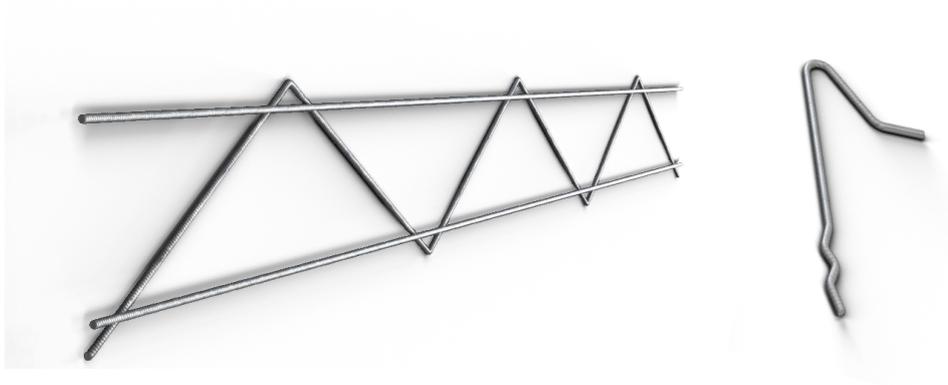


MANUAL DE USO

CONECTORES PARA PANELES SIN PUENTE TÉRMICO (SANDWICH)

Elementos: CEL, PIN, CEL-V

Versión 02 (06/2020)



Índice

1. Introducción	4
2. Descripción del sistema	4
3. Dimensiones y materiales	5
3.1. Dimensiones	5
3.1.1. Celosía	5
3.1.2. Pincho.....	7
3.1.3. Conector viga.....	8
3.2. Materiales.....	8
3.2.1. Celosía	8
3.2.2. Pincho.....	9
3.2.3. Conector viga.....	9
4. Producción.....	9
4.1. Tolerancias	9
4.2. Control de calidad	10
5. Consideraciones estructurales.....	10
6. Capacidades.....	11
6.1. Celosía.....	11
6.2. Pincho	11
6.3. Conector viga	12



7.	Modelo de cálculo.....	13
8.	Durabilidad	14
9.	Conductividad térmica	15
10.	Principios de uso.....	16
10.1.	Corte de los conectores.....	16
10.2.	Selección medida (ancho) de la celosía	17
10.3.	Selección medida conectores suplementarios	19
10.3.1.	Selección medida pincho	19
10.3.2.	Selección ancho conector viga.....	20
11.	Ejemplos	21
12.	Colocación conectores	25
12.1.	Consideraciones.....	25
12.2.	Pasos a seguir.....	26

1. Introducción

La necesidad de mejorar el comportamiento térmico de los paneles prefabricados de hormigón ha llevado a la utilización de varios sistemas para resolver la problemática existente.

La solución más completa, es el uso de conectores para poder ejecutar con fiabilidad y rapidez la producción de los paneles prefabricados.

2. Descripción del sistema

Según se describe en la norma UNE-EN 14992:2008 +A1:2012, para los elementos de muro, se describe como elemento sándwich aquel que no tiene continuidad de hormigón entre la capa exterior e interior (puente térmico), por tanto, capa asilamiento continuo entre ambas capas de hormigón.

Los conectores se determinan en base a dos conceptos:

- Las celosías transfieren el peso de la capa exterior a la capa interior, que sería la denominada como capa portante. La capa exterior es meramente una cobertura de la capa de aislamiento dispuesta, así como el elemento arquitectónico exterior. **Normalmente la capa exterior tiene un grueso no menor de 6 cm.**
- Conexión de las dos capas de hormigón, la exterior y la interior, para hacerlas trabajar en conjunto. Esta conexión permite tener mejores prestaciones en cuanto a compresión y flexión.

La distribución de los conectores se realiza de manera uniforme en la superficie del panel, dicha distribución vendrá definida según características particulares del propio panel (medidas, uso, etc.).

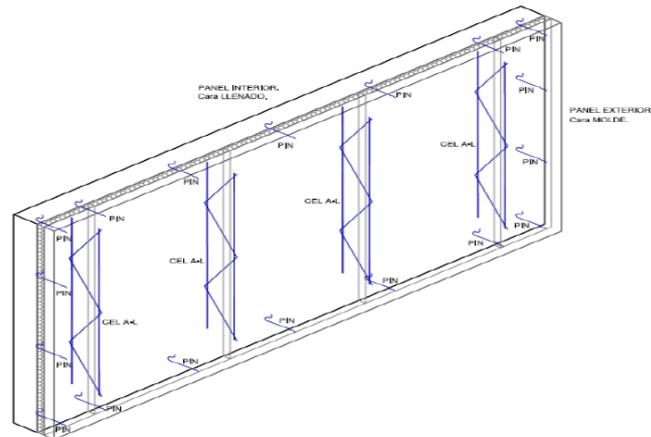


Figura 2.1 Distribución de celosías CEL en un panel

3. Dimensiones y materiales

3.1. Dimensiones

3.1.1. Celosía

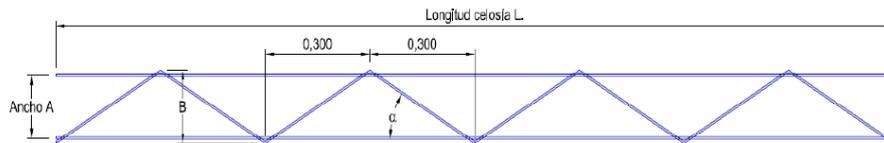


Figura 3.1 Cotas generales de la celosía CEL

En función del ancho de la celosía (valor A entre ejes de las barras verticales), se define el valor de B y el ángulo α que conforma la diagonal con la barra vertical.

