que indica que se debe aumentar la sección.

COMPROBACIÓN

La introducción de los datos en la hoja de comprobación es similar a la descrita en el apartado anterior, deberán introducirse características geométricas de la sección, características de los materiales y esfuerzos de cálculo: recordemos que el momento flector deberá introducirse en valor absoluto, pero es importante que el axil se introduzca con el signo adecuado (positivo para las compresiones y negativo para las tracciones), siguiendo los criterios determinados por la figura de la hoja.

El procedimiento utilizado para la obtención de los resultados de esta hoja se basa en la aplicación de una hipótesis previa, que establece que ambas armaduras trabajan a su capacidad mecánica y que se hallan en *Dominio 2*. Así se obtienen unos valores estimados, que no se muestran dado que no siempre son reales. Estos valores estimados, son comparados con los valores límite (que determinan el límite entre los dominios 3 y 4), estos últimos valores se muestran en el apartado de *Cálculos* junto con los resultados de las capacidades mecánicas de las armaduras.

En el apartado de *Resultados*, se muestran los valores de F_c, y_{REAL}, M_U', M_U y N_U. Los dos últimos valores son obtenidos proporcionalmente a partir de M_U', M_d y N_d, dado que M_U' no es el

momento aplicado real, y se pretende darle al usuario una idea aproximada de los valores que puede soportar la sección.

Resultados

	DOMINIO 4	
y_{real}	*0,24*	m
F_c	*984,0*	kN
M_u'	**405,3**	m·kN
M_u	*405,3*	m·kN
N_u	*0,0*	kN

En caso de que la armadura de la sección no fuera suficiente, es decir, que el M_U fuera menor a M_d, el resultado se verá destacado en rojo. Independientemente del resultado, siempre aparecerá una nota que ayudará a su interpretación y además facilitará información adicional.

Interpretación de resultados:

No cumple, insuficientes armaduras S1 y S2

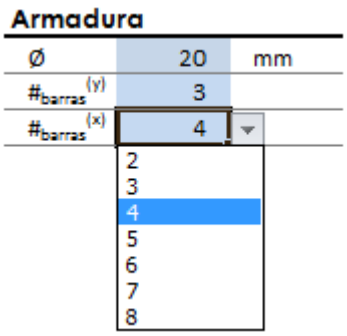
Esta nota determinará si la sección *cumple* o no, y además le facilitará al usuario información sobre el motivo de su incumplimiento: si es debido a A_{S1}, a A_{S2} o a ambas. No se muestran resultados numéricos dado que se trata de una comprobación. Para el correcto dimensionado de las barras puede utilizarse tanto la hoja de comprobación mediante tanteo, como la hoja anterior (de dimensionado).

COMPROBACIÓN A FLEXOCOMPRESIÓN SIMÉTRICA U OBLICUA

Esta hoja de cálculo establece el lugar en que se sitúa el eje neutro de la pieza y los equilibrios de fuerzas, utilizando como criterio que el axil sea igual al axil de cálculo.

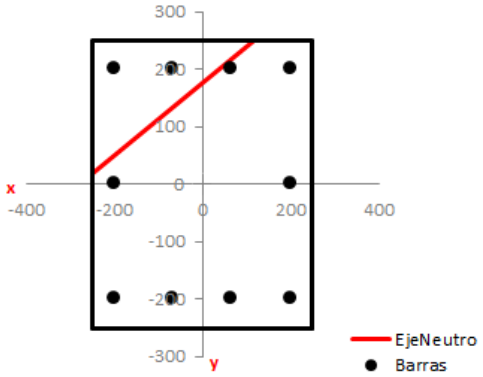
En el apartado de *Datos* se solicitan las dimensiones de la sección, las características de los materiales, los esfuerzos de cálculo y el armado.

Para determinar la armadura se solicitan tres datos: el diámetro, el número de barras en el sentido del *eje y* y el número de barras en el sentido del *eje x*. Por las limitaciones que supone el uso de Excel, se ha creado una lista desplegable, en lugar de permitir que el usuario introduzca cualquier valor. En esta lista, el usuario puede escoger entre 2 y 8 barras en cada sentido:

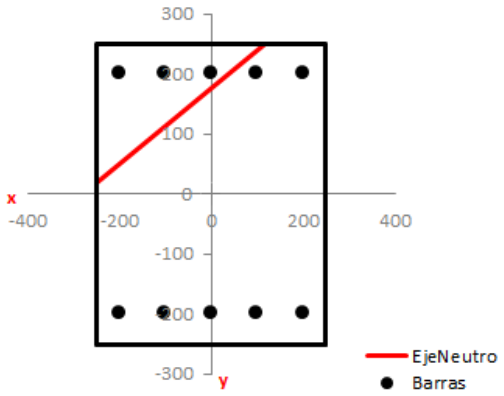


Para que sea más gráfico y sencillo para el usuario, y para que éste pueda estar seguro de haber introducido correctamente los valores, se ha creado una gráfica de la sección, que se modifica en función de los valores introducidos.

Así, si el usuario establece que en el sentido vertical hay 3 barras y en el horizontal hay 4, aparecerá este dibujo:



Si elige 5 barras horizontales y 2 verticales, aparecerá el siguiente gráfico:



Y así sucesivamente para todas las combinaciones posibles.

Como se puede observar, en los dos gráficos mostrados la línea del eje neutro es idéntica, esto es debido a que para que la hoja calcule este resultado, debe utilizarse la aplicación ***Solver***. Para ello debe activarse esta opción en el Excel, dado que por defecto aparece desactivada en la versión ***Microsoft Excel 2010***. La activación de esta opción y el uso de la misma se muestra en el Anejo de este mismo documento, denominado "Función Solver".

Una vez se han hecho los cálculos podremos observar los resultados, se ha creado una tabla en la que aparecen todas las armaduras con sus respectivas coordenadas, y se indica si están traccionadas o comprimidas, cuál es el momento flector que resiste cada una de ellas y su deformación unitaria.

En el apartado de resultados se muestran los equilibrios de esfuerzos, los valores para el grafiado del eje neutro (su inclinación y ángulo) y una tabla con los vértices del eje neutro (para que al usuario le resulte más sencillo determinar su grafiado si lo precisa).

CORTANTE

Para la realización de los cálculos de esta hoja se han seguido escrupulosamente los procedimientos establecidos en el ***Artículo 44*** de la ***EHE-08***. Por este motivo no se procederá a su explicación detallada, en este apartado tan solo se explicará una relación de los datos a introducir y una breve explicación sobre la interpretación de los cálculos y los resultados.

Tanto en las hojas de *Dimensionado* como de *Comprobación* se han realizado las comprobaciones necesarias en cuanto a Momento de fisuración (M_{FIS}), esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua (V_{U1}) y esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma (V_{U2}), y además se muestra la contribución tanto del hormigón (V_{CU}) como de la armadura (V_{SU}) a la resistencia a esfuerzo cortante.

DIMENSIONADO

La introducción de datos y los cálculos de esta hoja pueden resultar un tanto complicados para el usuario dado que exige la introducción de muchos datos aunque se ha intentado simplificar al máximo.

En el primer apartado de la hoja se solicitan 4 tipos de datos:

- Los relativos a la sección, son prácticamente idénticos a los de cualquier otra hoja del aplicativo, aunque con un pequeño matiz: se solicita b_0, que es el menor ancho presente en la sección.
- Características de los materiales.
- Disposición de lar armaduras: es necesario que se introduzcan los datos de la armadura longitudinal de la sección y los criterios de colocación de las armaduras transversales. También se pueden introducir los valores de: $S_{t,cercos}$ (separación entre cercos) y $\#_{RAMAS}$ (número de ramas); cuando el usuario quiera introducir estos datos verá que puede escoger una serie de valores de una lista o escoger la opción *ns/nc* (no sabe / no contesta), esto es así porque puede suponer que el usuario sepa de antemano qué separaciones quiere que tengan los cercos o el número de ramas que le conviene colocar, o puede ser que el usuario prefiera que estos datos se los facilite la hoja de cálculo.
- Esfuerzos de cálculo.

En el apartado de *Cálculos* se muestran dos columnas, en la primera aparecen todos los factores y coeficientes utilizados, y en la segunda columna se muestran todas las comprobaciones que exige la normativa. Para facilitar la interpretación de resultados se han añadido anotaciones automáticas que determinan si la sección cumple o no, si fisura o no y si requiere armadura transversal.

Con respecto a los *Resultados* también se muestran distintos valores que pese a no determinar la armadura necesaria, se consideran importantes. Estos valores son las separaciones transversales (entre ramas) máximas y mínimas establecidas por la normativa, y la separación real (así se puede determinar si se cumple o no con la norma) y el área de armadura tanto geométrica como mecánica (y del mismo modo que en el resto de hojas, se destacará el mayor de los dos valores). A partir de estos valores, de los datos introducidos por el usuario y de los cálculos realizados, se determinará el diámetro, número de ramas y separación transversal entre cercos óptimos para la sección. En el caso de que el número de ramas o la separación

entre cercos hayan sido determinados por el usuario, en estas casillas se repetirán dichos valores.

COMPROBACIÓN

La introducción de datos de esta hoja es poco más extensa (aunque solo por 2 casillas) que la del apartado anterior, se solicitan de igual modo los datos relativos a la sección, características de los materiales, esfuerzos de cálculo y la disposición de las armaduras, una diferencia esencial en la introducción de los datos es que en esta hoja el usuario es libre de poner cualquier valor de separación transversal y de número de ramas.

En el apartado de *Cálculos* tan solo se muestran los valores de los coeficientes y los factores utilizados para la obtención de V_{U1} y V_{U2}. A diferencia del apartado anterior, estos cálculos no se muestran en este apartado dado que son a la vez cálculos y comprobaciones del cumplimiento de la sección.

Los resultados son, esencialmente, la interpretación de los valores de Momento de fisuración (M_{FIS}), esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua (V_{U1}) y esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma (V_{U2}), diferenciando entre V_{CU} y V_{SU}. Para la interpretación de estos resultados se han añadido anotaciones automáticas que determinan su cumplimiento o no, si existe fisuración o no y si requiere armadura. Además se ha añadido un segundo subapartado en el que aparece la interpretación sintetizada de todos los resultados.

Al tratarse de una comprobación, se indicará al usuario si existe algún error o incumplimiento de la normativa en algún punto de los cálculos, y cual es este fallo, si bien no se facilitará un valor de dimensionado óptimo, puesto que este puede depender de las preferencias del usuario. El correcto dimensionado se puede realizar mediante la hoja de *Dimensionado a Cortante* o mediante tanteo con la misma hoja de comprobación.

TORSIÓN

Siguiendo los criterios establecidos por la normativa, se han realizado los cálculos para dos tipos de secciones: secciones rectangulares y secciones huecas. En esencia, los cálculos para ambos casos son los mismos, y tan solo varían algunos valores en la introducción de datos, y algunas fórmulas posteriores dado que en las secciones huecas puede colocarse armadura en la parte interior y en la exterior, cosa que no sucede en las secciones rectangulares; y que en el caso de las secciones huecas es necesario determinar el espesor de la pared. Estas diferenciaciones son sencillas, pero se ha preferido diferenciar estos dos casos en dos hojas, para facilitar la introducción de datos y simplificar los cálculos.

La normativa establece el dimensionado a torsión pura, torsión combinada con flexión y axil y torsión combinada con cortante. No se ha realizado la combinación de torsión con flexión y axil dado que la normativa determina que «*las armaduras longitudinales necesarias para torsión y flexocompresión o flexotracción se calcularán por separado suponiendo la actuación de ambos tipos de esfuerzo de forma independiente*». Si bien todas las hojas admiten la introducción de esfuerzo cortante. Si el usuario introduce este valor, la hoja de cálculo realizará la comprobación establecida por la normativa; si, en cambio, el usuario establece que V_d=0, estos cálculos no aparecerán.

DIMENSIONADO

Con respecto a la introducción de datos, en estas hojas se solicitan las dimensiones de la sección, las características de los materiales, la disposición de las armaduras a torsión, los esfuerzos de cálculo y el dimensionado de la armadura longitudinal comprimida. Es importante remarcar, que la armadura longitudinal A_s' (o A_{s2} en otras hojas) no corresponde a la armadura longitudinal mínima a torsión, sino que depende de la tensión generada por el axil, es decir, si el valor del axil es 0, el dimensionado de A_s' no interfiere en los cálculos, dado que tan solo se utiliza para la obtención del coeficiente *K*, pero si N_d>0 sí que será necesario.

En el apartado de cálculos se muestran las comprobaciones de los momentos torsores máximos que pueden resistir las bielas comprimidas del hormigón (T_{U1}), las armaduras transversales (T_{U2}) y las armaduras longitudinales (T_{U3}).

