

ANEXO B

EFECTO RASANTE EN PANELES

B.1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

Frente a la posibilidad de aplicar en los extremos del panel cargas de todo tipo, horizontales, verticales e inclinadas, surge la necesidad de analizar el comportamiento del elemento ante el efecto de rasante. La armadura del panel, compuesta por los conectores transversales crea, como ya se ha visto, un comportamiento en conjunto del panel, sin embargo al aplicar sobre éste diferentes acciones, se pueden producir deslizamientos sobre el eje horizontal que creen un desprendimiento total de la armadura de unión, dejando libres las masas de hormigón y mortero, actuando de forma independientemente, esto finalmente da lugar a un estudio del efecto de rasante.

Por lo anterior, el **objetivo** primordial de este estudio es el de analizar el comportamiento de los paneles aligerados ante un posible efecto rasante que se pudiera presentar, aplicando sobre él varios tipos de cargas. De esta manera se quieren analizar los puntos débiles que tenga el panel, para de esta manera contrarrestar y dar pautas para evitar tal efecto.

Para llevar a cabo lo anterior se realizó una corroboración para diferentes tipos de acciones, utilizado como herramienta de análisis el modelo numérico propuesto anteriormente. Se tomaron como base para el modelo, los paneles ensayados a flexión estudiados en el capítulo 7, los cuales están conformados por poliestireno expandido de 120 mm; con espesores de capas de mortero de 50 mm para la capa superior y 40 mm en la capa inferior. Cada panel con una luz libre de 2.850 mm, un ancho de 900 mm y un espesor total 210 mm. Para cada panel se efectuaron dos modelos de barras con y sin zuncho en los costados laterales, tal y como se efectuó el ensayo.

De los resultados obtenidos mediante el modelo se analizan los conectores que tengan mayores desplazamientos en el eje x y así poder tener un posible efecto de rasante.

La figura B.1, muestra la conformación geométrica del modelo de barras; los números del 1 al 86, especifican la enumeración para cada uno de los nudos, igualmente los números del 1 al 43, la enumeración de los conectores.

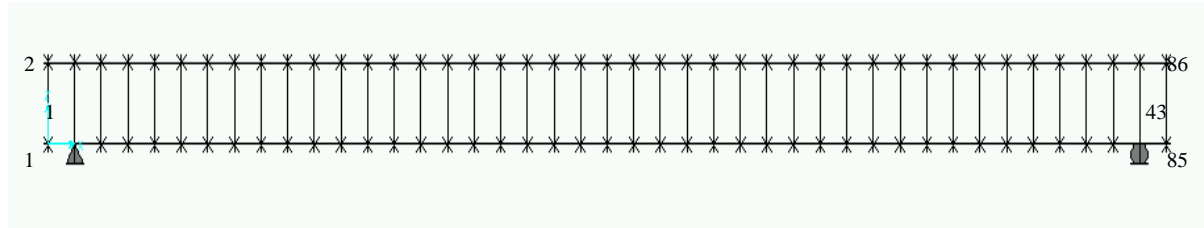


Figura B.1: Conformación geométrica del modelo de barras

Se modeló, como lo muestra la figura anterior, una viga tipo celosía de 3.150 mm de luz (luz libre de 2.850 mm), compuesto por 43 conectores de acero de diámetro 3 mm, separados cada 75 mm (S), donde la longitud de cada conector es de 150 mm.

Se efectuaron cuatro modelos con diferentes casos de cargas para cada uno de los paneles (EPS 120 mm con y sin zuncho).

- Caso 1: Carga puntual a 1/3 de la luz.
- Caso 2: Carga horizontal. (aplicada en un extremo)
- Caso 3: Carga inclinada 45°. (aplicada en un extremo)
- Caso 4: Carga inclinada 45° a 1/3 de la luz.

Las cargas aplicadas son las correspondientes a la mitad de la carga de rotura de los paneles, tomando una carga de rotura 30 kN, la carga aplicada es de 15,0 kN. Para una sección de 215 mm que es la sección utilizada dentro del modelo, la carga aplicada es de **3,58 kN**.

B.2. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS

A continuación se analizarán los resultados, para cada una de los diferentes casos.

B.2.1. Caso 1: Carga Puntual a 1/3 de la luz

La carga aplicada para este primer análisis, corresponde a una carga de 3,58 kN, que sería la carga para una sección de 215 mm. La figura B.2 muestra exactamente donde fue aplicada la carga en el panel dentro del modelo.

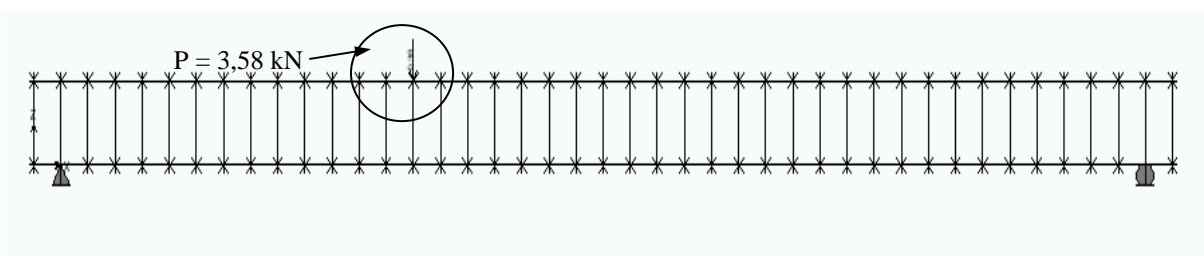


Figura B.2: Aplicación carga no simétrica (SAP 2000)

La figura B.3 muestra la deformada de ambos paneles, panel sin zuncho figura B.3 (a) y con zuncho figura B.3 (b).

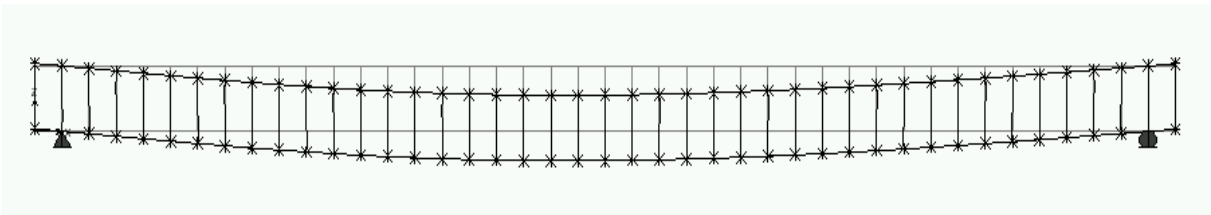


Figura B.3 (a): Panel EPS 120 mm, sin zuncho – Deformación carga no simétrica

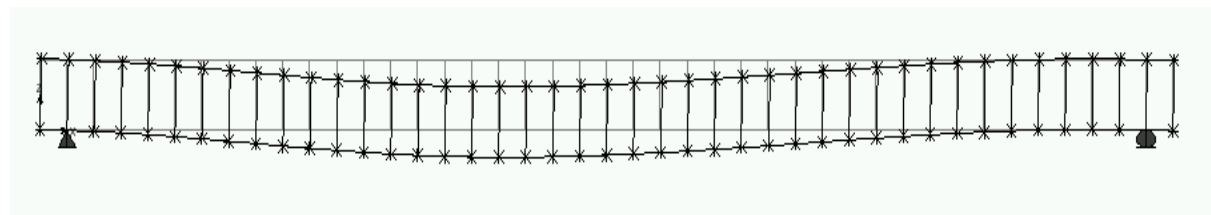


Figura B.3 (b): Panel EPS 120 mm, con zuncho – Deformación carga no simétrica

La tabla B.1, muestra los resultados obtenidos de los desplazamientos en el eje horizontal (eje x) y eje vertical (eje z), para cada uno de los nudos que conforman el panel (panel EPS 120 mm con y sin zuncho), igualmente la tabla muestra los desplazamientos relativos obtenidos en el eje x, es decir para cada pareja de nudos.

| | Nudo N° | EPS 12 sin zuncho | | | EPS 12 con zuncho | | |
|--------------------|------------|-------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|------------------|
| | | Eje X | Desp. Relat | Eje Z | Eje X | Desp. Relat | Eje Z |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | -7,87E-06 | 3,60E-02 | 2,87E-00 | -4,75E-05 | 4,84E-01 | 2,43E-01 |
| | 2 | 3,60E-02 | | 2,80E-00 | 4,84E-01 | | 2,43E-01 |
| | 3 | 0,00E+00 | 3,60E-02 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 4,84E-01 | 0,00E+00 |
| | 4 | 3,60E-02 | | -6,70E-02 | 4,84E-01 | | -3,29E-04 |
| L/3 | 29 | 7,55E-04 | 3,42E-02 | -3,02E+01 | 4,30E-02 | 4,07E-01 | -5,32E-00 |
| | 30 | 3,50E-02 | | -3,02E+01 | 4,50E-01 | | -5,35E-00 |
| L/2 | 43 | 1,46E-02 | 3,35E-02 | -3,34E+01 | 6,80E-02 | 3,62E-01 | -5,27E-00 |
| | 44 | 3,50E-02 | | -3,34E+01 | 4,30E-01 | | -5,27E-00 |
| 2L/3 | 57 | 2,13E-03 | 3,18E-02 | -2,69E+01 | 9,30E-02 | 3,17E-01 | -2,87E-00 |
| | 58 | 3,40E-02 | | -2,69E+01 | 4,10E-01 | | -2,87E-03 |
| Zona Apoyo 2 | 83 | 2,78E-03 | 3,12E-02 | 0,00E+00 | 1,36E-01 | 2,39E-01 | 0,00E+00 |
| | 84 | 3,40E-02 | | -4,00E-02 | 3,75E-01 | | -6,00E-05 |
| | 85 | 2,79E-03 | 3,12E-02 | 2,38E-00 | 1,37E-01 | 2,38E-01 | -1,18E-01 |
| | 86 | 3,40E-02 | | 2,34E-00 | 3,75E-01 | | -1,18E-01 |