Limitación longitud celosía: Valor máximo de 2400 mm (2,40 mts.)

Longitudes estándar: 2400 mm, 1800 mm y 1200 m.

Valor mínimo recomendado de A: 90 mm.

Valor máximo de A: (no definido).

Valor del ancho B: A+30 mm.

Se definen a continuación algunos de los casos más habituales, para medidas diferentes, consultar con departamento técnico.

Designación estándar: CEL Ancho-Longitud.

Designación	A (mm)	Ángulo α (°)
CEL-90_L	90	21
CEL-120_L	120	26
CEL-130_L	130	27
CEL-160_L	160	31
CEL-170_L	170	32
CEL-200_L	200	37
CEL-210_L	210	38
CEL-240_L	240	42

Tabla 3.1 Designación y ancho de las celosías CEL

3.1.2. Pincho

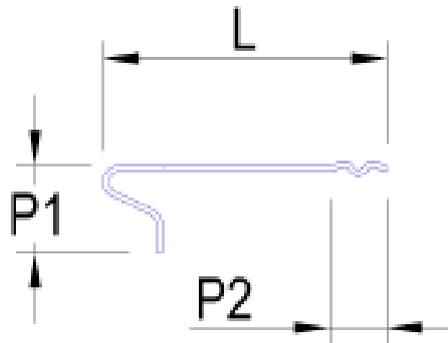


Figura 3.2 Cotas generales del conector PIN

Limitación longitud pincho: Valor mínimo L de 110 mm.

El diámetro de la barra corrugada inoxidable es de 4 mm.

Las medidas P1 y P2, son fijas, no dependen de la longitud del pincho.

La medida P1, es aproximadamente, de unos 70 mm.

La medida P2, de unos 40 mm.

La medida variable es la longitud L, que depende de las características del panel prefabricado (grosor panel, aislamiento, etc.), y de la posición del mismo (vertical o inclinado a 45°).

3.1.3. Conector viga

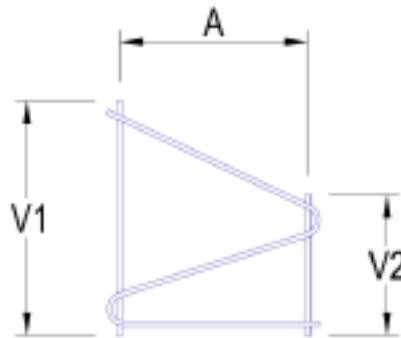


Figura 3.3 Cotas generales del conector viga

Limitación longitud pincho: Valor mínimo A de 90 mm.

Las diagonales como las barras rectas, son de 5 mm diámetro.

Las medidas P1 y P2, son fijas, no dependen de la longitud del pincho.

La medida V1, es aproximadamente, de unos 250 mm.

La medida v2, de unos 150 mm.

La medida variable es el ancho A, que se recomienda que sea, para un mismo panel, el valor A de la celosía + 10 mm, por lo tanto, si se utiliza una CEL120, el conector viga será CEL-V 130.

3.2. Materiales

3.2.1. Celosía

- Diagonal (barra lisa):
 - Acero inoxidable Ø5 mm.; AISI 304 (1.4301).
- Barras verticales:
 - Barras corrugadas Ø5 mm: B500sd.

3.2.2. Pincho

- Barra corrugada:
 - Acero inoxidable Ø4 mm: AISI 304 (1.4301).

3.2.3. Conector viga

- Diagonal (barra lisa):
 - Acero inoxidable Ø5 mm.; AISI 304 (1.4301).
- Barras verticales:
 - Barras corrugadas Ø5 mm: B500sd.
 - Acero Inoxidable AISI 304 (1.4301):
 - Límite elástico $\sigma_{<0,2\%}$: 500 N/mm²
 - Valor último a tracción: 750 N/mm²
 - Acero B500sd:
 - Límite elástico: 500 N/mm².
 - Valor último a tracción: 550 N/mm².

4. Producción

El proceso de producción para los elementos anteriormente descritos es el siguiente:

Las celosías son producidas de manera semiautomática, en tanto al proceso de soldadura como el de cortado del producto y son agrupadas en paquetes de 10 unidades.

Los pinchos son cortados y doblados mecánicamente.

4.1. Tolerancias

- Longitud: ± 10 mm.
- Ancho (A): ± 5 mm.
- Distancia entre doblado diagonal: ± 5 mm.

4.2. Control de calidad

El control de la calidad en la producción se rige por la norma definida en el mercado CE disponible (Nr. 0370-CPR-1685).

5. Consideraciones estructurales

Los conectores, deben garantizar la correcta conexión entre la capa exterior e interior del panel prefabricado, para soportar y transferir los esfuerzos que se originan de diferente naturaleza.

Las diferentes situaciones que pueden generar esfuerzos en el panel pueden ser, las más importantes, las siguientes:

- Manipulación del panel prefabricado (desmolde, transporte, montaje, etc.)
- Peso propio de la capa exterior (en situación de panel asimétrico).
- Solicitaciones debido al efecto de la retracción y dilatación del hormigón.
 - Proceso de retracción hormigón en fase inicial.
 - Efecto térmico que debe soportar el panel en su vida útil. Gradiente térmico entre panel exterior e interior
- Efecto de esfuerzos horizontales en su vida útil.
 - Efecto del viento, sea succión o presión, según CTE.