La comprobación de las armaduras transversales y longitudinales, en el caso del dimensionado, siempre cumplirán, dado que se obtienen del resultado del dimensionado, y siempre serán iguales al esfuerzo torsor aplicado a la pieza. El único apartado que puede no cumplir es el que depende de las dimensiones de la sección (del hormigón), en caso de no cumplir, aparecerá una nota con el texto que se muestra en rojo a continuación:

M. torsores máximos que puede resistir			
T_{U1}	*75,6*	m·kN	***No cumple: Δ(b*h)***
T_{U2}	*400,0*	m·kN	
T_{U3}	*400,0*	m·kN	***Cumple***

Esto significa que T_{U1} "no cumple", por lo que se debe aumentar el área de hormigón (b*h).

Si el usuario determina que existe combinación con cortante, en el mismo apartado de *Cálculos* aparecerá el apartado: *Torsión combinada con cortante*¸ donde se muestra el cálculo

intermedio necesario (V_{U1}) y el Cortante máximo que la pieza, en las condiciones marcadas por el usuario, puede resistir. Pueden darse tres casos:

- $V_{rd,MAX}$= Error : con los datos facilitados la sección no admite ningún cortante en interacción con el momento torsor.
- $V_{rd,MAX}<V_{rd}$: la sección admite la aplicación de cortante, pero inferior al introducido.
- $V_{rd,MAX}\geq V_{rd}$: la sección cumple a interacción con cortante.

Torsión combinada con cortante			
V_{U1}	*980,00*	kN	
$V_{rd,MAX}$	*Error*	kN	***No admite Cortante***

La interpretación de estas tres posibilidades se verá destacada en ese mismo apartado, mediante las frases: "*No admite Cortante*", "*No cumple*" y "*Cumple*".

Finalmente, en el apartado de *Resultados* se muestran la armadura transversal necesaria y la separación entre cercos y el área total de armadura longitudinal mínima necesaria. Debajo de estos resultados se muestran dos tablas, la primera muestra el diámetro de la armadura que compone el/los cerco/s. En el caso de secciones rectangulares o secciones huecas en que solo haya armadura en el perímetro exterior, tan solo aparecerá 1 cerco, en el caso de secciones huecas con armadura en ambas caras de la sección, aparecerán 2 cercos.

La tabla de dimensionado de la armadura longitudinal establece los diámetros y números de barras necesarios suponiendo que ambas armaduras fueran iguales. No es posible diferenciar entre A_{S1} y A_{S2} (como en otras hojas) dado que no se solicita ningún momento flector de cálculo.

COMPROBACIÓN

La hoja de comprobación a Torsión, resulta más sencilla que la de dimensionado, porque, pese a que el usuario debe introducir algunos valores adicionales, se muestran menos resultados, y además se han creado anotaciones automáticas que explican cada uno de los casos.

En el apartado de *Datos* el usuario debe facilitar las dimensiones de la sección, las disposiciones de las armaduras longitudinales y transversales, las características de los materiales y los esfuerzos de cálculo.

Puede suceder, que al introducir el valor de la separación transversal de los estribos éste valor se torne rojo y aparezca la siguiente anotación: <<**El valor de s_t es mayor al establecido por art.45.2.3*>>. Esto quiere decir que el valor de la separación transversal es mayor al establecido por la normativa, el usuario puede decidir mantener ese valor erróneo o modificarlo, pero si no lo modifica repercutirá en los resultados finales (tal como se explica más adelante).

En el apartado de cálculos tan solo se muestran las características geométricas propias de la sección, los coeficientes que se utilizan en los cálculos y, si existe cortante, los valores de cálculo utilizados para la determinación del cortante máximo que puede resistir la pieza.

Si no existe interacción con cortante, en el apartado de *Resultados*, tan solo se mostrarán los momentos torsores máximos que pueden resistir el hormigón, las armaduras longitudinales y las armaduras transversales, y un apartado de interpretación de resultados.

Junto a los valores de T_{U1}, T_{U2} y T_{U3} aparecerán las notas "*Cumple*" o "*No cumple*", que llamarán la atención del usuario, haciéndole fácilmente visible los puntos en que falla la sección. Y además el apartado de *Interpretación de resultados* le ayudará a comprender porqué falla la sección. En este punto aparecerá una anotación automática que determinará si la sección cumple en todos los puntos (p.e.: *Cumple, el dimensionado es correcto)* o si falla el dimensionado de la sección o de alguna de sus armaduras (p.e.: *No cumple, es necesario aumentar la sección y la armadura transversal*).

Puede suceder que en el apartado de *Resultados* el usuario se encuentre con el caso de que junto al valor de T_{U2}, aun siendo este mayor a T_d, le aparezca la nota <<*No cumple*>>, esto es debido a que el valor de s_t que ha introducido el usuario era superior al marcado por la normativa, esto implica que la fórmula que establece T_{U2} no es correcta dado que, al encontrarse los cercos demasiado separados, no trabajarán al 100% de su capacidad. En consecuencia el Momento Torsor máximo ($T_{U,MAX}$) que podrá resistir la pieza será menor a cualquiera de los tres resultados previos (T_{U1}, T_{U2} y T_{U3}).

Momentos torsores máximos que puede resistir			
T_{U1}	***48,0***	m·kN	***Cumple***
T_{U2}	***32,2***	m·kN	***No cumple***
T_{U3}	***67,0***	m·kN	***Cumple***
Torsor máximo que puede resistir:			
$T_{U,MAX}$	***32,00***	m·kN	*limitado por* $s_{t,MAX}$ = 6,00 cm

El valor de $T_{U,MAX}$ que se toma es $2/3 \cdot T_{U1}$, dado que se deduce que el acero no trabaja correctamente y que es el hormigón por si solo el que deberá resistir la torsión.

Si existe cortante, además de los momentos torsores máximos que resisten el hormigón y las armaduras, también aparece una tabla con el cortante máximo que admite la sección. Igual que en el apartado de dimensionado, pueden darse tres casos, en lo que a cortante se refiere:

$V_{rd,MAX}$= Error : con los datos facilitados la sección no admite ningún cortante en interacción con el momento torsor.

$V_{rd,MAX} < V_{rd}$: la sección admite la aplicación de cortante, pero inferior al introducido.

$V_{rd,MAX} \geq V_{rd}$: la sección cumple a interacción con cortante.

La interpretación de estas tres posibilidades se verá destacada en ese mismo apartado, mediante las frases: "*No admite Cortante*", "*No cumple*" y "*Cumple*".

En este caso, la *Interpretación de resultados* puede determinar que:

"*Cumple, el dimensionado es correcto*" que significa que está correctamente dimensionada tanto para torsión pura como para la interacción con cortante

"*El dimensionado es incorrecto*" que implica que incumple al menos uno de los momentos torsores máximos que puede resistir y que no admite cortante o que el cortante es mayor al que la sección puede resistir.

"*No cumple, es necesario aumentar [...]*" que implica que pese a admitir la interacción con cortante, no cumple alguno de los momentos torsores máximos que pueden resistir el hormigón o las armaduras.

"*La armadura transversal no cumple las separaciones de norma, Tu,max=2/3·Tu*" el usuario debe revisar el valor de s_t, dado que incumple normativa, y por lo tanto no se toman en cuenta los demás cálculos.

PUNZONAMIENTO

Para la utilización de esta hoja de cálculo es imprescindible el uso de su respectiva hoja de simbología. Esto es debido a dos motivos: el primero es la gran cantidad de datos que el usuario debe añadir, con cuyas siglas/simbología probablemente no esté muy habituado; y en segundo lugar porque, dado que en la normativa utiliza en diversos apartados la misma simbología para representar distintos valores, se han debido añadir subíndices que no aparecen en la norma, y que por lo tanto el usuario no puede conocer.

En el apartado *Datos*, pese a su dimensión, el usuario no tiene que introducir demasiados datos, tan solo las disposiciones relativas al soporte (pilar) y a la losa, las relativas a las armaduras, las características de los materiales y el esfuerzo de cálculo. La mayor diferencia entre esta hoja y las demás es que, en este apartado, aparecen ya algunos cálculos intermedios.

Dado que los datos relativos a la las armaduras de punzonamiento pueden llevar a equívoco por la similitud entre diversos datos, a continuación se explicará en qué consiste cada uno de ellos, pese a estar definidos en el apartado de *simbología* citado anteriormente.

Disposición de las armaduras

α	Ángulo de las armaduras con el eje de la pieza
s_{max}	Distancia máxima en dirección radial de los perímetros concéntricos de la armadura.
s	Distancia en dirección radial de los perímetros concéntricos de la armadura, utilizado para el cálculo.
$s_{1,min}$	Distancia mínima en dirección radial entre el soporte y la primera línea de armaduras (0,5·d)
$s_{1,max}$	Distancia máxima en dirección radial entre el soporte y la primera línea de armaduras (0,5·d)
$s_1^{(user)}$	Distancia en dirección radial entre el soporte y la primera línea de armaduras, escogida por el usuario.
b_{x2}	Ancho del perímetro $u_{n,ef}$ en *x*.
b_{y2}	Ancho del perímetro $u_{n,ef}$ en *y*.
ρ_l	Cuantía geométrica total de la armadura principal de la losa, dentro del perímetro $u_{n,ef}$*

Los datos de separaciones de las armaduras que debe introducir el usuario son *s*, que corresponde a la separación entre los distintos perímetros de barras y $s_1^{(user)}$ que es la separación entre el soporte y la primera línea de barras, sobre este valor aparecen $s_{1,max}$ y $s_{1,min}$, estos valores son los máximos y mínimos de norma, por lo que el usuario deberá facilitar un valor intermedio entre ellos. Se ha introducido por defecto una fórmula que calcula la media entre ambos, pero el usuario podrá modificarla a placer. Para evitar posibles errores en la introducción de datos, las fórmulas vinculadas a $s_1^{(user)}$ estarán limitadas, de modo que si el usuario introduce un s_1 superior al máximo, las fórmulas tomaran como correcto el valor $s_{1,max}$, y si es inferior al mínimo tomarán como correcto el valor $s_{1,min}$.

Con respecto al subapartado de esfuerzos de cálculo, se puede observar como no se solicita un valor de M_d, sino que tan solo se pide si existen o no momentos aplicados. Esto es así porque es la única especificación que solicita la normativa, y se ha estimado más sencillo, porque el usuario puede desconocer este dato exacto, pese a saber que existe un momento flector aplicado.

En el apartado de *Cálculos y comprobaciones* aparecen los coeficientes y valores que puedan resultar de interés al usuario, y cuatro apartados de comprobaciones:

- Comprobaciones para losas sin armadura de punzonamiento: este apartado comprueba si es o no necesaria la armadura de punzonamiento. Además de aparecer los valores de la tensión tangencial nominal de cálculo y la tensión máxima resistente del perímetro crítico, se mostrará una interpretación de resultados.
- Dimensionado de armadura transversal de punzonamiento: mostrará el área de armadura requerida en cm^2.
- Comprobación de la zona exterior a la armadura de punzonamiento: su incumplimiento determina la necesidad de añadir armadura de punzonamiento en la zona exterior al perímetro crítico.
- Comprobación de la limitación de la zona adyacente al soporte: corresponde a la comprobación de que el esfuerzo máximo de punzonamiento cumple la limitación: $F_{sd,ef}/(u_o d) \leq 0,5 * f_{1cd}$.

RASANTE

La hoja de dimensionado a esfuerzo rasante en juntas entre hormigones, en el apartado de *Datos* solicita disposiciones relativas a la sección, características de los materiales, disposición de las armaduras y esfuerzos de cálculo.

En los esfuerzos de cálculo se solicita la variación de la resultante de los bloques de tensiones normales, en lugar del axil de cálculo más habitual en otros apartados.

También se solicita la determinación de la rugosidad de la pieza, donde se puede escoger entre tres casos:

- Rugosidad alta.
- Rugosidad alta con imbricación.
- Rugosidad baja.

Se solicitan estos tres valores dado que en la comprobación de secciones sin armadura transversal, el coeficiente β depende de esos tres factores.

En la comprobación de secciones con armadura transversal, el valor de β depende tan solo de si la rugosidad es alta o baja, por lo que tanto la "rugosidad alta con imbricación" como la "rugosidad alta" se considerarán simplemente "alta". Debido a que β corresponde a dos valores distintos en función de la comprobación que se realice, se ha establecido un superíndice siendo: β^1 el correspondiente a la comprobación SIN armadura transversal, y β^2 el correspondiente a la comprobación con armadura transversal.