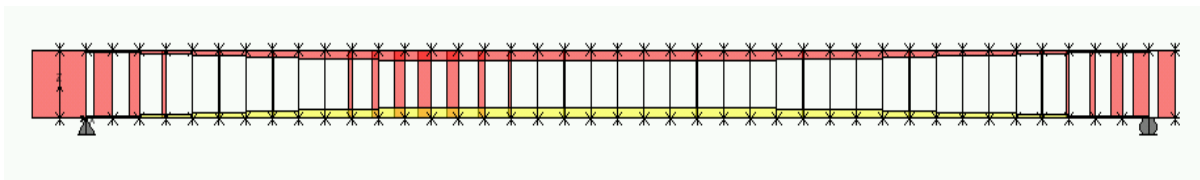
Tabla B.1: Resultados Obtenidos panel EPS 120 mm con y sin zuncho, carga no simétrica

Se tomaron como referencia representativa en cada panel, los nudos que se encuentran en los extremos del panel (nudos N° 1, 2, 3, 4, 83, 84, 85 y 86), igualmente los nudos de la sección a $L/3$ (Nudos N° 29 y 30), a $L/2$ (Nudos N° 43 y 44) y a $2L/3$ (Nudos N° 57 y 58).

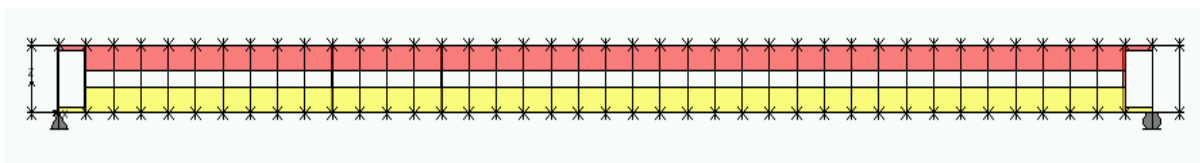
En cuanto al *panel sin zuncho* (figura B.3 (a)), no muestra un cambio en los desplazamientos en el eje z , de los puntos donde se encuentra aplicada la carga; se observa, (tabla B.1) como el mayor desplazamiento (eje z) en este panel se halla en su sección central (nudos 43 y 44), no siendo coherente con el sitio de aplicación de la carga.

Sin embargo en el *panel con zuncho* se produce una menor deformada, en comparación con el panel sin zuncho; además el sitio donde se produce la mayor deformada (eje z), es en el punto donde está aplicada la carga (nudos 29 y 30). Esto se puede deber a que en el panel sin zuncho se presentan desplazamientos en el eje x con poca diferencia entre ellos, a pesar de ser menores que en panel con zuncho, con lo cual la deformada en el eje vertical tiende a ubicarse en el centro del panel. Lo que no sucede en el panel con zuncho, que presenta mayores desplazamientos en el eje x , pero al estar conformado con el zuncho, este le proporciona al panel una mayor rigidez, evitando que se desplace sobre su eje horizontal de forma simétrica, al punto de dejar ver una mayor deformada en el eje z , sobre el punto donde fue aplicada la carga.

Cabe analizar los diagramas de esfuerzos axiales y momentos flectores de ambos paneles, las figuras B.4 (a) y (b), muestran los diagramas de esfuerzos axiales para cada panel.



(a): Panel EPS 120 mm, sin zuncho



(b): Panel EPS 120 mm, con zuncho

Figura B.4: Esfuerzos axiales – Carga no simétrica

En las figuras anteriores se puede observar como en el *panel sin zuncho* (figura B.4 (a)), los esfuerzos axiales en los conectores, son mayores en el punto de aplicación de la carga ($L/3$) y en los puntos donde se encuentra apoyado el panel. Igualmente se puede observar, como los esfuerzos tanto en las barras superiores como en las inferiores aumenta en la sección central del panel, formando una especie de arco; mientras que en los apoyos estos esfuerzos son muy pequeños. Los esfuerzos presentados en el panel no son simétricos en ambos lados, ya que se encuentra aplicada sobre él una carga a $L/3$ de la luz (no

simétrica), donde dicha carga es absorbida de diferente manera por cada una de las barras que conforman el panel.

El diagrama de esfuerzos axiales para *el panel conformado con el zuncho* (figura B.4 (b)) tiene un comportamiento muy diferente, los esfuerzos en las barras superiores e inferiores se reparten de manera más uniforme. En los apoyos del elemento, estos esfuerzos son menores al panel sin zuncho, lo que lleva a pensar en las ventajas que presta el zuncho al panel, ya que no existen concentraciones de esfuerzos en ningún punto. Los esfuerzos axiales, no son simétricos en ambos lados del panel, debido a la carga no simétrica aplicada.

Las figuras B.4 a y b, muestran los esfuerzos axiales en las barras superiores e inferiores, no se observan los esfuerzos en los conectores, ya que son valores menores y se encuentran implícitos en la figura. Por esto, la tabla B.2 muestra los esfuerzos axiales y los momentos flectores para cada uno de los conectores que conforman ambos paneles. En la tabla se enuncian los momentos flectores positivos y negativos en cada conector.

| Ubicación | Conector N° | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | |
|-----------------|----------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | N | M | N | M |
| | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | -7,03E+02 | -1,30E+03 | 2,50E+01 | -6,80E+03 |
| | 1 | -7,03E+02 | 1,30E+03 | 2,50E+01 | 1,35E+04 |
| | 2 | -6,66E+02 | -1,30E+03 | -8,80E+02 | -1,31E+05 |
| | 2 | -6,66E+02 | 1,30E+03 | -8,80E+02 | 1,89E+05 |
| | 3 | -4,64E+02 | -1,30E+03 | -1,06E+03 | -4,96E+05 |
| | 3 | -4,64E+02 | 1,30E+03 | -1,06E+03 | 6,81E+05 |
| L/3 | 15 | -3,41E+02 | -5,47E+02 | -3,16E+02 | -1,88E+01 |
| | 15 | -3,41E+02 | 5,47E+02 | -3,16E+02 | 1,88E+01 |
| L/2 | 22 | -7,05E-01 | 1,39E+02 | 4,37E-01 | 1,79E+02 |
| | 22 | -7,05E-01 | -1,39E+02 | 4,37E-01 | -1,79E+02 |
| 2L/3 | 29 | -1,20E+01 | 6,58E+02 | -1,10E-00 | 2,51E+02 |
| | 29 | -1,20E+01 | -6,58E+02 | -1,10E-00 | -2,51E+02 |
| Zona Apoyo 2 | 41 | -2,81E+02 | 1,10E+03 | -9,90E+02 | 5,05E+05 |
| | 41 | -2,81E+02 | -1,10E+03 | -9,90E+02 | -7,01E+05 |
| | 42 | -4,00E+02 | 1,10E+03 | -1,60E+02 | 1,17E+05 |
| | 42 | -4,00E+02 | -1,10E+03 | -1,60E+02 | -1,70E+05 |
| | 43 | -4,21E+02 | 1,10E+03 | 6,40E-00 | 7,40E+03 |
| | 43 | -4,21E+02 | -1,10E+03 | 6,40E-00 | -1,10E+04 |

Tabla B.2: Esfuerzos axiales y Momentos flectores en conectores – Carga no simétrica

Con los desplazamientos producidos sobre el eje x, se produce un desplazamiento de la capa superior del panel y por lo mismo un posible efecto rasante, sin embargo, estos desplazamientos en ambos paneles son muy pequeños, con lo cual, no se produce una rotura del acero en el conector más traccionado; se puede presentar es una rotura de la soldadura de unión del conector con la malla. Así que de los esfuerzos axiales producidos

en cada uno de los conectores para ambos paneles, se toma al igual que en el capítulo 7, el esfuerzo axial en el conector más solicitado, hallando para éste su tensión máxima, así:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq 30\% f_{yk} \quad (\text{Ec. B.1})$$

En el caso del panel con EPS 120 mm sin zuncho, el esfuerzo axial tomado para el conector N° 1, $N = 703 \text{ N}$, la tensión obtenida en este caso es de $99,45 \text{ N/mm}^2$. De esta manera comparando dicha tensión con el $30\% f_{yk} = 150 \text{ N/mm}^2$, no se supera este límite, por esto no se produce una rotura de la soldadura (Norma UNE 36739:1995EX).