Debe ser considerada la combinación de los diferentes esfuerzos antes mencionados y que el panel pueda soportar la peor de las combinaciones.

Cabe destacar las diferentes fases por la que el panel debe pasar antes de su puesta definitiva en la estructura final.

6. Capacidades

6.1. Celosía

- Valor característico de la soldadura $F_{kSold} = 7 \text{ kN}$.
- Capacidad MAX de la conexión $F_{dSold} = 5,6 \text{ kN} = 560 \text{ kg}$.

El anclaje mínimo recomendable (R_o y R_i) es de **25 mm**, lo cual garantiza el valor máximo de la capacidad de 5,6 kN.

En el caso de que disminuya dicho valor, hasta un mínimo de **15 mm**, la capacidad de la conexión se reduce hasta un **valor de 4,1 kN**.

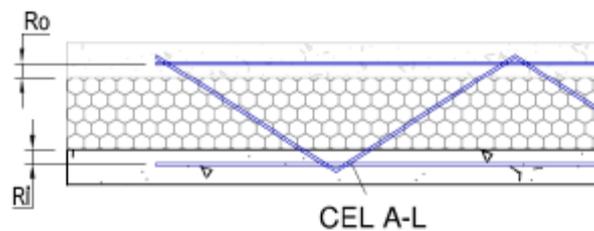


Figura 6.1 Cotas de anclaje mínimas CEL

6.2. Pincho

- Valor sección acero:
 - Diámetro 4 cm; $A_s = 12,56 \text{ mm}^2$
 - Tensión límite elástico: 500 N/mm^2 .
 - Valor $f_{yd} \leq 400 \text{ N/mm}^2$
 - $N_{Rk} = 5,02 \text{ kN}$.
 - $N_{Rd} = 3,35 \text{ kN}$.

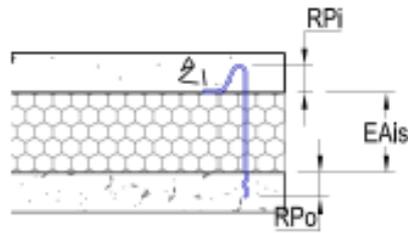


Figura 6.2 Cotas de anclaje mínimas PIN

Los valores de RPo y RPi, son 50 y 40 mm, respectivamente.

Por normal general, el pincho tiene, como mínimo, 90 mm más que el espesor del aislamiento principal.

6.3. Conector viga

- Capacidad aproximada:
 - $V_{Rd} = 1,10 \text{ kN}$

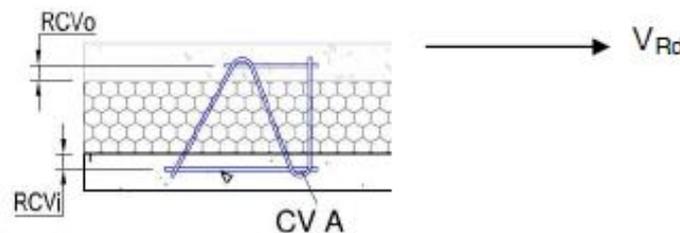


Figura 6.3 Cotas de anclaje mínimas conector viga

Los valores de RCVo y RCVi recomendables son 30 mm

Por normal general, el conector viga tiene, como mínimo, 60 mm más que el espesor del aislamiento principal.

7. Modelo de cálculo

En base a los esfuerzos a soportar por el panel, según sea la naturaleza de la acción (peso propio, viento, térmico, etc.), el esquema de fuerzas que se generan en el conector puede variar.

De esta manera podemos definir los siguientes modelos de cálculo (esquema de fuerzas), para cada modelo de conector.

Situación de viento, succión molde, etc. (fase inicial en horizontal y fase final en vertical).

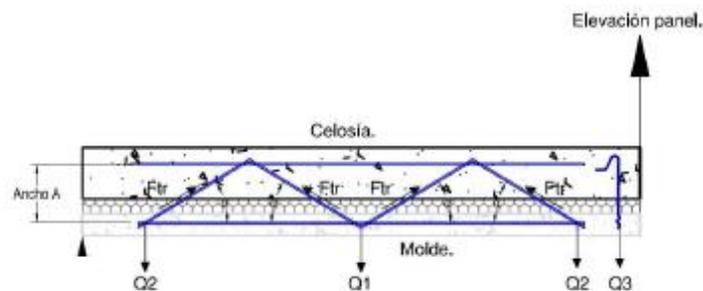


Figura 7.1 Esquema de carga externa aplicada sobre el panel

En esta situación, las diagonales están en tracción, debido al efecto de las cargas Q2 y Q1, que pueden derivarse de peso propio del panel, succión en molde en desmoldado del panel, succión viento, etc.

El valor de la Ftr, es en función de la carga y del ángulo de la diagonal con la horizontal (valor α).

Es importante un buen anclaje en el hormigón, tanto en la capa inferior como en la exterior.

Para el conector PINCHO, definido en la parte derecha del croquis, se determina una componente directamente de tracción, en cuanto su posición sea la descrita. Este elemento es secundario.