En el apartado de *Cálculos* se muestran las dos comprobaciones citadas y se determina su cumplimiento o incumplimiento según establecen los ***artículos 47.2.1*** y ***47.2.2*** de la ***EHE-08.***

Armadura transversal

$A_{st,min}$	*0,80*	cm²
A_{st}	**12,30**	cm²

Dimensionado de la armadura (para 1ml)

$\#_{b,TOTAL}$	**10,00**	ud
$Ø_{st}$	**14,00**	mm

ANCLAJE DE ARMADURAS

Esta hoja se ha creado siguiendo el método simplificado establecido en el ***Artículo 69.5*** de la ***EHE-08***.

Es un método muy sencillo, cuyos cálculos diferencian entre dos tipos de barras: las certificadas y las no certificadas, por lo tanto es un dato que el usuario deberá especificar.

Para el cálculo de l_b de las primeras se requieren el diámetro (Ø), y los límites elásticos del hormigón y del acero (f_{yk} y f_{ck}); para las no certificadas es necesario hallar la tensión de adherencia (τ_{bd}) que depende de la resitencia a tracción de cálculo del hormigón (f_{ctd}) y del diámetro.

Para establecer la $l_{b,neta}$ es necesario conocer dos valores más: β y $A_{s,mec}/A_{s,real}$; para obtenerlos se requieren: el recubrimiento (*c*), $A_{s,mec}$, $A_{s,real}$ y determinar el tipo de anclaje (patilla, gancho, prolongación recta…).

Se ha creado un apartado denominado *Factores y Coeficientes* en el que se le facilitan al usuario todos los valores necesarios para el cálculo de l_b y de $l_{b,neta}$. Estos valores no suelen facilitarse, pero se ha considerado apropiado siguiendo con el carácter didáctico de todo el proyecto.

En los *Resultados* se muestra una tabla con todas las longitudes de anclaje netas en función del diámetro, de si éstas trabajan a compresión o a tracción o de su tipo de adherencia (adherencia buena: Posición I, y adherencia deficiente: Posición II).

Certificada (cm)				
Ø	lbnet			
	TRACCION		COMPRESIÓN	
	POS. I	POS. II	POS. I	POS. II
6	**15,00**	**15,00**	**15,00**	**20,20**
8	**15,00**	**20,00**	**18,85**	**26,93**
10	**23,57**	**33,67**	**23,57**	**33,67**
12	**28,28**	**40,40**	**28,28**	**40,40**
14	**33,00**	**47,14**	**33,00**	**47,14**
16	**37,71**	**53,87**	**37,71**	**53,87**
20	**47,14**	**67,34**	**47,14**	**67,34**
25	**58,92**	**84,17**	**58,92**	**84,17**
32	**75,42**	**107,74**	**75,42**	**107,74**
40	**94,27**	**134,67**	**94,27**	**134,67**

Se muestra esta tabla por dos motivos: el primero es que se ha considerado más útil de cara a su uso en cualquier tipo de proyecto y porque simplifica la introducción de datos. Si se pretendiera dar un único resultado sería necesario que el usuario determinara tanto el tipo de adherencia, como si se encuentran comprimidas o traccionadas y su diámetro.

EMPALME POR SOLAPO

En una primera instancia se planteaba realizar el cálculo del empalme por solapo en la misma hoja de cálculo que los anclajes, pero se ha considerado oportuno hacerlo por separado porque, pese que algunos datos son idénticos, para estos cálculos es necesario conocer muchos más datos que para el cálculo de los Anclajes.

Finalmente se ha creado una hoja en cuyo apartado de datos se solicita: las características de los materiales (acero y hormigón) y las características de la armadura: diámetro, separaciones entre empalmes, áreas mecánicas y reales, si se tratan de barras aisladas o grupos de barras, la adherencia y si son o no certificadas.

Se ha creado un apartado de factores y coeficientes donde se muestran los valores de m y β.

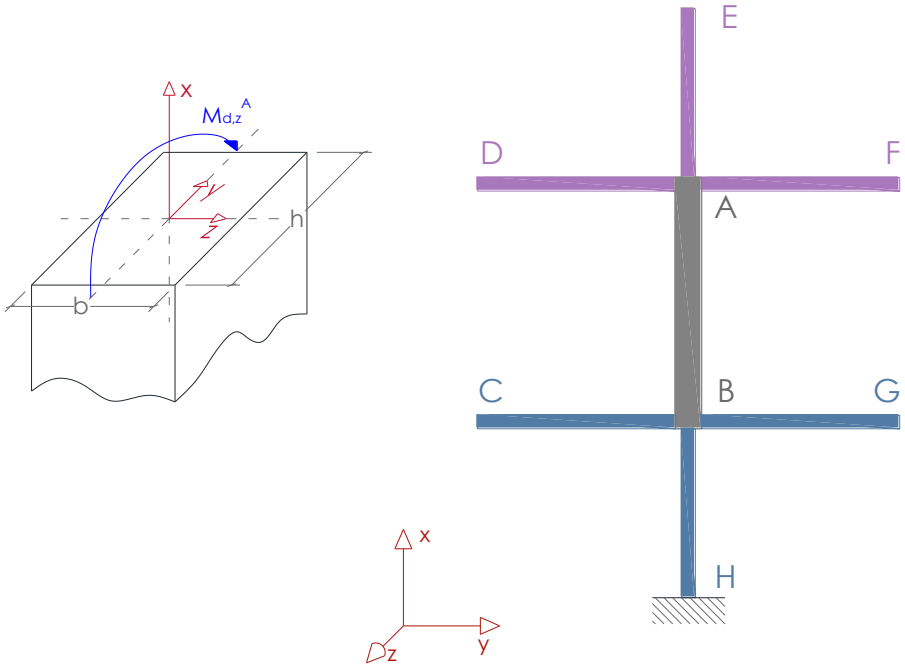
Dado que se solicitan muchos datos, el apartado de Resultados se ve notablemente simplificado. En este caso, como es necesario conocer tanto los valores de l_b como de $l_{b,neta}$ para la correcta disposición de los empalmes, se facilitan estos dos datos, junto con la longitud de solapo (l_s) y, en los casos en que es necesario, también se facilitan la separación entre empalmes (s_{emp}) y la longitud de la barra suplementaria (l_{supl}).

INESTABILIDAD DE SOPORTES (PANDEO)

Esta hoja sirve para la comprobación de soportes con respecto a su posible pandeo. Los cálculos, se realizan siguiendo el ***Artículo 43*** de la ***EHE***.

Para una correcta introducción de los datos de esta hoja de cálculo, es imprescindible que el usuario observe los esquemas de acciones y el esquema de barras que se facilitan, porque, pese a que son unos datos aparentemente sencillos, son numerosos y además es bastante habitual que haya errores al confundir los ejes de la estructura. El ***Excel*** tan solo calcula la estructura bidimensionalmente, por lo tanto, si el usuario pretende calcular un pórtico tridimensional deberá introducir los datos dos veces, una para cada sentido.

Los datos que se solicitan son: primero determinar si se trata de una estructura traslacional o intraslacional (tal como se indica en la ***Figura 43.1.1*** de la normativa), las características de los materiales, los esfuerzos y las características de las barras que conforman el pórtico a comprobar. De éstas barras se solicita su longitud *L*, y sus dimensiones *b* y *h*, teniendo en cuenta que *h* es la paralela al *eje y* , y *b* es paralela al *eje z*. Estos datos se distinguen entre sí por un subíndice (por ejemplo: AB) que determina de qué barra se trata.



En el apartado Cálculos y Resultados se facilitan los factores utilizados para los cálculos, las esbelteces de la pieza y su longitud de pandeo. Si el soporte no pandea, no aparece ningún otro resultado y se muestra la nota "*No pandea*", si pandea ésta nota se modifica "*El soporte pandea*" y aparece una nueva lista de resultados con las excentricidades y esfuerzos de cálculo en el eje Z. Estos esfuerzos establecen que el axil será igual y que el momento se verá incrementado debido a la excentricidad generada por el pandeo del soporte.

DEFORMACIÓN

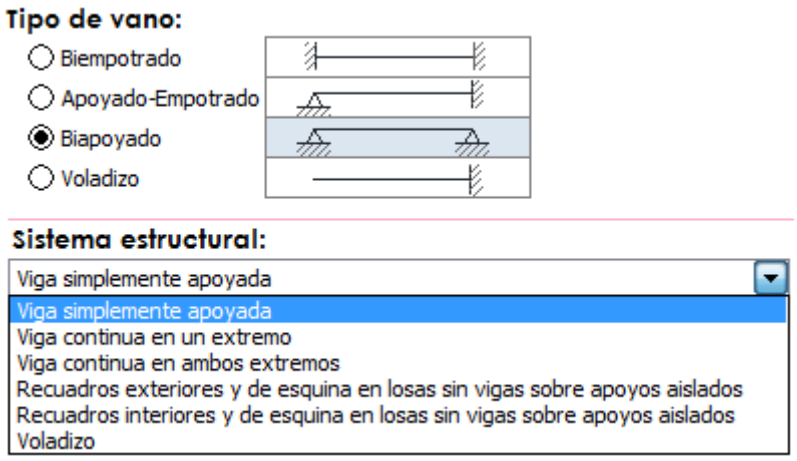
Estas hojas de cálculo, siguen los procedimientos establecidos por el ***Artículo 50*** de la ***EHE-08*** y por el ***Anejo 8***, ***Apartados 2.2*** y ***2.3***, que lo complementan. Pero antes, para la obtención de los Momentos flectores máximos y las deformaciones máximas producidas por las acciones de las barras, se han seguido las formulaciones del ***Prontuario Ensidesa*** y del ***Prontuario de Estructuras*** del ***CEDEX***.

Se ha creado un único documento para hablar de las *Deformaciones*, pese a que existen dos hojas de cálculo, porque la diferencia entre ellas es ínfima de cara a su uso. Pese a que los cálculos realizados difieren entre ambas, las necesidades de introducción de datos y los resultados son tan semejantes que no merece la pena abrumar al usuario con dos apartados que, en esencia, darán la misma información.

Dado que estas hojas "tan solo" pretenden darle al usuario los valores de Momentos flectores máximos a los que está sometida la barra objeto de cálculo y las deformaciones máximas, diferidas, totales y activas. Se ha simplificado al máximo la introducción de datos, si bien, como utilizan una simbología poco habitual, y como en algunos casos concretos existen unas limitaciones en la introducción de los valores de algunas cargas, no es de extrañar que sea necesario consultar este manual al menos la primera vez que se utilice la hoja.

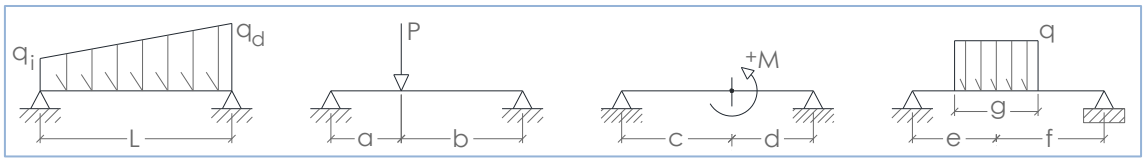
El procedimiento para utilizar esta hoja es el siguiente:

1º. Identificar el tipo de vano y de sistema estructural de la barra:



2º. Introducir las dimensiones de la sección y de la barra, las características de los materiales y el armado. Una vez hecho esto puede ser recomendable dirigirse al apartado *Cálculos Previos*, donde aparece la relación Luz/Canto, y determina si es necesario (según la ***Tabla 50.2.2.1.a*** de la ***EHE-08***) hacer la comprobación de las deformaciones.