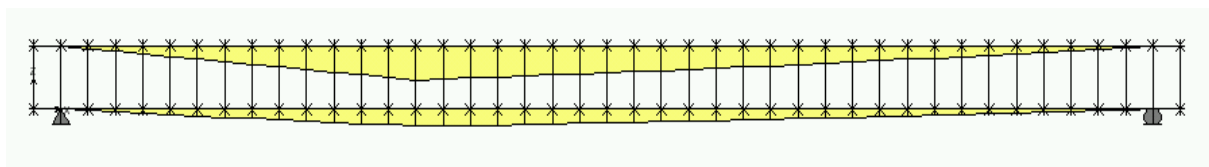
$$\sigma (99,45 \text{ N/mm}^2) < 0,30 f_{yk} (150 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{No rompe})$$

Para el caso del panel con EPS 120 mm con zuncho, el valor del esfuerzo axial para el conector N° 15, que es la barra más solicitada, $N = 316 \text{ N}$. La tensión obtenida es de $44,70 \text{ N/mm}^2$. Con este resultado no se supera el 30% límite elástico del acero, por esto, en este caso no se produce un despegue de la soldadura de unión del conector con la malla. (Norma UNE 36739:1995EX).

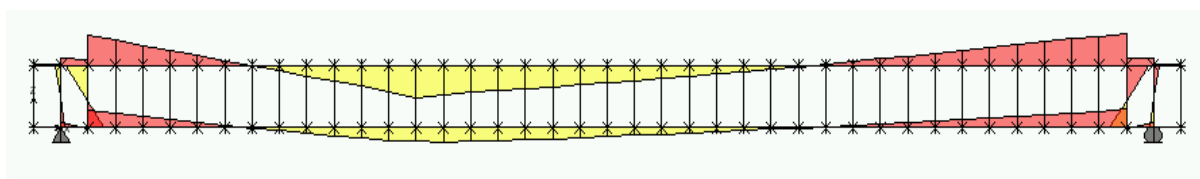
$$\sigma (44,70 \text{ N/mm}^2) < 0,30 f_{yk} (150 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{No rompe})$$

Con los resultados para ambos paneles, es factible afirmar que los desplazamientos producidos en el eje x, no producen un esfuerzo axial sobre cada conector como para que se produzca un despegue de la soldadura que une el conector con la malla. El resultado para el panel con zuncho es el 30% del límite dado por la norma, sin embargo para el panel sin zuncho, este resultado es un 66%, existiendo una mayor probabilidad de la rotura de la soldadura en el panel sin zuncho, corroborando que el panel presenta un mejor comportamiento al estar conformado con el zuncho. En ambos paneles los resultados conducen a que la capa superior e inferior, no se desplazan significativamente sobre su eje, por esto no se produce un efecto rasante para este caso de carga (carga no simétrica).

La figura B.5 muestra los momentos flectores actuantes, para cada uno de los paneles. (B.5 (a) sin zuncho y B.5 (b) con zuncho).



(a) Sin zuncho



(b) Con zuncho

Figura B.5: Momentos flectores – Carga no simétrica

La tabla B.3 muestra un resumen de los resultados obtenidos en las barras superiores e inferiores, sus esfuerzos axiales y momentos flectores para ambos paneles, tomando como referencia representativa en cada panel, las barras que se encuentran entre los nudos de los extremos del panel (apoyos), a $L/3$, $L/2$ y $2L/3$, de la luz total.

| | Ubicación | Barra Nº | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | |
|-------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | | N | M | N | M |
| | | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) |
| Barras superiores | Zona Apoyo 1 | 44 | -1,70E+01 | 5,02E+04 | -1,36E+02 | -1,66E+04 |
| | | 45 | -3,40E+01 | 1,48E+05 | -2,28E+03 | -2,06E+05 |
| | | 46 | -5,10E+01 | 2,78E+05 | -1,01E+04 | -8,27E+05 |
| | L/3 | 57 | -2,00E+02 | 1,86E+06 | -1,01E+04 | 8,81E+05 |
| | | 58 | -2,07E+02 | 1,78E+06 | -1,01E+04 | 8,81E+05 |
| | L/2 | 64 | -2,22E+02 | 1,51E+06 | -1,01E+04 | 5,28E+05 |
| | | 65 | -2,20E+02 | 1,46E+06 | -1,01E+04 | 4,73E+05 |
| | 2L/3 | 71 | -1,87E+02 | 1,02E+06 | -1,01E+04 | 1,01E+05 |
| | | 72 | -1,78E+02 | 1,02E+06 | -1,01E+04 | 3,26E+04 |
| | Zona Apoyo 2 | 83 | -4,30E+01 | 1,62E+05 | -1,01E+04 | -8,84E+05 |
| 84 | | -2,80E+01 | 8,61E+04 | -2,04E+03 | -1,87E+05 | |
| 85 | | -1,40E+01 | 2,93E+04 | -1,22E+02 | -1,70E+04 | |
| Barras Inferiores | Zona Apoyo 1 | 86 | 1,70E+01 | -1,30E+03 | 1,36E+02 | -6,80E+03 |
| | | 87 | 3,40E+01 | 7,52E+04 | 2,28E+03 | 3,21E+04 |
| | | 88 | 5,10E+01 | 1,70E+05 | 1,01E+04 | -4,64E+05 |
| | L/3 | 99 | 2,00E+02 | 8,94E+05 | 1,01E+04 | 3,85E+05 |
| | | 100 | 2,07E+02 | 9,02E+05 | 1,01E+04 | 3,95E+05 |
| | L/2 | 106 | 2,22E+02 | 7,77E+05 | 1,01E+04 | 2,75E+05 |
| | | 107 | 2,20E+02 | 7,47E+05 | 1,01E+04 | 2,44E+05 |
| | 2L/3 | 113 | 1,87E+02 | 5,56E+05 | 1,01E+04 | 5,15E+04 |
| | | 114 | 1,78E+02 | 5,22E+05 | 1,01E+04 | -1,91E+04 |
| | Zona Apoyo 2 | 125 | 4,30E+01 | 9,91E+04 | 1,01E+04 | -4,94E+05 |
| 126 | | 2,80E+01 | 4,38E+04 | 2,04E+03 | -1,20E+05 | |
| 127 | | 1,40E+01 | -3,26E+04 | 1,22E+02 | -7,40E+03 | |

Tabla B.3: Esfuerzos axiales y momentos flectores en barras superiores e inferiores
Carga no simétrica

En el panel sin zuncho se observa en la figura B.5 (a) una ley de momentos flectores mayor en la parte superior que en la inferior, concentrados a $L/3$ de la luz del elemento que es el sitio donde se encuentra aplicada la carga. Mientras que en el panel

conformado con el zuncho (figura B.5 (b)), se observa que sube la ley de momentos, produciéndose momentos negativos en los apoyos. Igualmente se pueden observar unos momentos positivos y negativos en las barras verticales de los extremos, que son las que conforman el zuncho.

La ley de momentos en el panel conformado con el zuncho, se desplaza hacia arriba, la sumatoria de estos momentos máximos (positivos y negativos), es prácticamente el mismo momento máximo presentado en el panel sin zuncho. En ambos casos observa claramente un aumento del momento en el punto de aplicación de la carga.

B.2.2. Caso 2: Carga Horizontal

Para este análisis se toma la misma conformación geométrica de la figura B.1, cambiando la aplicación de la carga, que en este caso corresponde a una carga horizontal aplicada en uno de los extremos del panel. Esta carga corresponde a un valor de 3,58 kN, para una sección de 215 mm. La figura B.6 muestra exactamente donde fue aplicada dicha carga en cada panel.

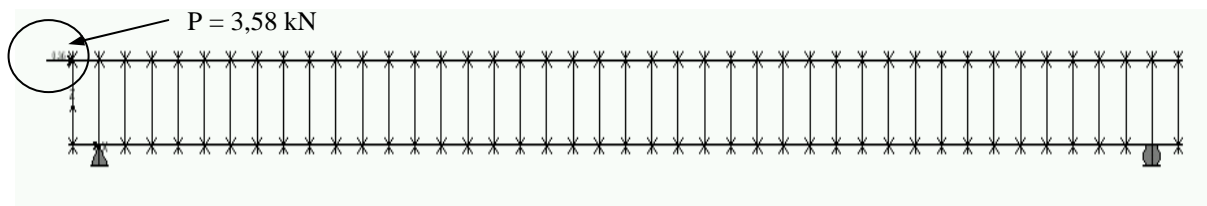


Figura B.6: Aplicación carga horizontal (SAP 2000)

La figura B.7 muestra la deformada para ambos paneles (Panel EPS 120 mm sin zuncho (figura B.7 (a)) y con zuncho (figura B.7 (b))).