Situación de carga peso propio del panel exterior, sin contar combinación con carga succión viento o térmica.

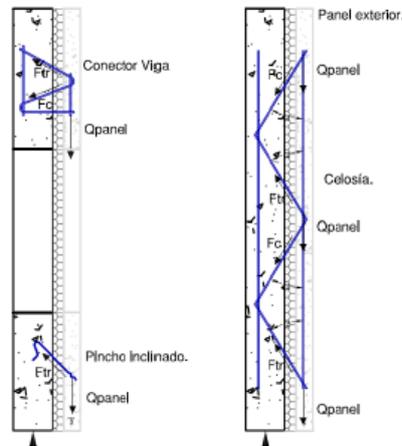


Figura 7.2 Esquema de cargas de peso propio sobre el panel

Debido a la carga vertical del panel exterior, se producen unas fuerzas en los conectores, unas de tracción (F_{tr}) y otras de compresión (F_c).

8. Durabilidad

Los elementos embebidos en el hormigón son barras corrugadas B500sd, para garantizar su adherencia entre ambos materiales, tal como define la norma estructural EHE.

Según se define en la EHE, en caso del ambiente en que este expuesto el panel, tanto sea la capa exterior como la interior, se definirá un recubrimiento mínimo para la armadura y, así mismo, para el conector, según sea su posición.

Pudiera ser una opción, en el caso que sea necesario, realizar la barra vertical corrugada alojada en el panel exterior, de acero inoxidable, si es que se requiere mayor recubrimiento pero no es posible por grosor de la capa exterior del panel.

Un apunte al respecto de los recubrimientos, es que se debe considerar la resistencia al fuego según recomendaciones en la propia EHE.

Los elementos que atraviesan la zona de aislamiento son siempre en acero inoxidable, en este caso AISI 304 (1.4301).

9. Conductividad térmica

La razón principal para el uso de los conectores descritos en esta memoria, es la mejora de la respuesta térmica al respecto de otras tipologías de cerramiento (sea panel prefabricado u otra modalidad).

La resistividad térmica R o la transmitancia térmica $U = 1/R$ del panel prefabricado, depende de los parámetros térmicos de los elementos como el hormigón, el aislamiento y de los conectores metálicos que se emplazan en el propio panel.

Los conectores definidos tienen que tener la menor conductividad térmica posible.

El acero inoxidable AISI 304 (1.4301) a temperatura ambiente de 20°C, tiene una conductividad de 14-16 W/m⁰K, aproximadamente.

El acero normal, este valor es de 47-58 W/m⁰k.



Figura 9.1 Celosías colocadas en panel horizontal sin puente térmico

Caso panel aligerado en capa interior

10. Principios de uso

Una vez determinadas las geometrías, capacidades, cargas, etc., de los conectores, panel prefabricado, situación panel, etc., se define el uso de los mismos en varios ejemplos que pueden ayudar a su mejor comprensión.

10.1. Corte de los conectores

Un aspecto importante antes de desarrollar los ejemplos, es al respecto de la longitud de los conectores celosía.

Según se ha descrito, las longitudes estándar de fabricación son de 2400, 1800 y 1200 mm, puede existir la situación de tener paneles de menor anchura o aberturas como ventanas y puertas, por lo que se deben cortar las celosías para encajarlas en dichas situaciones.

El corte de las celosías SOLO SE PUEDE REALIZAR EN LA ZONA INDICADA A CONTINUACIÓN:

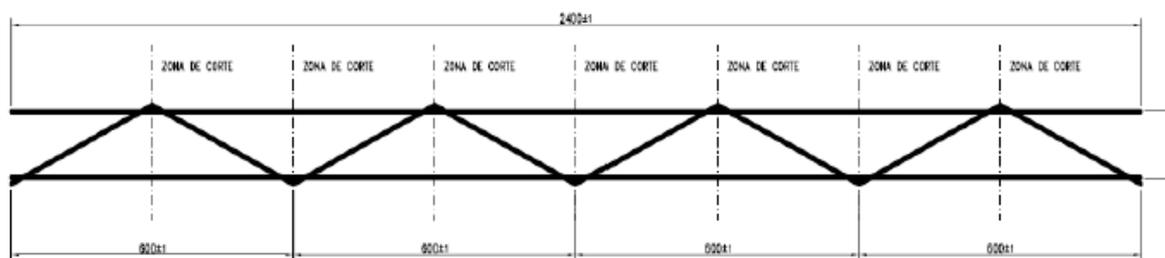


Figura 10.1 Zonas de corte de las celosías CEL

Se puede cortar, únicamente y exclusivamente entre las dos zonas soldadas, en la zona de doblado de la diagonal en el punto exterior a la barra vertical.

De ello se consigue de una pieza de 2400 mm, varias piezas de medidas diferentes, pero teniendo en cuenta que la medida mínima para ser utilizada es de 600 mm (0,60 mts), una medida sobrante menor, **NO DEBE SER UTILIZADA**.

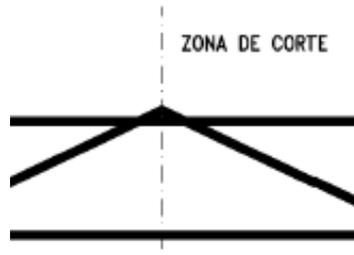


Figura 10.2 Detalle zona de corte

10.2. Selección medida (ancho) de la celosía

Un primer aspecto a determinar, es la selección del ancho de la celosía, valor A. Este valor depende de la geometría del propio panel y de la distribución geométrica de las dos capas de hormigón y del espesor de aislamiento.