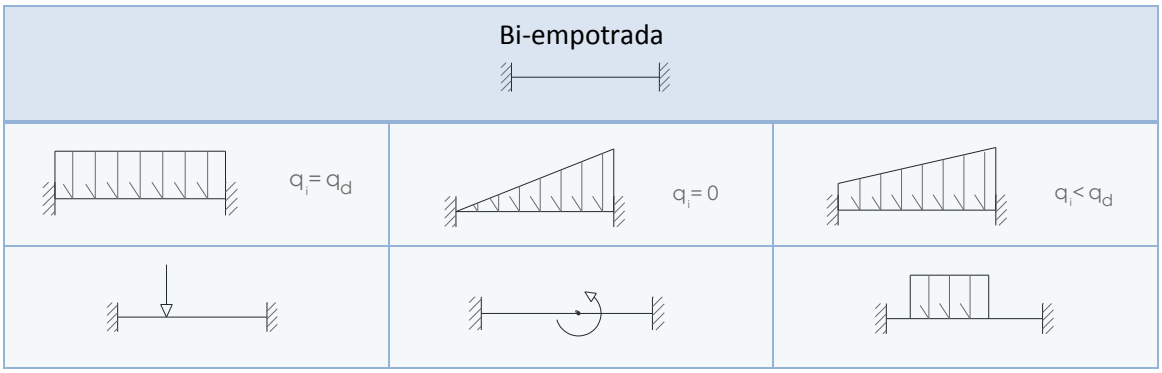
3º. En el subapartado *Acciones de Cálculo*, el usuario deberá introducir los valores de las cargas aplicadas en la barra. Se han distinguido entre cuatro tipos:

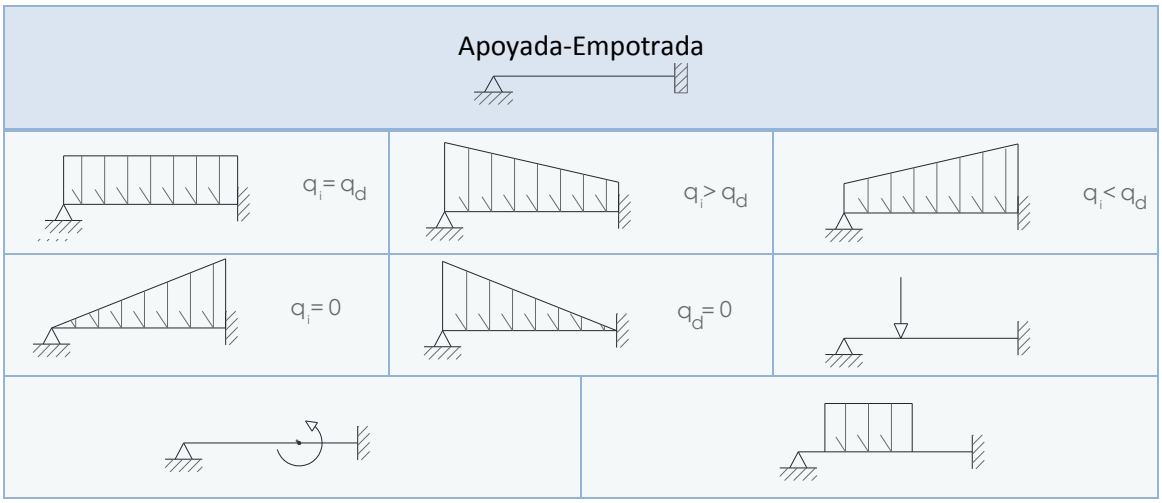


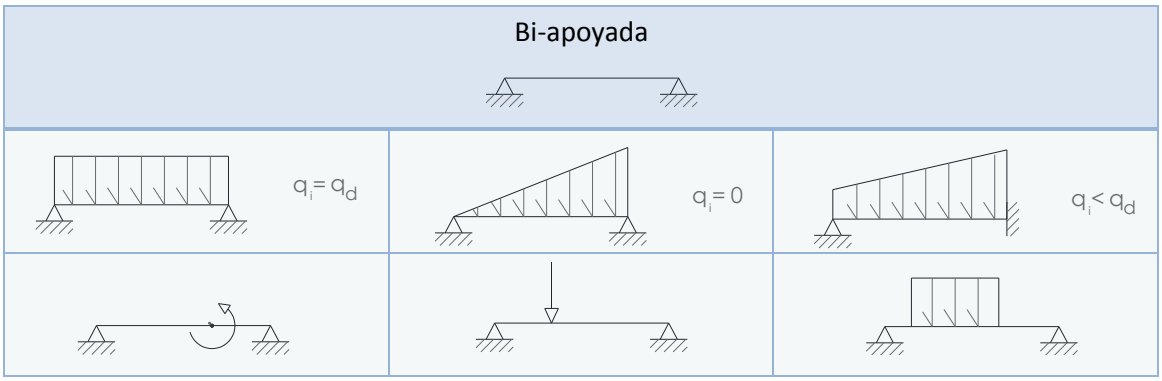
- Repartida trapezoidal de extremo a extremo de la barra: esta carga sirve tanto para calcular cargas repartidas uniformes como triangulares.
- Puntual
- Momento flector aplicado
- Repartida uniforme en un tramo de la barra.

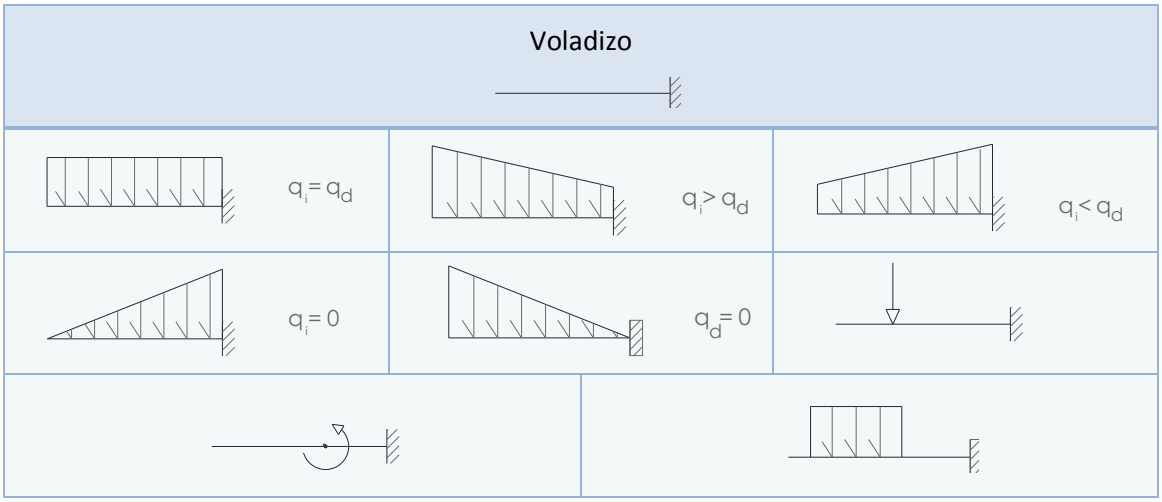
Existe una limitación, y es que en las barras cuyos extremos son iguales (biapoyadas o biempotradas) la carga repartida trapezoidal siempre debe cumplir que q_i nunca puede ser mayor a q_d.

Para evitar posibles errores, a continuación se muestra una tabla con todos los tipos de cargas y su posible distribución en función del tipo de vano.









Una vez introducidos todos estos datos, la hoja calcula los momentos flectores máximos para el descimbrado y en *n* días, este valor, que se muestra en el apartado de *Resultados*, sirve para establecer los momentos de inercia que se utilizarán en el cálculo de las deformaciones.

El procedimiento es el siguiente: se compara el Momento Flector máximo con el Momento de fisuración de la pieza. Si se establece que la pieza fisura, con estos dos datos, junto con el momento de inercia bruto de la pieza, se calculará I_e (el Momento de Inercia Equivalente), que será el utilizado para el cálculo de las deformaciones máximas. Si la pieza no fisura el Momento de Inercia que se utiliza para el cálculo es I_b (Momento de Inercia Bruto).

Los valores de los Momentos de Inercia, se muestran en el apartado *Cálculos Previos* junto con los Módulos de Deformación y algunos otros datos de interés como el M_f (Momento de fisuración) y el módulo de deformación del acero.

Finalmente, en el apartado de *Resultados*, se muestran los Momentos Flectores máximos a los que está sometida la barra y las deformaciones máximas generadas por las acciones. Junto a estos valores se ha creado una pestaña desplegable donde se debe escoger la duración de las cargas, para poder establecer el valor de λ, tal como establece el ***Artículo 50.2.2.3*** de la ***EHE-08***.

Con este valor de calculan las flechas diferidas, y se pueden obtener, finalmente las flechas total y activa de la barra.

FISURACIÓN

Esta hoja de cálculo sirve para comprobar si un elemento fisura o no, y si la abertura característica de sus fisuras superan las máximas determinadas por la normativa en la ***Tabla 5.1.1.2***.

Para poder realizar esta comprobación será necesario que el usuario facilite las dimensiones de la sección, las características de los materiales, si las acciones son directas o indirectas, las características de la armadura principal a tracción y también deberá determinar el modo de trabajo de la sección. Esto último sirve para obtener el área eficaz del hormigón ($A_{c,ef}$).

Para poder determinar $A_{c,ef}$ se muestran cuatro figuras, que se han denominado *Caso 1a*, *Caso 1b*, *Caso 2* y *Caso 3*. Estas figuras se han copiado de la ***Figura 49.2.4.b*** y se pueden escoger mediante una pestaña desplegable situada en el subapartado "*Area eficaz del hormigón*".

En el apartado de resultados, si se diera el improbable caso de que la sección no fisurara, simplemente aparecería la nota "La sección no fisura", en el caso de que si lo haga se mostrará el valor de w_k (abertura característica de la fisura) y un fragmento de la ***Tabla 5.1.1.2*** de la ***EHE-08***.

En esta tabla se resaltarán en verde y con fondo amarillo los valores para los que la abertura de la fisura cumple la normativa, y en rojo para los que no cumpla, del siguiente modo:

Abertura característica de la fisura

w_k	***0,30***	mm

Abertura máxima de fisura	
Clases de exposición	$w_{máx}$ [mm]
I	**0,4**
IIa, IIb, H	**0,3**
IIIa, IIIb,IV,F,Qa	0,2
IIIc, Qb, Qc	0,1

C. SIMBOLOGÍA Y ARTICULADO

FLEXIÓN SIMPLE – SECCIONES RECTANGULARES

DIMENSIONADO

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Esfuerzos de cálculo		
M_d	Momento flector de cálculo.	

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
y	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión.	
$F_{C,LIM}$	Fuerza del hormigón comprimido límite.	
F_c	Fuerza del hormigón comprimido ($F_c=\eta(x)\cdot f_{cd}\cdot \lambda(x)h$	
M_{LIM}	Momento flector límite.	

Armadura mecánica mínima		
A_{S1}	Armadura principal (inferior) a tracción.	
A_{S2}	Armadura secundaria (a compresión) superior.	

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
$\emptyset_S$	Diámetro de la armadura.	*32.2*
$\#_{barras}$	Número de barras.	
A_{REAL}	Área real de acero.	
S_{REAL}	Separación nominal real entre las barras.	
S_{MIN}	Separación mínima de norma entre barras.	*69.4.1.1*

COMPROBACIÓN

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Disposición de las armaduras	
$\#b_{S1}$	Número de barras de la armadura principal a tracción.
$Ø_{S1}$	Diámetro de las barras de la armadura principal a tracción.
A_{S1}	Área total de armadura traccionada.
$\#b_{S2}$	Número de barras de la armadura sec. a compresión.
$Ø_{S2}$	Diámetro de las barras de la armadura sec. a compresión.
A_{S2}	Área total de la armadura comprimida

Esfuerzos de cálculo	
M_d	Momento flector de cálculo.

Cálculos previos	
U_{S1}	Capacidad mecánica de la armadura traccionada.
U_{S2}	Capacidad mecánica de la armadura comprimida

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
M_{LIM}	Momento flector límite.	

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
Y_{REAL}	Profundidad de aplicación de fuerzas real.	*32.2*
F_c	Fuerza del hormigón comprimido ($F_c=\eta(x)\cdot f_{cd}\cdot \lambda(x)h$	
M_U	Momento último que resiste la pieza.	

FLEXIÓN SIMPLE – SECCIONES EN T

DIMENSIONADO

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h_{ALA}	Canto del ala.	
h_{ALMA}	Canto del alma	
b_{ALA}	Base del ala.	
b_{ALMA}	Base del alma.	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Esfuerzos de cálculo	
M_d	Momento flector de cálculo.

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
y	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión.	
$F_{C,LIM}$	Fuerza del hormigón comprimido límite.	
F_c	Fuerza del hormigón comprimido ($F_c=\eta(x)\cdot f_{cd}\cdot \lambda(x)h$	
M_{LIM}	Momento flector límite.	

Armadura mecánica mínima	
A_{S1}	Armadura principal (inferior) a tracción.
A_{S2}	Armadura secundaria (a compresión) superior.

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
$\emptyset_S$	Diámetro de la armadura.	*32.2*
$\#_{barras}$	Número de barras.	
A_{REAL}	Área real de acero.	
S_{REAL}	Separación nominal real entre las barras.	
S_{MIN}	Separación mínima de norma entre barras.	*69.4.1.1*

COMPROBACIÓN

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h_{ALA}	Canto del ala.	
h_{ALMA}	Canto del alma	
b_{ALA}	Base del ala.	
b_{ALMA}	Base del alma.	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Disposición de las armaduras	
$\#b_{S1}$	Número de barras de la armadura principal a tracción.
$Ø_{S1}$	Diámetro de las barras de la armadura principal a tracción.
A_{S1}	Área total de armadura traccionada.
$\#b_{S2}$	Número de barras de la armadura sec. a compresión.
$Ø_{S2}$	Diámetro de las barras de la armadura sec. a compresión.
A_{S2}	Área total de la armadura comprimida

Esfuerzos de cálculo	
M_d	Momento flector de cálculo.