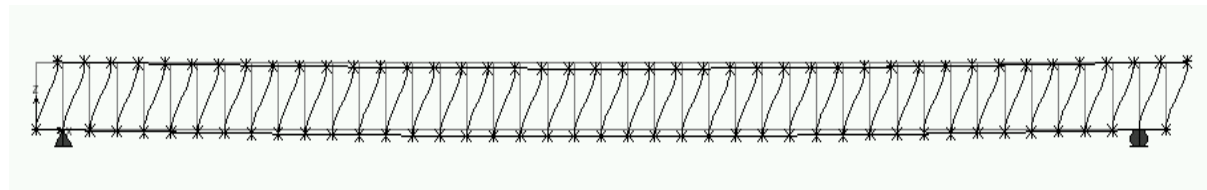


Figura B.7 (a): Panel EPS 120 mm, sin zuncho – Deformación carga horizontal

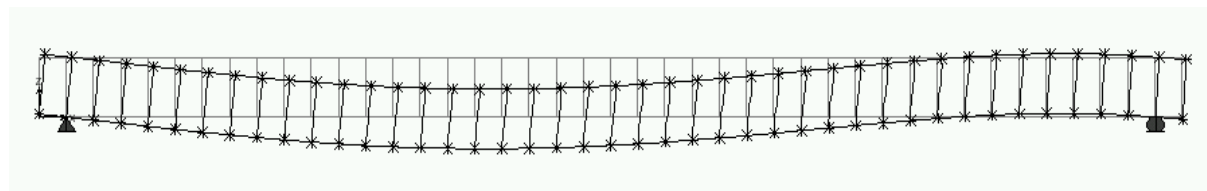


Figura 7 (b): Panel EPS 120 mm, con zuncho – Deformación carga horizontal

La tabla B.4, muestra los resultados obtenidos de los desplazamientos en el eje horizontal (eje x) y eje vertical (eje z), para cada uno de los nudos que conforman el panel (panel EPS 120 mm con y sin zuncho), igualmente la tabla muestra los desplazamientos relativos obtenidos en el eje x, es decir para cada pareja de nudos. Se tomaron como referencia representativa en cada panel, los nudos que se encuentran en los extremos del panel (nudos N° 1, 2, 3, 4, 83, 84, 85 y 86), igualmente los nudos de la sección a L/3 (Nudos N° 29 y 30), a L/2 (Nudos N° 43 y 44) y a 2L/3 (Nudos N° 57 y 58).

| | Nudo N° | EPS 12 sin zuncho | | | EPS 12 con zuncho | | |
|--------------|---------|-------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|------------------|
| | | Eje X | Desp. Relat | Eje Z | Eje X | Desp. Relat | Eje Z |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | 3,71E-05 | 2,81E+01 | 5,85E-01 | 1,28E-05 | 2,60E-01 | 1,30E-01 |
| | 2 | 2,81E+01 | | 5,71E-01 | 2,60E-01 | | 1,30E-01 |
| | 3 | 0,00E+00 | 2,81E+01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 2,59E-01 | 0,00E+00 |
| | 4 | 2,81E+01 | | -1,30E-02 | 2,59E-01 | | -9,46E-05 |
| L/3 | 29 | 1,80E-02 | 2,80E+01 | -6,17E-00 | 1,80E-02 | 2,27E-01 | -1,28E-00 |
| | 30 | 2,81E+01 | | -6,17E-00 | 2,45E-01 | | -1,28E-00 |
| L/2 | 43 | 2,50E-02 | 2,80E+01 | -7,17E-00 | 2,80E-02 | 2,09E-01 | -1,18E-00 |
| | 44 | 2,80E+01 | | -7,17E-00 | 2,37E-01 | | -1,18E-00 |
| 2L/3 | 57 | 3,00E-02 | 2,80E+01 | -6,10E-00 | 3,70E-02 | 1,92E-01 | -5,60E-01 |
| | 58 | 2,80E+01 | | -6,10E-00 | 2,29E-01 | | -5,61E-01 |
| Zona Apoyo 2 | 83 | 3,40E-02 | 2,80E+01 | 0,00E+00 | 5,40E-02 | 1,62E-01 | 0,00E+00 |
| | 84 | 2,80E+01 | | -1,90E-02 | 2,16E-01 | | -5,67E-05 |
| | 85 | 3,40E-02 | 2,80E+01 | 5,60E-01 | 5,40E-02 | 1,62E-01 | -8,10E-02 |
| | 86 | 2,80E+01 | | 5,42E-01 | 2,16E-01 | | -8,10E-02 |

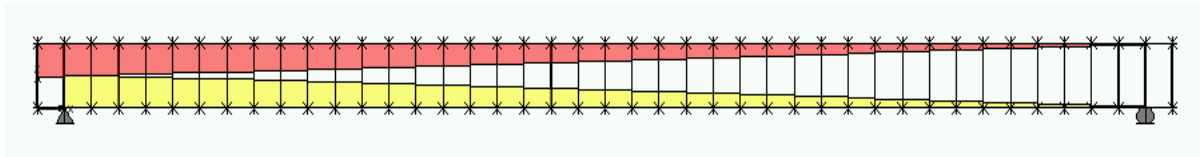
Tabla B.4: Resultados Obtenidos, panel EPS 120 mm, con y sin zuncho - carga horizontal

Para el caso del *panel sin zuncho* (figura B.7 (a)), se observa como la parte superior del panel se desplaza por completo hacia la derecha, en el sentido de aplicación de la carga; sin embargo la parte inferior del panel, sufre un desplazamiento mucho menor, esto puede deberse al punto fijo en el apoyo (nudo 3). Los desplazamientos relativos en este caso sobre el eje horizontal son constantes en todo el panel, es un desplazamiento que alcanza los 28 mm. A estos desplazamientos se puede deber que en el eje vertical (eje z), exista un mayor desplazamiento en los nudos 43 y 44, ya que el panel al tener un desplazamiento horizontal grande, éste tiende a flectar por su parte central.

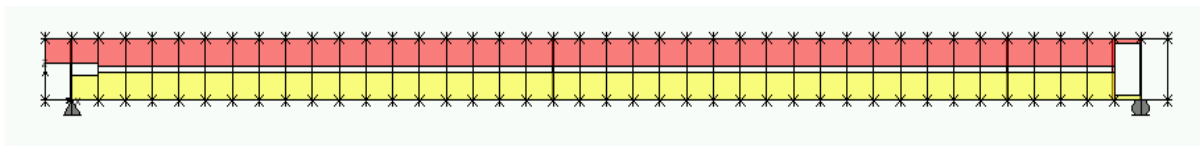
En el *panel conformado con el zuncho* (figura B.7 (b)), el comportamiento es completamente diferente al panel si zuncho, produciéndose desplazamientos más pequeños en el eje horizontal. Estos desplazamientos horizontales van disminuyendo en el sentido de la carga, es decir hacia la derecha del panel, como es lógico, por el sentido de aplicación de la carga. En cuanto a los desplazamientos verticales (eje z), a L/3, es donde se presenta el mayor desplazamiento, este efecto puede producirse debido al zuncho el cual actúa como

un elemento que impide que el panel se desplace horizontalmente, obligándolo a flectarse en un punto diferente a su sección central.

Los diagramas de esfuerzos axiales se muestran en la figura B.8 (figura B.8 (a) sin zuncho y figura B.8 (b) con zuncho).



(a) Sin zuncho



(b) Con zuncho

Figura B.8: Esfuerzos axiales – Carga horizontal

En las figuras anteriores se puede observar como en el panel sin zuncho (figura B.8 (a)), los esfuerzos axiales son mayores cerca al punto de aplicación de la carga y como es lógico van disminuyendo a medida que se aleja de este punto, igualmente el esfuerzo axial de la capa superior, en el punto de aplicación de la carga es mayor que en la parte inferior. Los esfuerzos axiales en los conectores, se encuentran implícitos en la grafica, ya que los valores dados son menores que para las capas superiores e inferiores. Los mayores esfuerzos axiales en los conectores, se encuentran ubicados en el lado contrario a la aplicación de la carga, no siendo lógico, ya que los conectores más próximos al punto de aplicación de la carga, deberían presentar mayores esfuerzos axiales; cabe anotar que todos los conectores que conforman el panel se encuentran comprimidos.

Sin embargo el diagrama de esfuerzos axiales para el panel conformado con el zuncho (figura B.8 (b)), los esfuerzos en las barras superiores e inferiores se reparten de manera uniforme, es mayor el esfuerzo en la capa superior, donde se encuentra aplicada la carga. Al igual que en el panel que no contiene el zuncho, los mayores esfuerzos axiales en los conectores, se presentan en el lado opuesto al punto de aplicación de la carga.

Las figuras B.8 a y b muestra los esfuerzos axiales en las barras superiores e inferiores, no se observan los esfuerzos en los conectores, ya que son valores menores y se encuentran implícitos en la figura.

Por lo anterior, la tabla B.5 muestra los esfuerzos axiales y los momentos flectores para cada uno de los conectores que conforman ambos paneles. En la tabla se enuncian los momentos flectores positivos y negativos de cada conector.

| Ubicación | Conector Nº | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | |
|--------------|----------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | N | M | N | M |
| | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | -1,430E+01 | 6,000E+03 | -2,400E-00 | 2,700E+03 |
| | 1 | -1,430E+01 | -6,000E+03 | -2,400E-00 | -2,800E+03 |
| | 2 | -1,260E+01 | 6,000E+03 | -2,530E+01 | -6,000E+03 |
| | 2 | -1,260E+01 | -6,000E+03 | -2,530E+01 | 8,000E+03 |
| | 3 | -8,700E-00 | 6,000E+03 | -9,700E-00 | -1,940E+04 |
| | 3 | -8,700E-00 | -6,000E+03 | -9,700E-00 | 2,700E+04 |
| L/3 | 15 | -1,100E-00 | 6,100E+03 | -1,100E-00 | 3,585E+01 |
| | 15 | -1,100E-00 | -6,100E+03 | -1,100E-00 | -3,586E+01 |
| L/2 | 22 | -1,100E-00 | 6,200E+03 | -1,100E-00 | 7,280E+01 |
| | 22 | -1,100E-00 | -6,200E+03 | -1,100E-00 | -7,280E+01 |
| 2L/3 | 29 | -1,100E-00 | 6,400E+03 | -1,100E-00 | 9,040E+01 |
| | 29 | -1,100E-00 | -6,400E+03 | -1,100E-00 | -9,039E+01 |
| Zona Apoyo 2 | 41 | -1,350E+01 | 6,500E+03 | -4,120E+01 | 1,952E+05 |
| | 41 | -1,350E+01 | -6,500E+03 | -4,120E+01 | -2,711E+05 |
| | 42 | -1,840E+01 | 6,500E+03 | -1,520E+01 | 4,700E+04 |
| | 42 | -1,840E+01 | -6,500E+03 | -1,520E+01 | -6,780E+04 |
| | 43 | -1,800E+01 | 6,500E+03 | 1,600E-00 | 2,700E+03 |
| | 43 | -1,800E+01 | -6,500E+03 | 1,600E-00 | -4,400E+03 |

Tabla B.5: Esfuerzos axiales y momentos flectores en conectores – Carga horizontal

De los esfuerzos axiales producidos, se analizará, al igual que en el caso de carga anterior, si se presenta una rotura de la soldadura de unión del conector con la malla. Ya que todos los conectores en ambos casos se encuentran comprimidos, por esto imposible que se produzca una rotura del acero por tracción. Esta hipótesis se planteó ya que los desplazamientos sobre el eje x son altos, de aproximadamente 28 mm, sin embargo, los resultados no presentan ninguna tracción en los conectores. Se toma la tensión en el conector más solicitado, dada por el esfuerzo axial producido en éste (ecuación B.1).