Para ello, podemos definir, al menos, tres tipologías típicas en las que podemos determinar la condición para el ancho de la celosía.

- **Panel simétrico:**
 - Panel en que las dos capas de hormigón tienen la misma geometría (espesor) y están separadas por la capa de aislamiento continuo.
- **Panel asimétrico (una capa):**
 - Panel en que una de las capas tiene el espesor mínimo de 60 mm (capa exterior) y la interior sería la capa portante de mayor grosor.
- **Panel asimétrico (aligerado):**
 - Panel en que una de las capas tiene el espesor mínimo de 60 mm (capa exterior) y la interior sería la capa portante de mayor grosor. En este caso, existe una segunda capa de aislamiento para aligerar y mejorar aislamiento térmico.

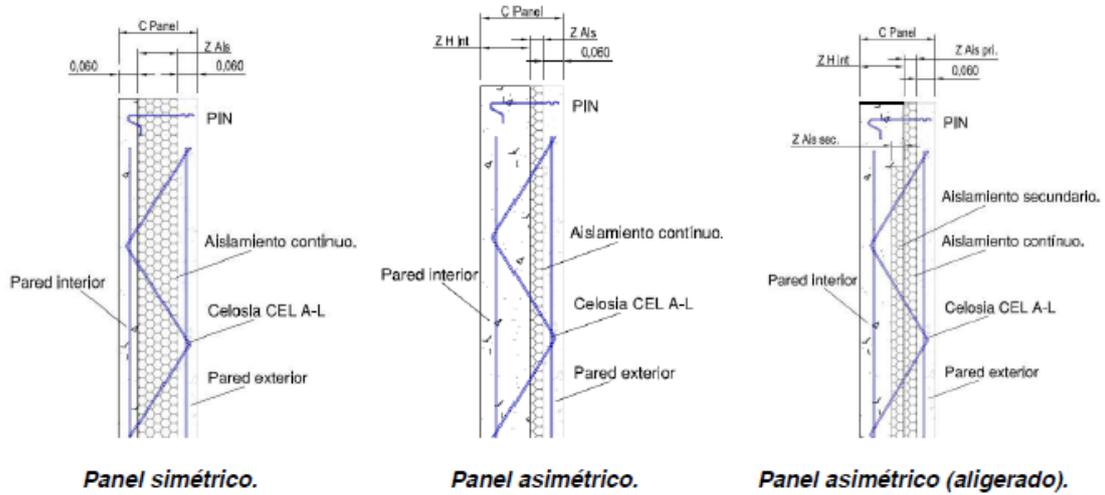


Figura 10.3 Disposición de celosías i conectores según el tipo de panel

Grosor TOTAL panel prefabricado	PANEL SIMÉTRICO Posición horizontal	PANEL SIMÉTRICO Posición vertical	PANEL ASIMÉTRICO Panel horizontal	PANEL ASIMÉTRICO Posición vertical
16 cm	CEL 90/L	Consultar	CEL 90/L	Consultar
20 cm	CEL 130/L	Consultar	CEL 120/L	CEL 120/L
24 cm	CEL 170/L	Consultar	CEL 160/L	CEL 160/L
28 cm	CEL 210/L	Consultar	CEL 200/L	CEL 200/L

Figura 10.4 Elección de la celosía CEL según la tipología del panel

10.3. Selección medida conectores suplementarios

Como elementos suplementarios definimos los pinchos y los conectores viga. En los ejemplos siguientes se definirá su utilización.

10.3.1. Selección medida pincho

Para el caso del pincho, la medida viene definida por la geometría mínima (según croquis siguiente) y la medida definida por la posición de la armadura (malla).

Grosor TOTAL panel prefabricado	PANEL SIMÉTRICO Aislamiento 4 cm	PANEL SIMÉTRICO Aislamiento 8 cm	PANEL ASIMÉTRICO Aislamiento 12 cm	PANEL ASIMÉTRICO Aislamiento 16 cm
16 cm	PIN 130	--	--	--
20 cm	PIN 160	PIN 170	--	--
24 cm	PIN 200	PIN 200	PIN 210	--
28 cm	PIN 240	PIN 240	PIN 240	PIN 250

Figura 10.5 Elección del conector PIN según la tipología de panel

En el caso del pincho en posición inclinada (a unos 45°, aproximadamente), la medida del pincho es diferente al determinado anteriormente, este elemento debe ser más largo.

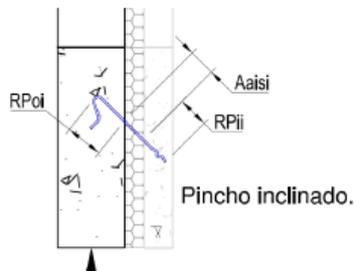


Figura 10.6 Conector PIN colocado de forma inclinada

Los valores mínimos de RPoi y RPii, son 50 y 40 mm, respectivamente.

La longitud mínima del pincho será RPoi + Aaisi + RPii, con:

$$Aaisi = \frac{\text{AnchoAisla}}{\cos 45^\circ} = \frac{\text{AnchoAisla}}{0,707}$$

Por ejemplo, si tenemos un aislamiento de 80 mm de grosor, la medida mínima del pincho será de 40+113+50=203 mm, medida recomendada de 210 mm.