Cálculos previos	
U_{S1}	Capacidad mecánica de la armadura traccionada.
U_{S2}	Capacidad mecánica de la armadura comprimida

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
y_{est}	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión.	
M_{LIM}	Momento flector límite.	
M_U	Momento último que resiste la pieza.	

Armadura mecánica mínima	
A_{S1}	Armadura principal (inferior) a tracción.
A_{S2}	Armadura secundaria (a compresión) superior.

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
$Ø_S$	Diámetro de la armadura.	*32.2*
$\#_{barras}$	Número de barras.	
A_{REAL}	Área real de acero.	
S_{REAL}	Separación nominal real entre las barras.	
S_{MIN}	Separación mínima de norma entre barras.	*69.4.1.1*

FLEXIÓN COMPUESTA – SECCIONES RECTANGULARES

DIMENSIONADO

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Esfuerzos de cálculo	
M_d	Momento flector de cálculo.
N_d	Axil de cálculo.
M_d'	Momento flector de cálculo (Transformación de Ehlers)

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
y	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión.	
$F_{C,LIM}$	Fuerza del hormigón comprimido límite.	
F_c	Fuerza del hormigón comprimido ($F_c=\eta(x)\cdot f_{cd}\cdot \lambda(x)h$	
M_{LIM}	Momento flector límite.	

Armadura mecánica mínima	
A_{S1}	Armadura principal (inferior) a tracción.
A_{S2}	Armadura secundaria (a compresión) superior.

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
$Ø_S$	Diámetro de la armadura.	*32.2*
$\#_{barras}$	Número de barras.	
A_{REAL}	Área real de acero.	
S_{REAL}	Separación nominal real entre las barras.	
S_{MIN}	Separación mínima de norma entre barras.	*69.4.1.1*

COMPROBACIÓN

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Disposición de las armaduras	
$\#b_{S1}$	Número de barras de la armadura principal a tracción.
$Ø_{S1}$	Diámetro de las barras de la armadura principal a tracción.
A_{S1}	Área total de armadura traccionada.
$\#b_{S2}$	Número de barras de la armadura sec. a compresión.
$Ø_{S2}$	Diámetro de las barras de la armadura sec. a compresión.
A_{S2}	Área total de la armadura comprimida

Esfuerzos de cálculo	
M_d	Momento flector de cálculo.
N_d	Axil de cálculo.
M_d'	Momento flector de cálculo (Transformación de Ehlers)

Cálculos previos	
U_{S1}	Capacidad mecánica de la armadura traccionada.
U_{S2}	Capacidad mecánica de la armadura comprimida

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
M_{LIM}	Momento flector límite.	
F_{cLIM}	Fuerza del hormigón comprimido límite	

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
Y_{REAL}	Profundidad de aplicación de fuerzas real.	*32.2*
F_c	Fuerza del hormigón comprimido ($F_c=\eta(x)\cdot f_{cd}\cdot \lambda(x)h$	
M_U'	Momento último Ehlers que resiste la pieza.	
M_U	Momento último estimado que resiste la pieza.	
N_U	Axil último estimado que resiste la pieza.	

FLEXIÓN COMPUESTA- SECCIONES EN T

DIMENSIONADO

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h_{ALA}	Canto del ala.	
h_{ALMA}	Canto del alma	
b_{ALA}	Base del ala.	
b_{ALMA}	Base del alma.	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Esfuerzos de cálculo	
M_d	Momento flector de cálculo.
N_d	Axil de cálculo.
M_d'	Momento flector de cálculo (Transformación de Ehlers)

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
y	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión.	
$F_{C,LIM}$	Fuerza del hormigón comprimido límite.	
F_c	Fuerza del hormigón comprimido ($F_c=\eta(x)\cdot f_{cd}\cdot \lambda(x)h$	
M_{LIM}	Momento flector límite.	

Armadura mecánica mínima	
A_{S1}	Armadura principal (inferior) a tracción.
A_{S2}	Armadura secundaria (a compresión) superior.

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
$\emptyset_S$	Diámetro de la armadura.	*32.2*
$\#_{barras}$	Número de barras.	
A_{REAL}	Área real de acero.	
S_{REAL}	Separación nominal real entre las barras.	
S_{MIN}	Separación mínima de norma entre barras.	*69.4.1.1*

COMPROBACIÓN

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h_{ALA}	Canto del ala.	
h_{ALMA}	Canto del alma	
b_{ALA}	Base del ala.	
b_{ALMA}	Base del alma.	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*

Disposición de las armaduras	
$\#b_{S1}$	Número de barras de la armadura principal a tracción.
$Ø_{S1}$	Diámetro de las barras de la armadura principal a tracción.
A_{S1}	Área total de armadura traccionada.
$\#b_{S2}$	Número de barras de la armadura sec. a compresión.
$Ø_{S2}$	Diámetro de las barras de la armadura sec. a compresión.
A_{S2}	Área total de la armadura comprimida

Esfuerzos de cálculo	
M_d	Momento flector de cálculo.
N_d	Axil de cálculo.
M_d'	Momento flector de cálculo (Transformación de Ehlers)

Cálculos previos	
U_{S1}	Capacidad mecánica de la armadura traccionada.
U_{S2}	Capacidad mecánica de la armadura comprimida
$M_{MAX,ALA}$	Momento máximo del ala

Diagrama rectangular		*39.5*
x_{LIM}	Eje que delimita M_{LIM}, teniendo en cuenta ε_{cu} y ε_y	*42.1.3*
$y_{LIM}=\lambda(x)h$	Profundidad de aplicación de fuerzas de compresión límite	
$F_{C,LIM}$	Fuerza del hormigón comprimido límite.	
M_{LIM}	Momento flector límite.	

Resultados, Dimensionado de la armadura.		
Y_{REAL}	Profundidad de aplicación de fuerzas real.	*32.2*
F_c	Fuerza del hormigón comprimido ($F_c=\eta(x)\cdot f_{cd}\cdot \lambda(x)h$	
M_U'	Momento último Ehlers que resiste la pieza.	
M_U	Momento último estimado que resiste la pieza.	
N_U	Axil último estimado que resiste la pieza.	

FLEXOCOMPRESIÓN SIMÉTRICA O ESVIADA

Articulado EHE-08

Dimensiones de la sección		
b	Base.	
h	Canto	
r_H	Recubrimiento horizontal.	
r_V	Recubrimiento vertical.	
Características de los materiales		
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	*Tabla 15.3*
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	
$f_{y,cd}$	Resistencia de cálculo del acero a compresión	*38.3*
Esfuerzos de cálculo		
N_d	Axil de cálculo.	
$M_{y,d}$	Momento flector de cálculo en eje y	
$M_{x,d}$	Momento flector de cálculo en eje x	
Resultados de acero		
ε_s	Deformación del acero.	
Resultados del hormigón		
h	Canto total.	
d	Canto útil total	
x	Eje neutro	
y	Bloque de compresiones	
x_{cdg}	Coord. X centro de gravedad	
y_{cdg}	Coord. Y centro de gravedad	
Solver		
ϕ	Ángulo eje neutro.	
ξ	Profundidad eje neutro	

CORTANTE

DIMENSIONADO

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b_0	Anchura neta mínima del elemento	*40.3.5*
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
$f_{y\alpha,k}$	Límite elástico característico de la armadura transversal	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
f_{cv}	Resistencia efectiva del hormigón a cortante	*44.2.3.2.2*
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
$f_{y\alpha,d}$	Resistencia de cálculo de la armadura transversal	*44.2.3.2.2*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
E_s	Módulo de elasticidad del acero	*38.4*

Disposición de las armaduras		
$\#b_{S'}$	Número de barras de la armadura a compresión.	
$Ø_{S'}$	Diámetro de barras de la armadura a compresión.	
$A_{S'}$	Área total de la sección de la armadura comprimida.	
$\#b_S$	Número de barras de la armadura a tracción	
$Ø_S$	Diámetro de barras de la armadura a tracción.	
A_S	Área total de la sección de la armadura traccionada.	
θ_t	Ángulo entre bielas de compresión y el eje de la pieza	*44.2.3.1*
α_t	Ángulo entre las armaduras y el eje de la pieza	*44.2.3.1*
$S_{t,cercos}$	Separación entre cercos	
$\#_{RAMAS}$	Número de ramas	

Esfuerzos de cálculo		
V_{rd}	Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.	*44.2.2*
N_d	Axil de cálculo.	
M_d	Momento flector de cálculo	

Relativos a los materiales		
f_{1cd}	Resistencia a compresión del hormigón	*44.2.3.1*
$f_{ct,k}$	Resistencia característica del hormigón a tracción	*39.1*
$f_{ct,d}$	Resistencia de cálculo a tracción del hormigón	
$f_{ct,m}$	Resistencia media del hormigón a tracción	*39.1*

Relativos a los esfuerzos		
K	Coeficiente que depende del esfuerzo axil.	*44.2.3.1*
σ'_{cd}	Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva)	*44.2.3.1*

Relativos a la sección

I_z	Momento de inercia de la sección transversal.	*44.2.3.2.1.1.*
S	Momento estático de la sección transversal	*4.2.3.2.1.1.*
ξ	Coeficiente adimensional	*44.2.3.2.1.2*
ρ_l	Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.	*44.2.3.2.1.2*
θ_e	Ángulo de referencia de inclinación de las fisuras	*44.2.3.2.2.*
β	Coeficiente adimensional	*44.2.3.2.2.*

Armadura mecánica mínima

A_{S1}	Armadura principal (inferior) a tracción.
A_{S2}	Armadura secundaria (a compresión) superior.

Agotamiento por compresión oblicua del alma

V_{U1}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*

Agotamiento por tracción del alma

M_{fis}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*
V_{U2}	Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma	*44.2.3.2*
V_{CU}	Contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante	*44.2.3.2.2*
V_{SU}	Contribución de la armadura transversal de alma a la resistencia a esfuerzo cortante	*44.2.3.2.2*

Armadura transversal

$A_{\alpha,mec}$	Área de la armadura transversal.
$A_{\alpha,geom}$	Área de la armadura transversal geométrica mínima normalizada.
$S_{t,trans\ MAX}$	Separación entre cercos máxima.
$S_{t,trans\ MIN}$	Separación entre cercos mínima.
$S_{t,trans\ REAL}$	Separación entre cercos real.

Dimensionado de la armadura

$Ø_{S,t}$	Diámetro de los cercos.
$\#_{ramas}$	Número de ramas
$s_{t,cercos}$	Separación entre cercos

COMPROBACION

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b_0	Anchura neta mínima del elemento	*40.3.5*
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
$f_{y\alpha,k}$	Límite elástico característico de la armadura transversal	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
f_{cv}	Resistencia efectiva del hormigón a cortante	*44.2.3.2.2*
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
$f_{y\alpha,d}$	Resistencia de cálculo de la armadura transversal	*44.2.3.2.2*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
E_s	Módulo de elasticidad del acero	*38.4*

Disposición de las armaduras		
$\#b_{S'}$	Número de barras de la armadura a compresión.	
$Ø_{S'}$	Diámetro de barras de la armadura a compresión.	
$A_{S'}$	Área total de la sección de la armadura comprimida.	
$\#b_S$	Número de barras de la armadura a tracción	
$Ø_S$	Diámetro de barras de la armadura a tracción.	
A_S	Área total de la sección de la armadura traccionada.	
θ_t	Ángulo entre bielas de compresión y el eje de la pieza	*44.2.3.1*
α_t	Ángulo entre las armaduras y el eje de la pieza	*44.2.3.1*
$S_{t,cercos}$	Separación entre cercos	
$\#_{RAMAS}$	Número de ramas	

Esfuerzos de cálculo		
V_{rd}	Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.	*44.2.2*
N_d	Axil de cálculo.	
M_d	Momento flector de cálculo	

Relativos a los materiales		
f_{1cd}	Resistencia a compresión del hormigón	*44.2.3.1*
$f_{ct,k}$	Resistencia característica del hormigón a tracción	*39.1*
$f_{ct,d}$	Resistencia de cálculo a tracción del hormigón	
$f_{ct,m}$	Resistencia media del hormigón a tracción	*39.1*

Relativos a los esfuerzos		
K	Coeficiente que depende del esfuerzo axil.	*44.2.3.1*
σ'_{cd}	Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva)	*44.2.3.1*

Relativos a la sección

I_z	Momento de inercia de la sección transversal.	*44.2.3.2.1.1.*
S	Momento estático de la sección transversal	*4.2.3.2.1.1.*
ξ	Coeficiente adimensional	*44.2.3.2.1.2*
ρ_l	Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.	*44.2.3.2.1.2*
θ_e	Ángulo de referencia de inclinación de las fisuras	*44.2.3.2.2.*
β	Coeficiente adimensional	*44.2.3.2.2.*
z	Brazo mecánico	*44.2.3.2.2*