En el caso del panel con *EPS 120 mm sin zuncho*, el esfuerzo axial tomado para el conector N° 42, $N = 18,4 N$, la tensión obtenida en este caso es de $2,60 N/mm^2$. De esta manera comparando dicha tensión con el 30% $f_{yk} = 150 N/mm^2$, no se supera este límite, con lo cual *no se produce una rotura de la soldadura* (Norma UNE 36739:1995EX).

$$\sigma (26,03 N/mm^2) < 0,30 f_{yk} (150 N/mm^2) \quad (\text{No rompe})$$

Para el caso del panel con *EPS 120 mm con zuncho*, el valor del esfuerzo axial para el conector N° 39, que es la barra más solicitada, $N = 28 N$. La tensión obtenida es de $3,96 N/mm^2$. Con este resultado no se supera el 30% límite elástico del acero, por esto, en este caso *no se produce un despegue de la soldadura* de unión del conector con la malla. (Norma UNE 36739:1995EX).

$$\sigma (3,9 N/mm^2) < 0,30 f_{yk} (150 N/mm^2) \quad (\text{No rompe})$$

Con este resultado para ambos paneles, es factible afirmar que los desplazamientos producidos en el eje x no producen un esfuerzo axial sobre cada conector, como para que se produzca un despegue de la soldadura que une el conector con la malla. El resultado para el panel sin zuncho es el 17% del límite dado por la norma, sin embargo para el panel con zuncho, este resultado es un 2,5%. Existe una mayor probabilidad de la rotura de la soldadura en el panel sin zuncho, ya que el resultado es más alto, a pesar de esto, no es un valor muy cercano al límite, por esto el riesgo sigue siendo bajo en comparación con otros casos de carga. En ambos paneles los resultados conducen a que la capa superior e inferior, no se desplazan significativamente sobre su eje, por esto, no se produce un efecto rasante para este caso de carga (carga horizontal).

La figura B.9 muestra los momentos flectores actuantes, para cada uno de los paneles (B.9 (a) sin zuncho y B.9 (b) con zuncho).

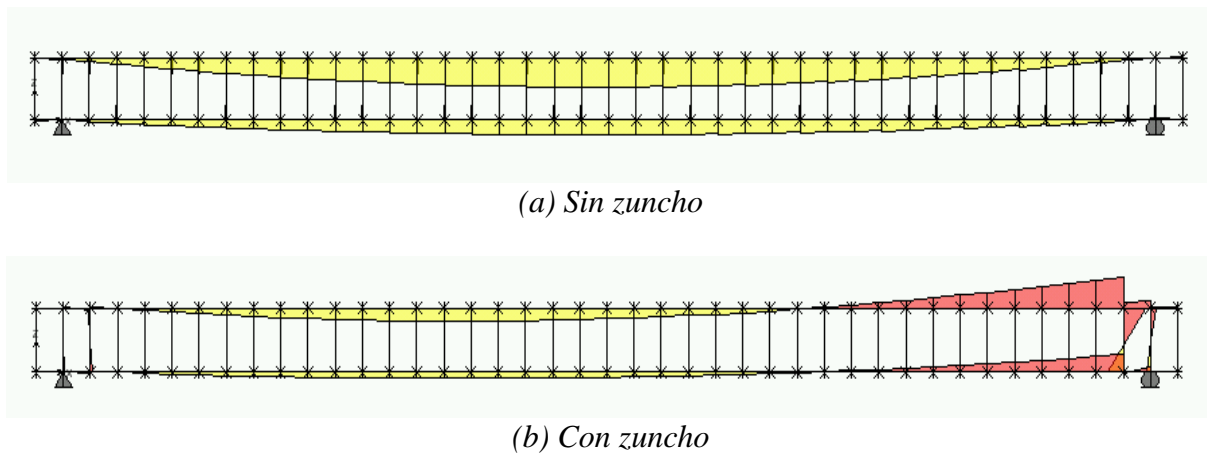


Figura B. 9: Momentos flectores - Carga Horizontal

La tabla B.6 muestra un resumen de los resultados obtenidos en las barras superiores e inferiores, sus esfuerzos axiales y momentos para ambos paneles; tomando como referencia representativa en cada panel, las barras que se encuentran entre los nudos de los extremos del panel (apoyos), a $L/3$, $L/2$ y $2L/3$ de la luz.

En el panel sin zuncho (figura B.9 (a)) se observa una ley de momentos flectores mayor en la parte superior que en la inferior, produciéndose mayores momentos en la parte central del elemento. En el panel conformado con el zuncho (figura B.9 (b)), se observa que sube la ley de momentos en el extremo contrario a la carga, produciéndose momentos negativos en el apoyo, esto puede deberse al efecto del zuncho que actúa como un elemento que aumenta la rigidez el panel. Igualmente se pueden observar unos momentos positivos y negativos en las barras verticales de los extremos, que son las que conforman el zuncho.

| | Ubicación | Barra N° | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | | |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|----------|
| | | | N | M | N | M | |
| | | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) | |
| Barras superiores | Zona Apoyo 1 | 44 | -3,50E+03 | 1,55E+04 | -3,54E+03 | 3,40E+03 | |
| | | 45 | -3,42E+03 | 3,80E+04 | -3,64E+03 | 1,25E+04 | |
| | | 46 | -3,34E+03 | 6,46E+04 | -3,95E+03 | 7,30E+03 | |
| | L/3 | 57 | -2,45E+03 | 2,83E+05 | -3,95E+03 | 1,34E+05 | |
| | | 58 | -2,37E+03 | 2,93E+05 | -3,94E+03 | 1,36E+05 | |
| | L/2 | 64 | -1,88E+03 | 3,24E+05 | -3,94E+03 | 1,20E+05 | |
| | | 65 | -1,80E+03 | 3,24E+05 | -3,94E+03 | 1,12E+05 | |
| | 2L/3 | 71 | -1,29E+03 | 2,91E+05 | -3,93E+03 | 3,02E+04 | |
| | | 72 | -1,21E+03 | 2,80E+05 | -3,93E+03 | 1,09E+04 | |
| | Zona Apoyo 2 | 83 | -2,60E+02 | 4,77E+04 | -3,92E+03 | -3,40E+05 | |
| | | 84 | -1,73E+02 | 2,29E+04 | -8,13E+02 | -7,47E+04 | |
| | | 85 | -8,70E+01 | 5,80E+03 | -4,70E+01 | -6,90E+03 | |
| | Barras inferiores | Zona Apoyo 1 | 86 | -8,00E+01 | 6,00E+03 | -3,70E+01 | 2,70E+03 |
| | | | 87 | 3,42E+03 | 1,94E+04 | 3,64E+03 | 1,25E+04 |
| | | | 88 | 3,34E+03 | 3,70E+04 | 3,95E+03 | 3,40E+03 |
| L/3 | | 99 | 2,45E+03 | 1,44E+05 | 3,95E+03 | 6,86E+04 | |
| | | 100 | 2,37E+03 | 1,50E+05 | 3,94E+03 | 6,95E+04 | |
| L/2 | | 106 | 1,88E+03 | 1,67E+05 | 3,94E+03 | 6,17E+04 | |
| | | 107 | 1,80E+03 | 1,68E+05 | 3,94E+03 | 5,26E+04 | |
| 2L/3 | | 113 | 1,29E+03 | 1,51E+05 | 3,93E+03 | 1,56E+04 | |
| | | 114 | 1,21E+03 | 1,45E+05 | 3,93E+03 | -5,20E+03 | |
| Zona Apoyo 2 | | 125 | 2,60E+02 | 3,27E+04 | 3,92E+03 | -1,89E+05 | |
| | | 126 | 1,73E+02 | 1,14E+04 | 8,13E+02 | -4,84E+04 | |
| | | 127 | 8,70E+01 | -2,00E+04 | 4,70E+01 | -2,70E+03 | |

Tabla B.6: Esfuerzos axiales y momentos flectores en barras superiores e inferiores
Cargas horizontales

B.2.3. Caso 3: Carga inclinada 45°

Para este análisis, se toma la misma conformación geométrica de la figura B.1, cambiando la aplicación de la carga, que en este caso corresponde a una carga inclinada 45°, aplicada en uno de los extremos del panel.