10.3.2. Selección ancho conector viga

Siguiendo el mismo concepto que el ancho de la celosía, se recomienda definir el ancho de este conector de igual medida o 10 mm más ancho.

Los valores de RVCo y RCVi recomendables son 30 mm.

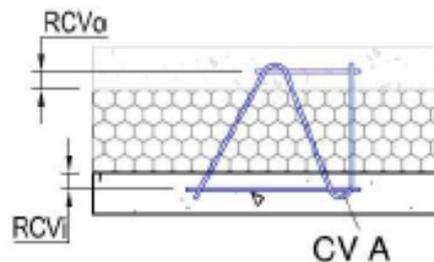


Figura 10.7 Cotas de anclaje mínimas conector viga

Por normal general, el conector viga tiene, como mínimo, 60 mm más que el espesor del aislamiento principal.

11. Ejemplos

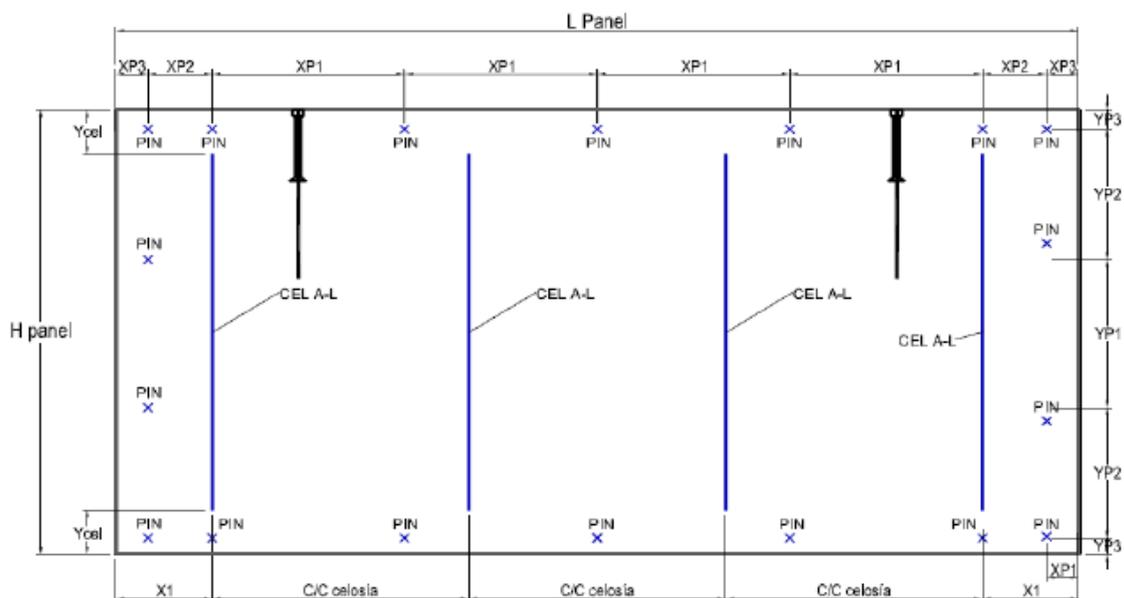
Una vez determinada las medidas de los conectores, su ubicación y uso en el panel, depende de varios parámetros, juntamente con la verificación de la capacidad portante.

Uno de los aspectos principales, es si el panel será en posición horizontal o vertical.

Cabe destacar que todos los paneles, por norma general, se fabrican, manipulan y transportan en posición horizontal, aunque, según casos, su posición final sea vertical.

PANEL HORIZONTAL (posición final una vez montado en obra):

El caso estudiado es panel horizontal, con unas medidas L panel y H panel.



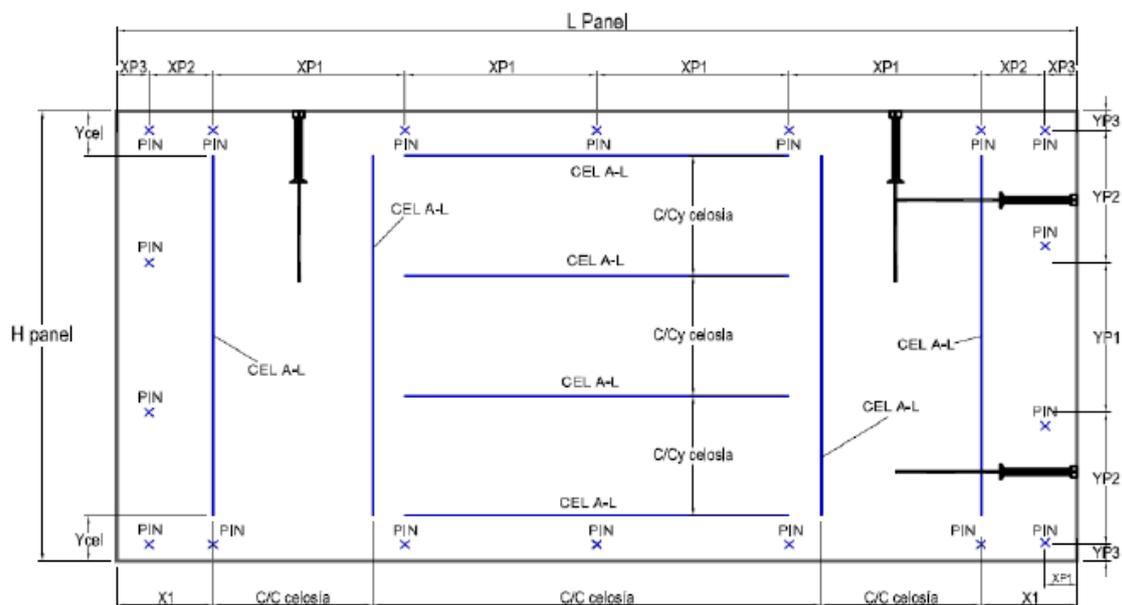
Consideraciones:

- Distancia C/C celosía, según cálculo, pero valor máximo recomendado de 800 mm. Se puede optimizar según caso particular.
- Distancia X1 (valor extremo celosía), no menor de 100 mm, recomendable no inferior a 200 mm.

- Distancia Ycel (distancia extremos verticales celosía), no menor a 50 mm. (Se recomienda tener más distancia, por ejemplo para un panel con una medida de $H_{panel} = 250\text{ cm}$ @ longitud celosía de 180 cm.)
- Distancia entre pinchos, XP1 e YP1, no mayor de 600 mm, aproximadamente. Valores de XP2 e YP2, residual de distribución, menores de 600 mm.
- Distancia extremos pinchos, XP3 e YP3, recomendado 100 mm.

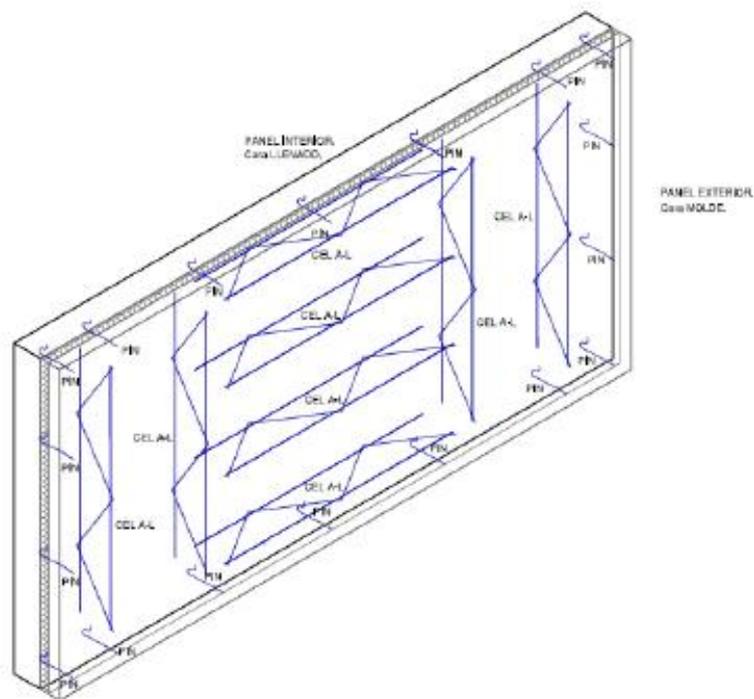
PANEL VERTICAL (posición final una vez montado en obra):

El caso estudiado es panel vertical, con unas medidas L panel y H panel.



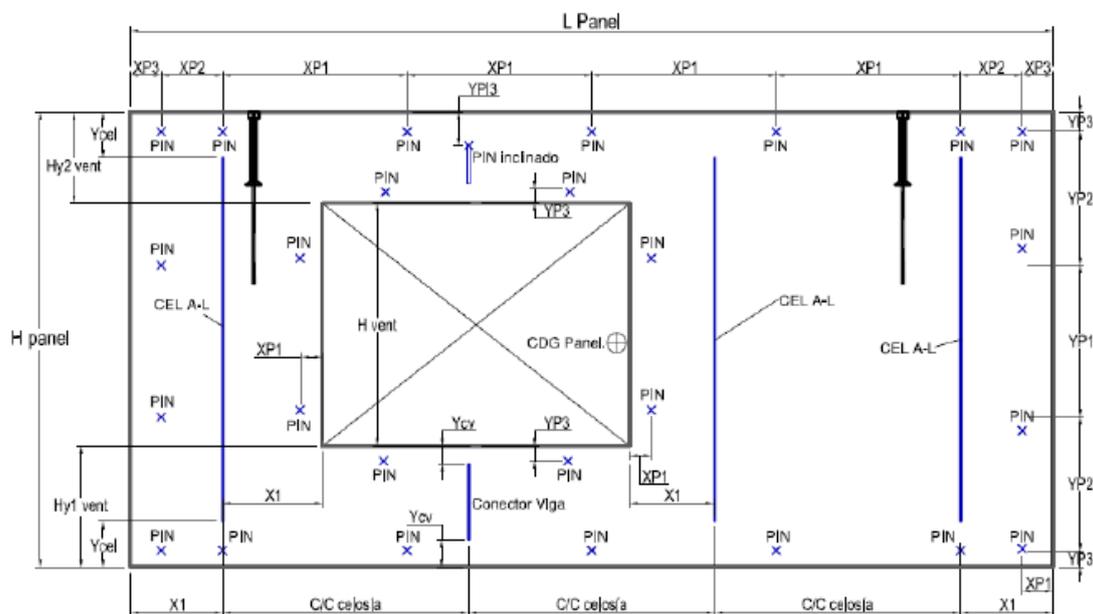
Consideraciones añadidas con respecto a panel horizontal:

- Distancia C/Cy celosía: Este valor viene dado por la comprobación de conectores necesarios para cuando el panel está en posición vertical en la fase final tras montaje del mismo.
- Longitud de la celosía horizontal (en el croquis): Según cálculo, pero normalmente este elemento tiene una longitud de 120 cm, para tener una distancia entre las celosías verticales de 160 mm, el doble de 80 cm (medida recomendable CC/celosía).