Cortante que la sección puede resistir

M_{fis}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*
V_{U1}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*
V_{U2}	Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma	*44.2.3.2*
V_{CU}	Contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante	*44.2.3.2.2*
V_{SU}	Contribución de la armadura transversal de alma a la resistencia a esfuerzo cortante	*44.2.3.2.2*

TORSIÓN – SECCIONES RECTANGULARES

DIMENSIONADO

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{1cd}	Resistencia a compresión del hormigón.	*45.2.2.1*

Disposición de la armadura a torsión		
θ_t	Ángulo entre bielas de compresión y eje de la pieza.	
α_t		

Armadura longitudinal a compresión		
$\#b_{s'}$	Número de barras de armadura longitudinal a compresión.	
$Ø_{s'}$	Diámetro de la armadura longitudinal a compresión.	
A_s'	Área de la armadura longitudinal a compresión	

Esfuerzos de cálculo		
N_d	Áxil de cálculo.	
T_d	Momento torsor de cálculo en la sección.	*45.2.2*
V_{rd}	Esfuerzo cortante de cálculo efectivo	

Coeficientes		
K	Coeficiente que depende del esfuerzo axil.	*44.2.3.1*
α	Coeficiente adimensional.	*45.2.2.1*
β	Coeficiente adimensional	*45.3.2.2*

Características de la sección		
h_e	Espesor eficaz de la pared de la sección de cálculo.	*45.2.1*
A_e	Área encerrada por la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo.	*45.2.1*
u_e	Perímetro de la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo	*45.2.1*

M. torsores máximos que puede resistir		
T_{U1}	Máximo momento torsor que pueden resistir las bielas comprimidas de hormigón.	*45.2.2.1*
T_{U2}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras transversales.	*45.2.2.2*
T_{U3}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras longitudinales	*45.2.2.3*

Torsión combinada con cortante		
V_{U1}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*
$V_{rd,MAX}$	Esfuerzo cortante efectivo de cálculo máximo.	*44.2.2*

Armadura transversal a torsión	
A_t	Área de la armadura transversal a torsión.
S_t	Separación de la armadura transversal a torsión.
$Ø_{St}$	Diametro de la armadura transversal a torsión
$\#_{cercos}$	Número de cercos

Armadura transversal a torsión	
$A_{l,MIN}$	Área de la armadura longitudinal mínima.
Sl	Separación de la armadura longitudinal a torsión.
$Ø_{Sl}$	Diametro de la armadura longitudinal a torsión
$\#_{barras}$	Número de barras

COMPROBACIÓN

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Disposición de las armaduras		
$\#b_{S'}$	Número de barras de la armadura a compresión.	
$Ø_{S'}$	Diámetro de barras de la armadura a compresión.	
$\#b_S$	Número de barras de la armadura a tracción	
$Ø_S$	Diámetro de barras de la armadura a tracción.	
$Ø_{St}$	Diámetro de los cercos.	
S_t	Distancia entre cercos	
A_t	Área total de la sección de cada rama de cercos.	
θ_t	Ángulo entre bielas de compresión y eje de la pieza.	*44.2.3.1*
α_t	Ángulo entre las armaduras y el eje de la pieza	*44.2.3.1*

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
f_{1cd}	Resistencia a compresión del hormigón.	*45.2.2.1*

Esfuerzos de cálculo		
N_d	Axil de cálculo.	
T_d	Momento torsor de cálculo en la sección.	*45.2.2*
V_{rd}	Esfuerzo cortante de cálculo efectivo	

Características de la sección		
h_e	Espesor eficaz de la pared de la sección de cálculo.	*45.2.1*
A_e	Área encerrada por la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo.	*45.2.1*
u_e	Perímetro de la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo	*45.2.1*

Torsión combinada con cortante		
V_{U1}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*

Coeficientes		
K	Coeficiente que depende del esfuerzo axil.	*44.2.3.1*
α	Coeficiente adimensional.	*45.2.2.1*
β	Coeficiente adimensional	*45.3.2.2*

M. torsores máximos que puede resistir		
T_{U1}	Máximo momento torsor que pueden resistir las bielas comprimidas de hormigón.	*45.2.2.1*
T_{U2}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras transversales.	*45.2.2.2*
T_{U3}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras longitudinales	*45.2.2.3*

Cortante máximo que puede resistir		
$V_{rd,MAX}$	Esfuerzo cortante efectivo de cálculo máximo.	*44.2.2*

TORSIÓN – SECCIONES HUECAS

DIMENSIONADO

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
h_0	Espesor real de la pared	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
f_{1cd}	Resistencia a compresión del hormigón.	*45.2.2.1*

Esfuerzos de cálculo		
N_d	Axil de cálculo.	
T_d	Momento torsor de cálculo en la sección.	*45.2.2*
V_{rd}	Esfuerzo cortante de cálculo efectivo	

Disposición de la armadura a torsión		
θ_t	Ángulo entre bielas de compresión y eje de la pieza.	*44.2.3.1*
α_t	Ángulo entre las armaduras y el eje de la pieza	*44.2.3.1*

Armadura longitudinal a compresión		
$\#b_{s'}$	Número de barras de armadura longitudinal a compresión.	
$Ø_{s'}$	Diámetro de la armadura longitudinal a compresión.	
A_s'	Área de la armadura longitudinal a compresión	

Características de la sección		
h_e	Espesor eficaz de la pared de la sección de cálculo.	*45.2.1*
A_e	Área encerrada por la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo.	*45.2.1*
u_e	Perímetro de la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo	*45.2.1*

Coeficientes		
K	Coeficiente que depende del esfuerzo axil.	*44.2.3.1*
α	Coeficiente adimensional.	*45.2.2.1*
β	Coeficiente adimensional	*45.3.2.2*

M. torsores máximos que puede resistir		
T_{U1}	Máximo momento torsor que pueden resistir las bielas comprimidas de hormigón.	*45.2.2.1*
T_{U2}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras transversales.	*45.2.2.2*
T_{U3}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras longitudinales	*45.2.2.3*

Torsión combinada con cortante		
V_{U1}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*
$V_{rd,MAX}$	Esfuerzo cortante efectivo de cálculo máximo.	*44.2.2*

Armadura transversal a torsión	
A_t	Área de la armadura transversal a torsión.
S_t	Separación de la armadura transversal a torsión.
$Ø_{St}$	Diámetro de la armadura transversal a torsión
$\#_{cercos}$	Número de cercos

Armadura longitudinal	
$A_{l,}$	Área de la armadura longitudinal.
$Ø_{Sl}$	Diámetro de la armadura longitudinal a torsión
$\#_{barras}$	Número de barras

COMPROBACIÓN

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
h_0	Espesor real de la pared	
$r_{MEC,INF}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
$r_{MEC,SUP}$	Recubrimiento mecánico de la armadura superior	
d	Canto útil: $d=h-r_{MEC,INF}$	

Disposición de las armaduras		
$\#b_{S'}$	Número de barras de la armadura a compresión.	
$Ø_{S'}$	Diámetro de barras de la armadura a compresión.	
$\#b_S$	Número de barras de la armadura a tracción	
$Ø_S$	Diámetro de barras de la armadura a tracción.	
A_L	Área total de la sección de la armadura longitudinal.	
$Ø_{St}$	Diámetro de los cercos.	
S_t	Distancia entre cercos	
A_t	Área total de la sección de cada rama de cercos.	
θ_t	Ángulo entre bielas de compresión y eje de la pieza.	*44.2.3.1*
α_t	Ángulo entre las armaduras y el eje de la pieza	*44.2.3.1*

Esfuerzos de cálculo		
N_d	Axil de cálculo.	
T_d	Momento torsor de cálculo en la sección.	*45.2.2*
V_{rd}	Esfuerzo cortante de cálculo efectivo	

Características de los materiales		
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
T.M.A.	Tamaño máximo del árido.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
f_{1cd}	Resistencia a compresión del hormigón.	*45.2.2.1*

Características relativas a la sección		
h_e	Espesor eficaz de la pared de la sección de cálculo.	*45.2.1*
A_e	Área encerrada por la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo.	*45.2.1*
u_e	Perímetro de la línea media de la sección hueca eficaz de cálculo	*45.2.1*

Interacción con cortante		
V_{U1}	Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.	*44.2.3.1.*

Coeficientes		
K	Coeficiente que depende del esfuerzo axil.	*44.2.3.1*
α	Coeficiente adimensional.	*45.2.2.1*
β	Coeficiente adimensional	*45.3.2.2*
M. torsores máximos que puede resistir		
T_{U1}	Máximo momento torsor que pueden resistir las bielas comprimidas de hormigón.	*45.2.2.1*
T_{U2}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras transversales.	*45.2.2.2*
T_{U3}	Máximo momento torsor que pueden resistir las armaduras longitudinales	*45.2.2.3*

Cortante máximo que puede resistir		
$V_{rd,MAX}$	Esfuerzo cortante efectivo de cálculo máximo.	*44.2.2*

PUNZONAMITENTO

Disposiciones relativas al soporte		Articulado EHE-08
$c_1^{(x)}$	Canto del soporte en el eje de las *x*	*Figura 46.2.a, b y c*
$c_2^{(y)}$	Canto del soporte en el eje de las *y*	
l_x	Menor distancia entre el borde del soporte y el del hormigón en el eje de las *x*.	
l_y	Menor distancia entre el borde del soporte y el del hormigón en el eje de las *y*.	

Disposiciones relativas a la losa		
h	Canto de la losa	
$r_{mec,inf}$	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	*37.2.4.* (rec. nominal)
d	Canto útil de la losa	
u_1	Perímetro crítico	*Figura 46.2.d y e*
b_{x1}	Ancho del perímetro crítico en *x*.	*Figura 46.2.a, b y c* (1)
A_x	Área definida por el lado b_x y el canto.	*46.3*
b_{y1}	Ancho del perímetro crítico en *y*.	*Figura 46.2.a, b y c* (1)
A_y	Área definida por el lado b_y y el canto.	*46.3*

Características de los materiales		
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
f_{1cd}	Resistencia a compresión del hormigón.	*46.3*
f_{cv}	Resistencia efectiva del hormigón a cortante.	
$f_{y\alpha,k}$	Límite elástico característico de la armadura de punzonamiento.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
$f_{y\alpha,d}$	Resistencia de cálculo del acero.	

Disposición de las armaduras		
α	Ángulo de las armaduras con el eje de la pieza	
s_{max}	Distancia máxima en dirección radial de los perímetros concéntricos de la armadura.	
s	Distancia en dirección radial de los perímetros concéntricos de la armadura, utilizado para el cálculo.	
$s_{1,min}$	Distancia mínima en dirección radial entre el soporte y la primera línea de armaduras (0,5·d)	*Figura 46.5.b*
$s_{1,max}$	Distancia máxima en dirección radial entre el soporte y la primera línea de armaduras (0,5·d)	*Figura 46.5.b*
$s_1^{(user)}$	Distancia en dirección radial entre el soporte y la primera línea de armaduras, escogida por el usuario.	
b_{x2}	Ancho del perímetro $u_{n,ef}$ en *x*.	*Figura 46.5.a* (2)
b_{y2}	Ancho del perímetro $u_{n,ef}$ en *y*.	
ρ_l	Cuantía geométrica total de la armadura principal de la losa, dentro del perímetro $u_{n,ef}$*	

Esfuerzos de cálculo		*Artículo 46.3*
F_{sd}	Esfuerzo de punzonamiento de cálculo	
$N_{d,x}$, $N_{d,y}$	Fuerzas longitudinales en la superficie crítica procedentes de una carga.	
M_d	Momento transferido entre losa y soporte	

Coeficientes		
β	Coeficiente según la excentricidad	*46.3*
ξ	Coeficiente adimensional	*46.3*

Otros valores de interés		
σ'_{cd}	Tensión axial media en la sup. crítica de comprobación	*46.3*
$u_{n,ef}$	Perímetro continente de la armadura de punzonamiento	*Figura 46.5.a*
u_o	Perímetro de comprobación	*Figura 46.4.3*
τ_{rd}^{1}	Tensión resistente del perímetro crítico	*46.3*
$\tau_{rd}^{2}{}_{,min}$	Valor mínimo de la tensión resistente del perímetro crítico	

Comprobaciones para losas sin armadura de punzonamiento		*46.3*
τ_{sd}	Tensión tangencial nominal de cálculo	
τ_{rd}	Tensión máxima resistente del perímetro crítico (la mayor entre τ_{rd}^{1} y $\tau_{rd}^{2}{}_{,min}$)	

Dimensionado de armadura transversal de punzonamiento		
A_{sw}	Área total de armadura de punzonamiento en un perímetro concéntrico al soporte o área de carga.	*46.4.1*

Comprobación de la zona exterior a la a. de punzonamiento		*46.4.2*
$F_{sd,ef}$	Esfuerzo efectivo de punzonamiento	
F_{ext}	Esfuerzo de punzonamiento del perímetro exterior.	