Esta carga fue aplicada dentro del modelo por medio de sus dos componentes P_x y P_y , cada una con una carga $p = 2,53 \text{ kN}$, éstos valores corresponden a un valor total de $P = 3,58 \text{ kN}$, para una sección de 215 mm. La figura B.10 muestra exactamente donde fue aplicada la carga en cada panel.

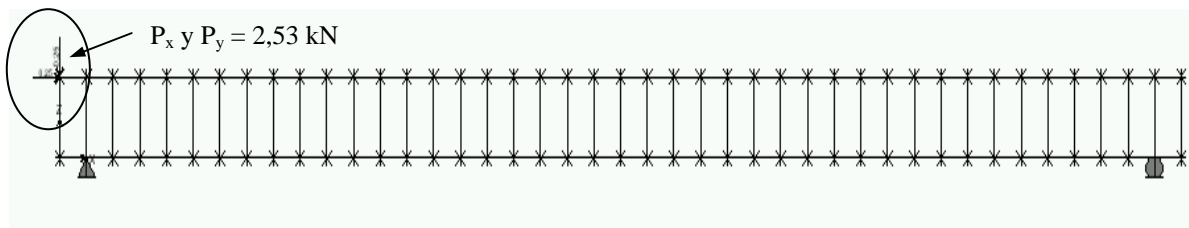


Figura B.10: Carga aplicada a 45°- modelo SAP 2000

La figura B.11 muestra las deformaciones producidas en cada uno de los paneles (Sin zuncho (a), con zuncho (b)).

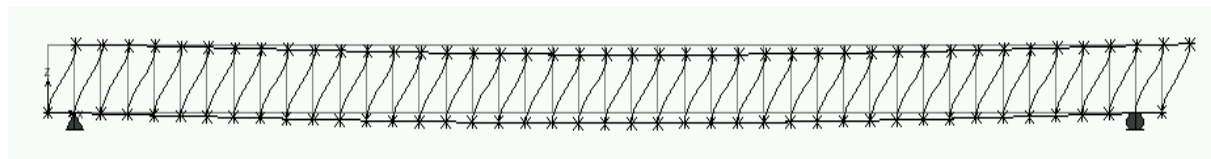


Figura B.11 (a): Panel EPS 12 sin zuncho – Deformación carga 45°

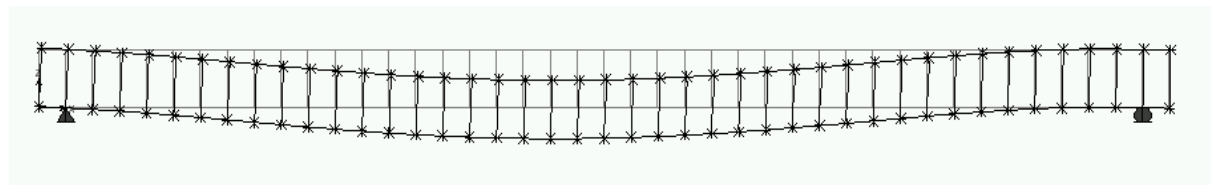


Figura B.11 (b): Panel EPS 12 con zuncho – carga 45°

La tabla B.7, muestra los resultados obtenidos de los desplazamientos en el eje horizontal (eje x) y eje vertical (eje z), para cada uno de los nudos que conforman el panel (panel EPS 120 mm con y sin zuncho), igualmente la tabla muestra los desplazamientos relativos obtenidos en el eje x, es decir para cada pareja de nudos.

Se tomaron como referencia representativa en cada panel, los nudos que se encuentran en los extremos del panel (nudos N° 1, 2, 3, 4, 83, 84, 85 y 86), igualmente los nudos de la sección a $L/3$ (Nudos N° 29 y 30), a $L/2$ (Nudos N° 43 y 44) y a $2L/3$ (Nudos N° 57 y 58).

| | Nudo N° | EPS 12 sin zuncho | | | EPS 12 con zuncho | | |
|--------------------|------------|-------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|------------------|
| | | Eje X | Desp. Relat | Eje Z | Eje X | Desp. Relat | Eje Z |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | 2,64E-05 | 1,98E+01 | 3,71E-01 | 1,95E-04 | 1,09E-01 | 2,55E-01 |
| | 2 | 1,98E+01 | | 2,41E-01 | 1,10E-01 | | 2,55E-01 |
| | 3 | 0,00E+00 | 1,98E+01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 1,09E-01 | 0,00E+00 |
| | 4 | 1,98E+01 | | -9,80E-02 | 1,09E-01 | | -2,70E-04 |
| L/3 | 29 | 1,30E-02 | 1,98E+01 | -4,57E-00 | 1,20E-02 | 8,70E-02 | -4,31E-00 |
| | 30 | 1,98E+01 | | -4,57E-00 | 9,90E-02 | | -4,33E-00 |
| L/2 | 43 | 1,70E-02 | 1,98E+01 | -5,54E-00 | 1,90E-02 | 7,50E-02 | -4,09E-00 |
| | 44 | 1,98E+01 | | -5,54E-00 | 9,40E-02 | | -4,09E-00 |
| 2L/3 | 57 | 2,10E-02 | 1,98E+01 | -4,85E-00 | 2,60E-02 | 6,20E-02 | -2,06E-00 |
| | 58 | 1,98E+01 | | -4,85E-00 | 8,80E-02 | | -2,07E-00 |
| Zona Apoyo 2 | 83 | 2,40E-02 | 1,98E+01 | 0,00E+00 | 3,80E-02 | 4,00E-02 | 0,00E+00 |
| | 84 | 1,98E+01 | | -1,60E-02 | 7,80E-02 | | -5,04E-05 |
| | 85 | 2,40E-02 | 1,98E+01 | 4,55E-01 | 3,80E-02 | 4,00E-02 | -1,48E-01 |
| | 86 | 1,98E+01 | | 4,39E-01 | 7,80E-02 | | -1,48E-01 |

Tabla B.7: Resultados Obtenidos – Panel EPS 12 con y sin zuncho – Carga 45°

En el caso del panel *EPS 12 sin zuncho*, se observa un desplazamiento parecido, al panel con carga horizontal. Desplazándose la parte superior sobre el eje horizontal (eje x), mucho más que la parte inferior del panel, esto es debido al apoyo en el nudo 3. Los desplazamientos relativos, son constantes en todo el panel, estando dentro del orden de unos 19 mm. Igualmente se observa un desplazamiento sobre el eje vertical, más específicamente en la sección central del elemento (figura B.11 (a)), esto puede ser debido a los desplazamientos horizontales que son más acentuados en este caso, lo que no sucede en el *panel con zuncho*, para el cual los desplazamientos en el eje x, como es lógico van disminuyendo en el sentido de la carga, siendo mayores los desplazamientos en los nudos que se encuentran cerca de la carga aplicada. Debido a éstos se produce a L/3, el mayor desplazamiento sobre el eje z; el zuncho, continua proporcionándole al panel mayor rigidez, evitando mayores desplazamientos en el eje horizontal.

Los desplazamientos en ambos paneles sobre el eje horizontal, en comparación con el caso 2 de carga, (carga horizontal), se pensaría que serian la mitad de estos desplazamientos, ya que la carga en este caso, aplicada a 45°, es la mitad sobre el eje horizontal y la otra mitad sobre el eje vertical; sin embargo, los resultados no lo muestran así, se presentan mayores desplazamientos en el panel con la carga horizontal, como es lógico, ya que es el doble de la carga aplicada en el caso 3 (carga 45°). Esta disminución en los desplazamientos (eje x) se podría deber a la carga vertical (p_y), que compensa los desplazamientos sobre el eje x, evitando que estos sean mayores. Para el caso de carga 45°, en el *panel sin zuncho*, los desplazamientos son un 70% del valor dado para la carga horizontal; para el *panel con zuncho*, los desplazamientos son un 38 a 25% del obtenido para la carga horizontal.