PANEL HORIZONTAL CON VENTANA:

El caso estudiado es panel horizontal, con unas medidas L panel y H panel.



En la zona de la abertura (ventana), se han descrito dos opciones para cuando no se puede disponer la celosía como en casos anteriores.

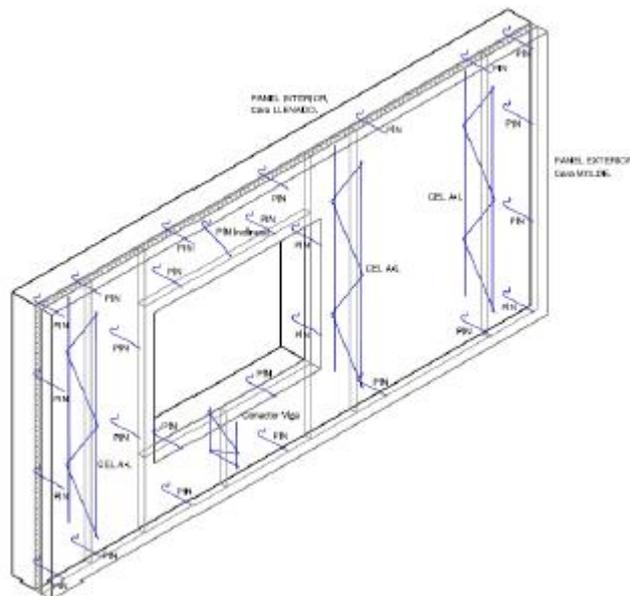
Esta situación se da cuando el valor de $H_{y1 \text{ vent}}$ es inferior a 610 mm.

Similar para el caso de la cota superior de la ventana $H_{y2 \text{ vent}}$.

Estas dos opciones son el conector viga y/o el pincho inclinado.

Consideraciones añadidas con respecto caso anterior:

- Distancia Y_{cv} (distancia extremos verticales conector viga), no menor a 50 mm.
En este caso límite inferior panel y cota inferior ventana.
- Distancia extremo pincho inclinado, Y_{Pi3} , recomendado 100 mm.



12. Colocación conectores

12.1. Consideraciones

Tras haberse definido la medida y cantidad de conectores (CEL y PIN) en el panel a producir, para la colocación de los mismos se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Seguir la planilla de producción acorde al diseño y cálculos realizados.
- Para colocar las celosías y los pinchos, el hormigón de la primera capa (la que está en contacto con el molde) **no haya empezado a fraguar**, de lo contrario no se puede garantizar que el anclaje de los conectores sea el correcto y por tanto la ineficiencia de la conexión, pudiéndose producir una situación inesperada y peligrosa (**desconexión de la primera capa de hormigón con respecto a la capa final superior**).
- Las celosías CEL ni el conector viga CEL-V, **no pueden colocarse A TRAVÉS** del aislamiento, se deben colocar alternativamente con las placas de aislamiento.
- Los conectores PIN, se colocan a través del aislamiento (“pinchando” el conector a través)
- **MUY RECOMENDABLE** tener preparadas las placas de aislamiento con las medidas definidas en la planilla de producción para **evitar alargar el tiempo de fabricación del panel = riesgo de fraguado del hormigón en primera capa**.

12.2. Pasos a seguir

1. Colocación de la armadura de la capa de hormigón en contacto con la mesa del molde (malla correspondiente con sus respectivos separadores según planilla de producción, barras perimetrales, etc.).
 - a) En el caso de paneles simétricos (ver croquis página 9), también colocar los elementos de elevación correspondientes, puesto que posiblemente incidirán en las dos capas del panel.
 - b) También existe la posibilidad de replantear las celosías sobre la malla inferior (mediante un par de puntos de soldadura) y de esta manera ya están ya colocados. Esta opción requiere cierta precisión y premontaje previo.
2. Caso habitual es **colocar alternativamente las placas de aislamiento (según planilla de producción) y las celosías CEL definidas en la dicha planilla**. Colocar las placas de aislamiento lo más ajustadas posibles a la celosía colocada anteriormente.
 - a) En la colocación de la celosía con el hormigón fresco de la primera capa, mover longitudinalmente y apretar con fuerza la celosía para garantizar el correcto recubrimiento de la misma en el hormigón. Revisar la posición final aproximada de la celosía (según planilla).
3. Colocar la armadura (y elementos definidos en planilla) de la capa superior de hormigón (malla superior, barras de refuerzo, etc.).
4. Tras colocar la armadura, **colocar los conectores PIN a través de las placas de aislamiento**, sea en la posición vertical (caso habitual) o inclinada (casos especiales). Colocación según definido en planilla.
 - a) Para la correcta colocación del PIN, se recomienda “pincharlo” a través del aislamiento hasta tocar fondo molde, subirlo un poco y sacudirlo para que el hormigón se compacte mejor alrededor del mismo. Comprobar posición final.
5. Por último, llenar la capa superior con hormigón.