(1) (2) Se han tenido que añadir los subíndices 1 y 2 para distinguir ambos valores entre sí, dado que la normativa utiliza la misma nomenclatura para ambos pese a ser distintos.

* Equivalente a la raíz cuadrada de la armadura en *x* y la armadura en *y*, con un valor máximo de 2‰.

DIMENSIONADO A RASANTE - SECCIONES RECTANGULARES

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
h	Canto	
b	Base	
p	Superficie de contacto por unidad de longitud	

Características de los materiales		
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
$f_{ct,d}$	Resistencia de cálculo a tracción del hormigón	
$f_{y\alpha,d}$	Resistencia de cálculo de la armadura transversal	*44.2.3.2.2*

Disposición de la armadura a torsión		
s	Separación entre cercos	
α	Ángulo entre las armaduras y el eje de la pieza	*44.2.3.1*

Esfuerzos de cálculo		
ΔC o ΔT	Variación de la resultante de los bloques de tensiones normales (en Compresión o Tracción)	
σ_{cd}	Tensión externa de cálculo normal al plano de la junta	

Coeficientes		
β^1	Coeficiente adimensional para cálculo sin armadura transversal.	*47.2.2.2*
β^2	Coeficiente adimensional para cálculo con armadura transversal.	*47.2.2.2*
μ	Coeficiente adimensional	*47.2.2.2*

Cálculos previos		
$\tau_{r,d}$	Tensión rasante de cálculo	*47.1*

Comprobación en secciones sin armadura transversal		
$\tau_{r,u}$	Tensión rasante de agotamiento	*47.2.1 o 47.2.2*

Armadura transversal		
$A_{st,min}$	Área de los cercos mínima.	
A_{st}	Área de los cercos.	

Dimensionado de la armadura (para 1ml)		
$\#_{b,TOTAL}$	Número total de cercos en 1 metro lineal	
$Ø_{St}$	Diámetro de los cercos	

ANCLAJE DE BARRAS O MALLAS

Características de los materiales		
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*Tabla 15.3*
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
α_{cc}	Factor de cansancio del hormigón.	*39.4*
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
$f_{ct,d}$	Resistencia de cálculo a tracción del hormigón	
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	*38.3*

Características de las barras		
Ø	Diámetro de la barra.	
c_1	Recubrimiento geométrico	
$A_{s,mec.}$	Área de la armadura mecánica.	
$A_{s,real}$	Armadura real a partir de la cual se ancla la armadura.	
τ_{bd}	Tensión de adherencia constante	*69.5.1.2*

Longitud básica de anclaje		
l_b	Longitud básica de anclaje.	*69.5.1.2*

Longitud neta de anclaje		
$l_{b,neta}$	Longitud básica de anclaje.	*69.5.1.2*

ANCLAJE POR SOLAPO

Características de los materiales		Articulado EHE-08
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
$f_{ct,d}$	Resistencia a tracción de cálculo del hormigón.	*39.4 , 39.1*
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*15.3*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (en armaduras pasivas)	

Características de las barras		
Ø	Diámetro de las barras a solapar.	
a	Separación entre empalmes más próximos	*Figura 69.5.2.2*
$A_{S,mec.tot}$	Armadura mecánica de cálculo total.	
$A_{S1,real}$	Área de acero sometida normalmente a tracción	
$A_{S2,real}$	Area de acero sometida normalmente a compresión.	
$A_{s,real}$	Area de acero total real	
$\%A_{s,tracc.}$	Porcentaje de armadura traccionada.	
τ_{bd}	Tensión de adherencia	*69.5.1.2*

Longitud básica de anclaje		
l_b	Longitud básica de anclaje	*69.5.1.2*

Longitud neta de anclaje		
$l_{b,neta}$	Longitud neta de anclaje	*69.5.1.2, 69.5.1.4*

Longitud de solapo		
l_s	Longitud de solapo	*69.5.2.2*
l_{supl}	Longitud de la barra suplementaria	*69.5.2.3*
$S_{empalmes}$	Separación entre empalmes	

INESTABILIDAD DE SOPORTES

Datos del pórtico		EHE-08 Artículos
b_{AB}	Base de la sección del pilar A-B	
h_{AB}	Altura de la sección del pilar A-B	
L_{AB}	Longitud del pilar A-B	
d_{AB}'	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior	
d	Canto útil: d=h- d_{AB}'	
A_c	Área de la sección del pilar A-B	
$I_{AB,z}$	Momento de inercia en eje z para pilar A-B	

Datos de la viga		
b_{DA}	Base de la sección de la viga D-A	
h_{DA}	Altura de la sección de la viga D-A	
L_{DA}	Longitud de la viga D-A	
$I_{DA,z}$	Momento de inercia en eje z de la viga D-A	

Caracteristica de los materiales		
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
γ_c	Coeficiente parcial de seguridad del hormigón.	
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón.	*39.4*
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*15.3*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (armadura pasiva)	*38.3*
ε_y	Deformación del acero para f_{yd}	*43.5.1*
E	Módulo de elasticidad del acero	*38.4*

Esfuerzos de cálculo		
$M_{d,z}^{A}$	Momento flector de cálculo en pilar A	
$M_{d,z}^{B}$	Momento flector de cálculo en pilar B	
N_d	Axil de cálculo.	

Factores y coeficientes		
ψ_A	Coeficiente relativo a las rigideces en el extremo A	*43.4*
ψ_B	Coeficiente relativo a las rigideces en el extremo A	*43.4*
e_1	Excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con mayor momento.	*43.1.2*
e_2	Excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con menor momento.	*43.1.2*
υ	Axil adimensional	*43.1.2*
C	Coeficiente que depende de la disposición de armaduras	*43.1.2*
β	Factor de armado	*43.5.1*

Esbelteces		
λ_{inf}	Esbeltez límite inferior	*43.1.2*
λ_{mec}	Esbeltez mecánica	*43.1.1*

Longitud de pandeo		
α	Factor para la longitude de pandeo	*43.4*
l_o	Longitud de pandeo	*43.4*

DEFORMACIONES

SECCIONES RECTANGULARES

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
L	Luz	
h_c	Canto	
b_c	Base	
r_{inf}	Recubrimiento mecánico inferior de las armaduras	*37.2.4.*
d_c	Canto útil	

Características de los materiales		
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
$f_{ctm,fl}$	Resistencia media a flexotracción del hormigón	*39.1*
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*15.3*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (armadura pasiva)	*38.3*

Disposición de las armaduras	
$\#b_{S1}$	Número de barras de la armadura traccionada.
$Ø_{S1}$	Diámetro de la armadura sometida a tracción.
A_{S1}	Área total de la armadura traccionada.
$\#b_{S2}$	Número de barras de la armadura comprimida.
$Ø_{S2}$	Diámetro de la armadura sometida a compresión
A_{S2}	Aárea total de la armadura comprimida.
$\rho_{S,TOTAL}$	Cuantía geométrica total de acero en tanto por mil.

Acciones: iniciales (descimbrado) / a los *n* días.	
$q_{izq}^{(i)/(n)}$	Valor de la carga repartida en el extremo izquierdo
$q_{der}^{(i)/(n)}$	Valor de la carga repartida en el extremo derecho
$P^{(i)/(n)}$	Carga puntual
a	Distancia entre el extremo derecho de la barra y la carga puntual
b	Distancia entre la carga puntual y el extremo izquierdo de la barra
$M^{(i)/(n)}$	Momento flector aplicado.
c	Distancia entre el extremo derecho de la barra y el momento flector
d	Distancia entre el momento flector y el extremo izquierdo de la barra
$q^{(i)/(n)}$	Carga uniformemente repartida que ocupa un tramo de la barra
e	Distancia entre el extremo derecho de la barra y el centro de la carga uniformemente repartida.
f	Distancia entre el centro de la carga uniformemente repartida y el extremo izquierdo de la barra
g	Ancho del tramo afectado por la carga uniforme.

Comprobación previa:		
L/d	Relación luz/canto útil	
L/d *	Relación L/d mínimo para no requerir comprobación de deformaciones	**Tabla 50.2.2.1.a*

Cálculos previos: descimbrado y n días		
E_s	Módulo de deformación del acero	*38.4*
M_f	Momento nominal de fisuración	*50.2.2.2*
X/d	Profundidad relativa de la fibra neutra	*Anejo 8 art.2.2*
I_b	Momento de inercia bruta	
I_f	Momento de inercia de la sección fisurada	*Anejo 8 art.2.2*

Inercias y módulos de deformación		
$E_c^{(i)/(n)}$	Módulo de deformación del hormigón	*39.6*
$I_e^{(i)/(n)}$	Momento de inercia equivalente	*50.2.2.2*
$I^{(i)/(n)}$	Momento de inercia utilizado para el cálculo (I_b o I_e)	

Esfuerzos y deformaciones máximos	
M_{MAX}^{i}	Momento flector máximo en el descimbrado.
f_{inst}^{i}	Flecha instantánea en el descimbrado
M_{MAX}^{n}	Momento flector máximo a los n días
f_{inst}^{n}	Flecha instantánea máxima a los n días

Factor λ (cálculo de f_{dif})		*50.2.2.3*
λ	Factor para el cálculo de la flecha diferida	
ξ	Coeficiente en función de la duración de la carga	
ρ'	Cuantía geométrica de la armadura a compresión	

Cálculo de las flechas totales y activas		*50.2.2.3*
f_{dif}^{i}	Flecha diferida de las cargas de descimbrado.	
f_{dif}^{n}	Flecha diferida de las cargas a los n días.	
f_{tot}^{i}	Flecha total de las cargas de descimbrado.	
f_{tot}^{n}	Flecha total de las cargas a los n días.	
f_{ACTIVA}	Flecha activa.	

SECCIONES EN T

Dimensiones de la sección		Articulado EHE-08
L	Luz	
h_{ALA}	Canto del ala	
h_{ALMA}	Canto del alma	
b_{ALA}	Base del ala	
b_{ALMA}	Base del alma	
r_{inf}	Recubrimiento mecánico inferior de las armaduras	*37.2.4.*
d_c	Canto útil	

Características de los materiales		
f_{ck}	Límite elástico característico del hormigón.	
$f_{ctm,fl}$	Resistencia media a flexotracción del hormigón	*39.1*
f_{yk}	Límite elástico característico del acero.	
γ_s	Coeficiente parcial de seguridad del acero.	*15.3*
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero (armadura pasiva)	*38.3*

Disposición de las armaduras	
$\#b_{S1}$	Número de barras de la armadura traccionada.
$Ø_{S1}$	Diámetro de la armadura sometida a tracción.
A_{S1}	Área total de la armadura traccionada.
$\#b_{S2}$	Número de barras de la armadura comprimida.
$Ø_{S2}$	Diámetro de la armadura sometida a compresión
A_{S2}	Aárea total de la armadura comprimida.
$\rho_{S,TOTAL}$	Cuantía geométrica total de acero en tanto por mil.

Acciones: iniciales (descimbrado) / a los *n* días.	
$q_{izq}^{(i)/(n)}$	Valor de la carga repartida en el extremo izquierdo
$q_{der}^{(i)/(n)}$	Valor de la carga repartida en el extremo derecho
$P^{(i)/(n)}$	Carga puntual
a	Distancia entre el extremo derecho de la barra y la carga puntual
b	Distancia entre la carga puntual y el extremo izquierdo de la barra
$M^{(i)/(n)}$	Momento flector aplicado.
c	Distancia entre el extremo derecho de la barra y el momento flector
d	Distancia entre el momento flector y el extremo izquierdo de la barra
$q^{(i)/(n)}$	Carga uniformemente repartida que ocupa un tramo de la barra
e	Distancia entre el extremo derecho de la barra y el centro de la carga uniformemente repartida.
f	Distancia entre el centro de la carga uniformemente repartida y el extremo izquierdo de la barra
g	Ancho del tramo afectado por la carga uniforme.