Los diagramas de esfuerzos axiales se muestran en la figura B.12 (figura B.12 (a) sin zuncho y figura B.12 (b) con zuncho)

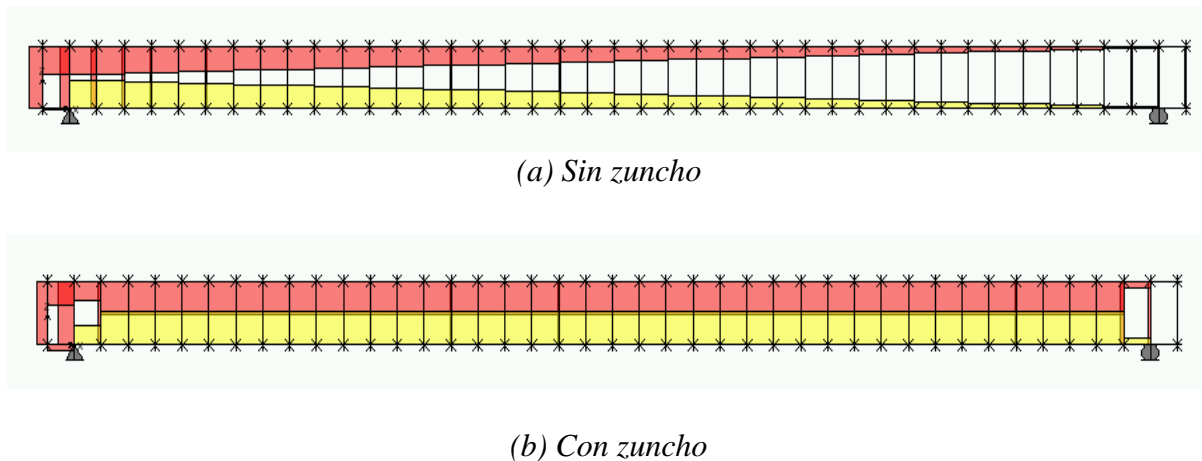


Figura B.12: Esfuerzos axiales – Carga 45°

En las figuras anteriores se puede observar como en el *panel sin zuncho* (figura B.12 (a)), los esfuerzos axiales son mayores cerca al punto de aplicación de la carga y como es lógico, van disminuyendo en sentido contrario. Los esfuerzos axiales en los conectores, se encuentran implícitos en la grafica, ya que los valores dados son mayores para las capas superiores e inferiores, sin embargo, se pueden observar gráficamente los valores del esfuerzo axial para los conectores próximos al punto de aplicación de la carga. Los mayores esfuerzos axiales en los conectores, al contrario del caso anterior, se encuentran ubicados cerca al punto de la aplicación de la carga.

En el diagrama de esfuerzos axiales para el *panel conformado con el zuncho* (figura B.12 (b)), los esfuerzos en las barras superiores e inferiores se reparten de manera uniforme, excepto en los zunchos, donde es mayor 3,5 veces más el esfuerzo en la capa superior, en el punto de aplicación la carga, que la inferior. Los mayores esfuerzos axiales en los conectores, se presentan en el lado opuesto al punto de aplicación de la carga. La figura B.12 (b) muestra los esfuerzos axiales en las barras superiores e inferiores, se observan los esfuerzos en los conectores, cerca al punto de aplicación de la carga, ya que para el resto de conectores, son valores menores y se encuentran implícitos en la figura.

La tabla B.8, muestra los resultados obtenidos de los esfuerzos axiales y momentos flectores, para cada uno de los conectores que conforman ambos paneles. En la tabla se enuncian los momentos flectores positivos y negativos en cada conector.

| Ubicación | Conector Nº | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | |
|--------------|----------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | N | M | N | M |
| | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | -1,290E+03 | 4,300E+03 | -1,042E+03 | 3,620E+04 |
| | 1 | -1,290E+03 | -4,300E+03 | -1,042E+03 | -4,740E+04 |
| | 2 | -9,740E+02 | 4,300E+03 | -1,655E+03 | 1,680E+04 |
| | 2 | -9,740E+02 | -4,300E+03 | -1,655E+03 | -3,290E+04 |
| | 3 | -5,770E+02 | 4,200E+03 | -2,660E+02 | -7,600E+04 |
| | 3 | -5,770E+02 | -4,300E+03 | -2,660E+02 | 1,002E+05 |
| L/3 | 15 | -1,200E+01 | 4,300E+03 | -1,100E+01 | -4,929E-00 |
| | 15 | -1,200E+01 | -4,300E+03 | -1,100E+01 | 4,925E-00 |
| L/2 | 22 | -1,100E+01 | 4,400E+03 | -1,100E+01 | 2,575E+01 |
| | 22 | -1,100E+01 | -4,400E+03 | -1,100E+01 | -2,575E+01 |
| 2L/3 | 29 | -1,100E+01 | 4,500E+03 | -1,100E+01 | 4,960E+01 |
| | 29 | -1,100E+01 | -4,500E+03 | -1,100E+01 | -4,959E+01 |
| Zona Apoyo 2 | 41 | -1,190E+02 | 4,600E+03 | -3,110E+02 | 1,385E+05 |
| | 41 | -1,190E+02 | -4,600E+03 | -3,110E+02 | -1,923E+05 |
| | 42 | -1,620E+02 | 4,600E+03 | -1,860E+02 | 3,490E+04 |
| | 42 | -1,620E+02 | -4,600E+03 | -1,860E+02 | -5,030E+04 |
| | 43 | -1,610E+02 | 4,600E+03 | 5,992E-00 | 1,800E+03 |
| | 43 | -1,610E+02 | -4,600E+03 | 5,992E-00 | -3,400E+03 |

Tabla B.8: Esfuerzos axiales y momentos flectores en conectores – Carga 45°

De los esfuerzos axiales producidos se analizará, al igual que en el caso de carga anterior, si se presenta una rotura de la soldadura de unión del conector con la malla. De la misma manera se plantea la posibilidad de una rotura del acero por tracción, sin embargo, en este caso todos los conectores se encuentran comprimidos, con lo cual, es imposible que se produzca este tipo de rotura, a pesar del desplazamiento que se produce sobre el eje x. Se toma la tensión en el conector más solicitado, tomando el esfuerzo axial producido en éste según la ecuación B.1.

En el caso del panel con *EPS 12 sin zuncho*, el esfuerzo axial tomado para el conector N° 1, $N = 1290 \text{ N}$, la tensión obtenida en este caso es de $182,49 \text{ N/mm}^2$. De esta manera comparando dicha tensión con el 30% $f_{yk} = 150 \text{ N/mm}^2$, se supera este límite, con lo cual se produce una rotura de la soldadura (Norma UNE 36739:1995EX).

$$\sigma(182,49 \text{ N/mm}^2) > 0,30 f_{yk} (150 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{Rompe la soldadura})$$

Al romper la soldadura para este caso de carga, se puede hacer una predicción acerca de cual sería la carga máxima, que puede actuar sobre este panel, sin que se produzca una rotura de la soldadura de unión del conector con la malla.

Tomando como base la carga dada inicialmente dentro del modelo (3,58 kN) y la tensión obtenida para el conector más solicitado ($182,49 \text{ N/mm}^2$); se tiene como resultado una carga máxima de $p = 2,9 \text{ kN}$, para una sección de 215 mm, es decir 12,10 kN en una sección de 900 mm. Esto tomando una tensión límite del 30% f_{yk} .

De esta manera, se ejecuta el mismo modelo anterior (SAP 2000) pero para este caso de carga, aplicando 2,9 kN a 45° en un extremo del panel. Es decir aplicando P_x y $P_y = 2,05$ kN. Los resultados de los esfuerzos axiales y momentos flectores en los conectores se muestran en la tabla B.9.

| Ubicación | Conector N° | EPS 12 sin zuncho | |
|-----------------|----------------|-------------------|------------|
| | | N | M |
| | | (N) | (Nxmm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | -1,054E+03 | 3,300E+03 |
| | 1 | -1,054E+03 | -3,300E+03 |
| | 2 | -8,030E+02 | 3,300E+03 |
| | 2 | -8,030E+02 | -3,300E+03 |
| | 3 | -4,790E+02 | 3,300E+03 |
| | 3 | -4,790E+02 | -3,300E+03 |
| L/3 | 15 | -1,200E+01 | 3,400E+03 |
| | 15 | -1,200E+01 | -3,400E+03 |
| L/2 | 22 | -1,100E+01 | 3,500E+03 |
| | 22 | -1,100E+01 | -3,500E+03 |
| 2L/3 | 29 | -1,100E+01 | 3,600E+03 |
| | 29 | -1,100E+01 | -3,600E+03 |
| Zona Apoyo 2 | 41 | -1,170E+02 | 3,700E+03 |
| | 41 | -1,170E+02 | -3,700E+03 |
| | 42 | -1,610E+02 | 3,700E+03 |
| | 42 | -1,610E+02 | -3,700E+03 |
| | 43 | -1,610E+02 | 3,700E+03 |
| | 43 | -1,610E+02 | -3,700E+03 |

Tabla B.9: Resultados obtenidos Panel EPS 120 mm, sin zuncho, carga 45° - $P = 2,9$ N

Corroborando con los resultados obtenidos anteriormente (tabla B.9) para el panel EPS 12 sin zuncho, el esfuerzo axial en el conector N° 1, $N = 1.050$ N, la tensión obtenida en este caso es de $149,11$ N/mm². De esta manera comparando dicha tensión con el 30% $f_{yk} = 150$ N/mm², no se supera este límite con lo cual no se produce una rotura de la soldadura (Norma UNE 36739:1995EX).

$$\sigma(149,11 \text{ N/mm}^2) < 0,30 f_{yk} (150 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{No Rompe})$$

Para el caso del panel con EPS 12 con zuncho, el valor del esfuerzo axial para el conector N° 39, (tabla B.8) que es la barra más solicitada, $N = 22$ N. La tensión obtenida es de $3,11$ N/mm². Con este resultado no se supera el 30% límite elástico del acero, por esto, en este caso no se produce un despegue de la soldadura de unión del conector con la malla. (Norma UNE 36739:1995EX).

$$\sigma(3,11 \text{ N/mm}^2) < 0,30 f_{yk} (150 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{No rompe})$$

En definitiva, para el panel EPS 12 sin zuncho, no se puede aplicar una carga de 3,58 kN, (15 kN, para una sección de 90 mm), ya que el esfuerzo axial actuante sobre los conectores, produciría un despegue de la soldadura de unión del conector con la malla. La

carga máxima aplicada a 45° en uno de los extremos del panel es de **12,1 kN**, para una sección de 900 mm. (2,9 kN, sección 215 mm)

En el *panel con zuncho*, los desplazamientos producidos en el eje x, no producen un esfuerzo axial sobre cada conector, como para que se produzca un despegue de la soldadura que une el conector con la malla. El resultado para el panel con zuncho es el 2,0% del límite dado por la norma; por esto no existe la probabilidad de una rotura de la soldadura de unión en este panel. En ambos paneles los resultados conducen a que la capa superior e inferior, no se desplazan significativamente sobre su eje, por esto, no se produce un efecto rasante para este caso de carga.