Comprobación previa:		
L/d	Relación luz/canto útil	
L/d *	Relación L/d mínimo para no requerir comprobación de deformaciones	**Tabla 50.2.2.1.a*

Cálculos previos: descimbrado y n días		
E_s	Módulo de deformación del acero	*38.4*
M_f	Momento nominal de fisuración	*50.2.2.2*
X/d	Profundidad relativa de la fibra neutra	*Anejo 8 art.2.2 y 2.3*
I_b	Momento de inercia bruta	
I_f	Momento de inercia de la sección fisurada	*Anejo 8 art.2.2 y 2.3*

Inercias y módulos de deformación		
$E_c^{(i)/(n)}$	Módulo de deformación del hormigón	*39.6*
$I_e^{(i)/(n)}$	Momento de inercia equivalente	*50.2.2.2*
$I^{(i)/(n)}$	Momento de inercia utilizado para el cálculo (I_b o I_e)	

Esfuerzos y deformaciones máximos	
M_{MAX}^{i}	Momento flector máximo en el descimbrado.
f_{inst}^{i}	Flecha instantánea en el descimbrado
M_{MAX}^{n}	Momento flector máximo a los n días
f_{inst}^{n}	Flecha instantánea máxima a los n días

Factor λ (cálculo de f_{dif})		*50.2.2.3*
λ	Factor para el cálculo de la flecha diferida	
ξ	Coeficiente en función de la duración de la carga	
ρ'	Cuantía geométrica de la armadura a compresión	

Cálculo de las flechas totales y activas		*50.2.2.3*
f_{dif}^{i}	Flecha diferida de las cargas de descimbrado.	
f_{dif}^{n}	Flecha diferida de las cargas a los n días.	
f_{tot}^{i}	Flecha total de las cargas de descimbrado.	
f_{tot}^{n}	Flecha total de las cargas a los n días.	
f_{ACTIVA}	Flecha activa.	

FISURACIÓN

Dimensiones de la sección		EHE-08 Artículos
h_c	Canto de la sección	
b_c	Ancho de la sección	
c	Recubrimiento mecánico de la armadura inferior.	
d	Canto util: d= hc - c	

Armadura principal a tracción		
$Ø_S$	Diametro de la armadura	
$\#b_S$	Número de barras	
S	Distancia entre barras	
A_s	Area total de la armadura	

Caracteristcas de los materiales		
$f_{ck,j}$	Resistencia característica del hormigón para *j* dias	*49.2.1*
$f_{ctm,fl}$	Resistencia media a flexotracción del hormigón	*39.1*
β	Coeficiente en función de las acciones (indirectas o otros casos)	*49.2.4*

Esfuerzos de cáculo		
N_d	Axil de cálculo.	
M_d	Momento de cálculo	

Calculos		
M_f	Momento de fisuración.	*50.2.2.2*
σ_s	Tensión de servicio de la armadura.	*49.2.4*
σ_{sr}	Tensión de la armadura en la sección fisurada.	*49.2.4*
s_m	Separación media de fisuras	*49.2.4*
ε_{sm}	Alargamiento medio de las armaduras	*49.2.4*

ANEJO 1. CÁLCULO DE ARMADURAS

Simbologia		EHE-08 Artículos
$Ø_s$	Diámetro de las barras	
$\#_{barras}$	Numero de barras	
b_c	Ancho de la sección de hormigón	
h_c	Canto de la sección de hormigón	
A_s	Área total de la armadura	
A_c	Área total de la sección de hormigón	
ρ_l	Cuantía geométrica en tanto por mil	

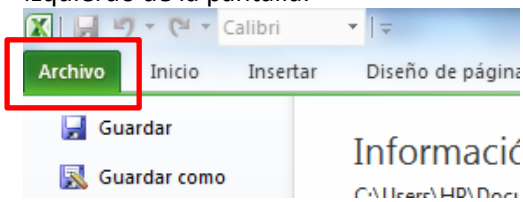
D. ANEJO

TUTORIALES DE EXCEL

FUNCIÓN *SOLVER*

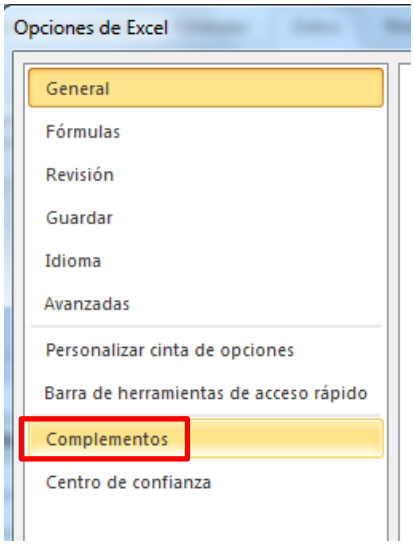
Para resolución de alguna de la hoja de Flexo-compresión, será necesario aplicar la función *solver*, puesto que algunos cálculos no se efectúan automáticamente. Es un procedimiento muy sencillo, pero es habitual que en Excel 2007 o 2010 la función *solver* (o *solve*) esté oculta. De modo que, para poder acceder a ella, deberemos proceder del siguiente modo:

Primero clicamos sobre la pestaña "***Archivo***", apareciendo una lista de opciones en el lado izquierdo de la pantalla.

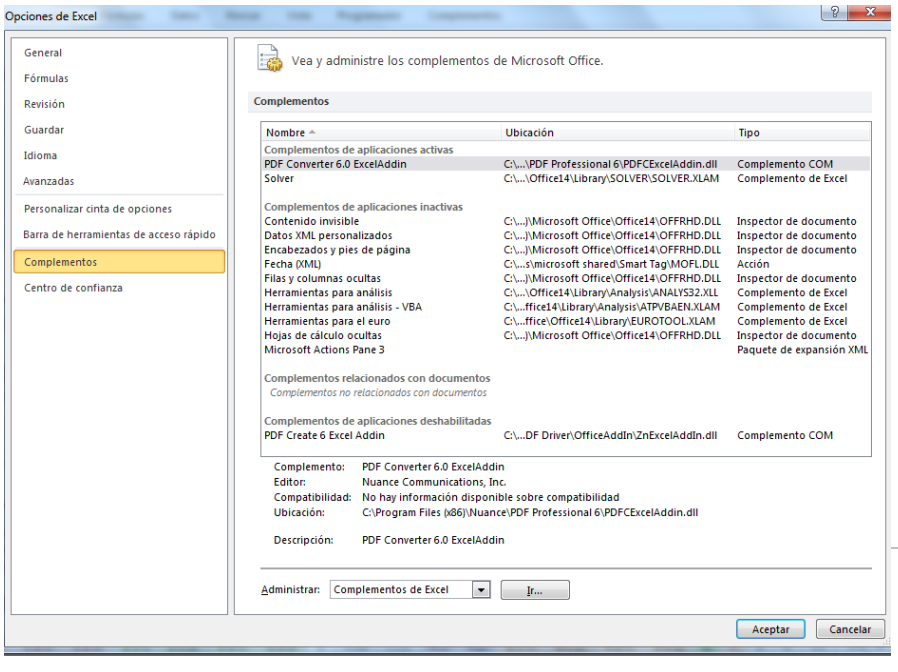




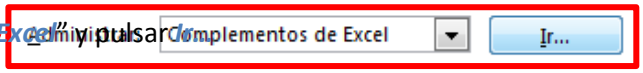
Deberemos clicar en el apartado "***Opciones de Excel***", que hará que se abra una ventana. Y se elige la opción "***Complementos***".



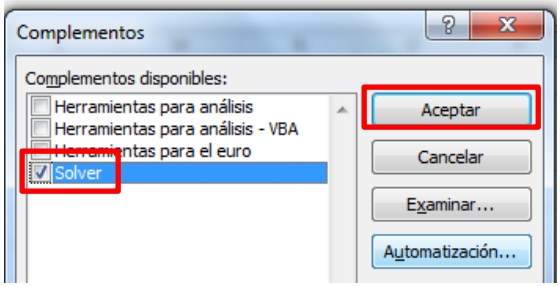
En la parte inferior de la ventana que se abre, aparece la palabra *Administrar* y junto a ella una lista desplegable:



Debe seleccionarse la opción "***Complementos de Excel***" y pulsar *Ir...*

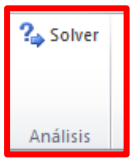


Llegados a este punto, se selecciona la opción □***Solver*** y se pulsa ***Aceptar***.

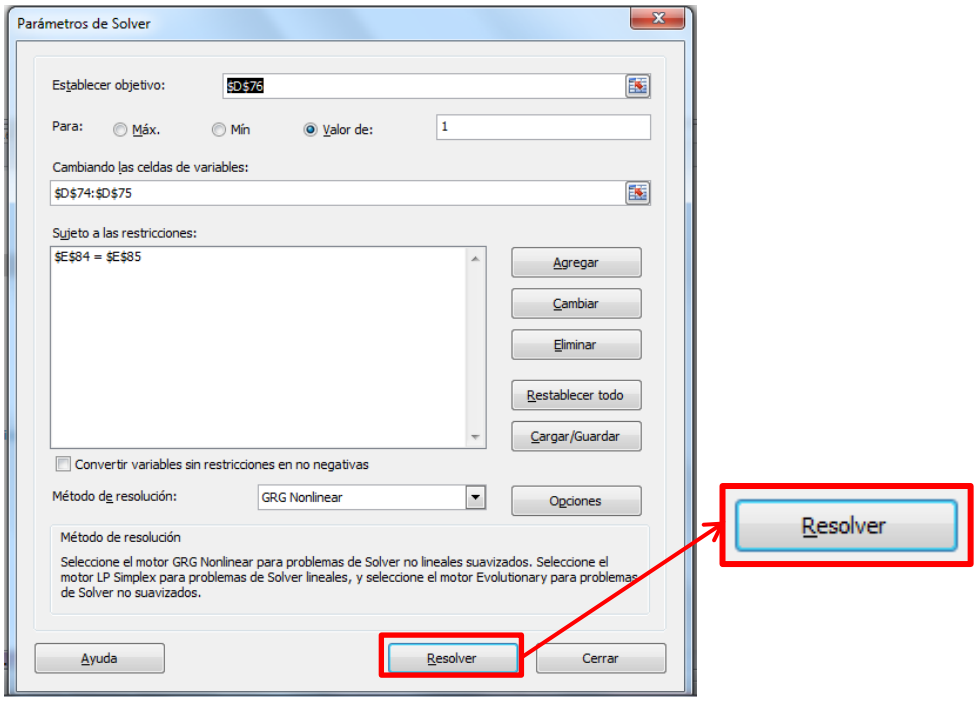


Si se está utilizando *Excel 2007,* puede suceder que el ordenador solicite permiso para la instalación de este complemento, se debe aceptar la instalación.

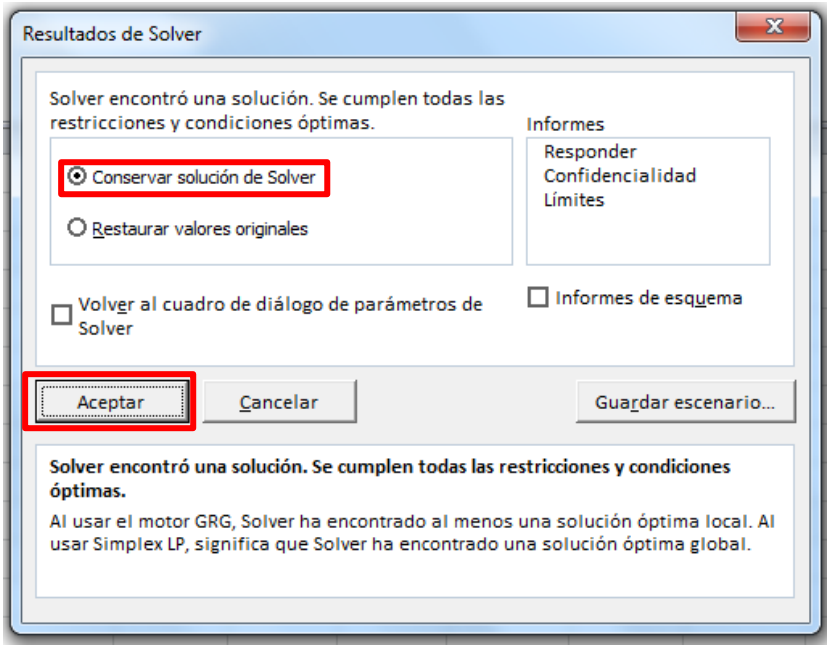
Una vez realizado todo este procedimiento, la opción *solver* ya será visible. Se encontrará en la pestaña ***Datos*** en el subapartado denominado ***Análisis***.



Al clicar la opción ***Solver*** se abrirá una ventana, en la que no se deberá modificar nada, tan solo clicar el botón ***Resolver***.



A continuación se abre una ventana en la que podemos seleccionar diversas opciones, por defecto aparece marcado ***Conservar solución de Solver***, por lo que se debe Aceptar (si no saliera marcada esta opción por defecto, deberá seleccionarse).



Seguidamente, se podrá observar como se modifican los datos del apartado de *Resultados* de la hoja de cálculo y cómo cambia el grafiado del eje neutro.