La figura B.13 muestra los momentos flectores actuantes, para cada uno de los paneles (B.13 (a) sin zuncho y B.13 (b) con zuncho).

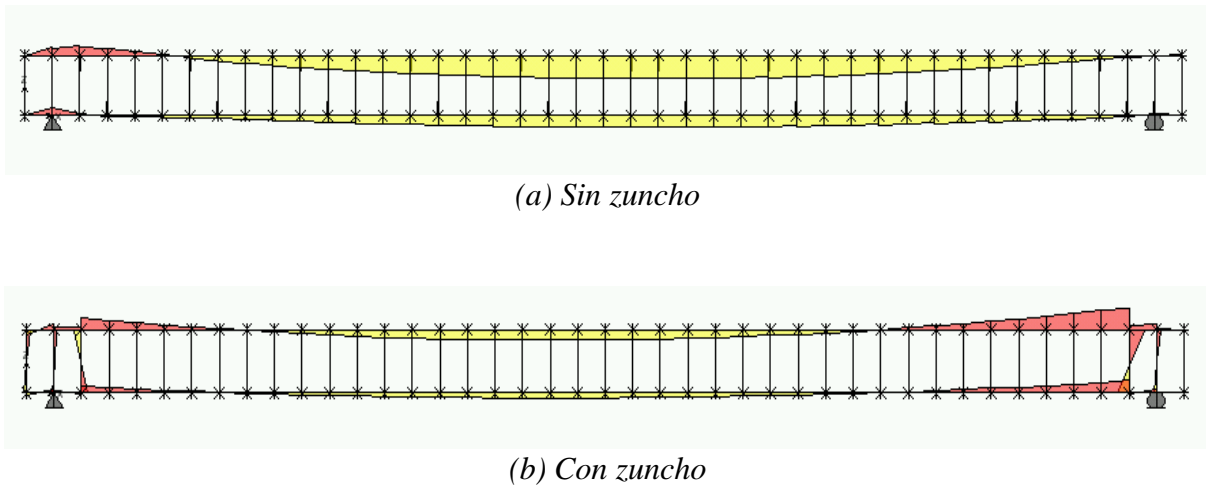


Figura B.13: Momentos flectores - Carga 45°

La tabla B.10, muestra un resumen de los resultados obtenidos, en las barras superiores inferiores, sus esfuerzos axiales y momentos flectores para ambos paneles, tomando como referencia representativa en cada panel, las barras que se encuentran entre los nudos de los extremos del panel (apoyos), a $L/3$, $L/2$ y $2L/3$ de la luz.

| | Ubicación | Barra N° | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | | |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-----------|
| | | | N | M | N | M | |
| | | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) | |
| Barras superiores | Zona Apoyo 1 | 44 | -2,47E+03 | -8,99E+04 | -1,97E+03 | -6,54E+04 | |
| | | 45 | -2,42E+03 | -1,09E+05 | -1,64E+03 | -3,25E+04 | |
| | | 46 | -2,36E+03 | -1,05E+05 | -2,82E+03 | -1,24E+05 | |
| | L/3 | 57 | -1,74E+03 | 1,99E+05 | -2,82E+03 | 9,05E+04 | |
| | | 58 | -1,68E+03 | 2,12E+05 | -2,82E+03 | 9,80E+04 | |
| | L/2 | 64 | -1,33E+03 | 2,58E+05 | -2,82E+03 | 1,11E+05 | |
| | | 65 | -1,27E+03 | 2,61E+05 | -2,82E+03 | 1,09E+05 | |
| | 2L/3 | 71 | -9,15E+02 | 2,48E+05 | -2,81E+03 | 6,07E+04 | |
| | | 72 | -8,55E+02 | 2,41E+05 | -2,81E+03 | 4,71E+04 | |
| | Zona Apoyo 2 | 83 | -1,84E+02 | 4,45E+04 | -2,81E+03 | -2,38E+05 | |
| | | 84 | -1,23E+02 | 2,21E+04 | -6,02E+02 | -5,54E+04 | |
| | | 85 | -6,10E+01 | 6,20E+03 | -3,40E+01 | -5,10E+03 | |
| | Barras Inferiores | Zona Apoyo 1 | 86 | -5,70E+01 | -9,25E+04 | -5,57E+02 | -4,20E+04 |
| | | | 87 | 2,42E+03 | -2,13E+04 | 1,64E+03 | -2,52E+04 |
| | | | 88 | 2,36E+03 | -1,71E+04 | 2,82E+03 | -6,68E+04 |
| L/3 | | 99 | 1,74E+03 | 1,01E+05 | 2,82E+03 | 4,65E+04 | |
| | | 100 | 1,68E+03 | 1,08E+05 | 2,82E+03 | 5,03E+04 | |
| L/2 | | 106 | 1,33E+03 | 1,33E+05 | 2,82E+03 | 5,69E+04 | |
| | | 107 | 1,27E+03 | 1,35E+05 | 2,82E+03 | 5,57E+04 | |
| 2L/3 | | 113 | 9,15E+02 | 1,28E+05 | 2,81E+03 | 3,12E+04 | |
| | | 114 | 8,55E+02 | 1,24E+05 | 2,81E+03 | 2,42E+04 | |
| Zona Apoyo 2 | | 125 | 1,84E+02 | 2,98E+04 | 2,81E+03 | -1,32E+05 | |
| | | 126 | 1,23E+02 | -2,13E+04 | 6,02E+02 | -3,62E+04 | |
| | | 127 | 6,10E+01 | -1,67E+04 | 3,40E+01 | -1,80E+03 | |

Tabla B.10: Esfuerzos axiales y momentos flectores barras superiores e inferiores
Carga 45°

En el *panel sin zuncho* se observa una ley de momentos flectores mayor en la parte superior que en la inferior, produciéndose en el apoyo cercano a la aplicación de la carga, unos momentos flectores negativos, esto puede deberse al efecto de tener una carga en dos sentidos sobre el mismo punto. El mayor momento se presenta en el centro del panel, tanto en la parte superior como en la inferior.

En el *panel conformado con el zuncho* (figura B.13 (b)), se observa que sube la ley de momentos en ambos extremos, produciéndose momentos negativos en los apoyos, éstos son mayores en el extremo contrario a la carga aplicada, atribuyendo este efecto al zuncho en el extremo. Se observan unos momentos positivos y negativos en las barras verticales de los extremos, que son las que conforman el zuncho.

B.2.4. Caso 4: Carga inclinada 45° aplicada a 1/3 de la luz

Para este análisis, se toma la misma conformación geométrica de la figura B.1, cambiando la aplicación de la carga, que en este caso corresponde a una carga inclinada 45°, aplicada en a $L/3$ de la luz.. Esta carga, fue aplicada dentro del modelo por medio de sus dos componentes P_x y P_y , cada una con una carga $p = 2,53kN$ estos valores corresponden a un valor total de $P = 3,58 kN$, para una sección de 215 mm. La figura B.14 muestra exactamente donde fue aplicada la carga en cada panel.

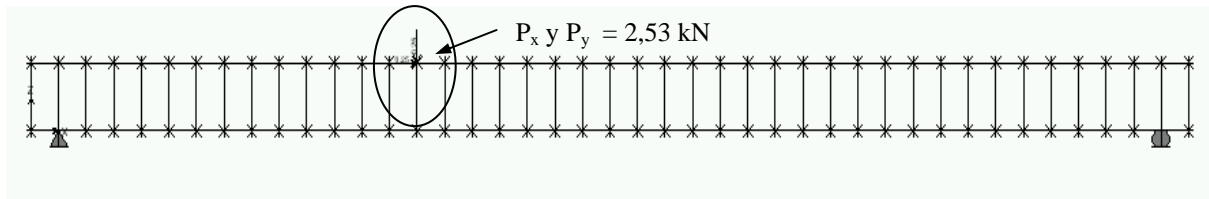


Figura B.14: Carga aplicada 45° $L/3$ de la luz - modelo SAP 2000

La figura B.15 muestra las deformaciones producidas en cada uno de los paneles (Sin zuncho (a), con zuncho (b)).

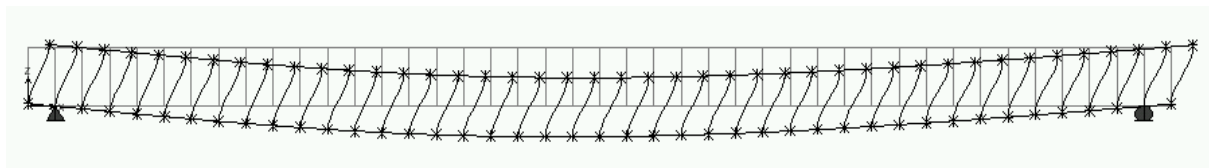


Figura B.15 (a): Panel EPS 12 sin zuncho – Deformación carga 45° a $L/3$ de la luz

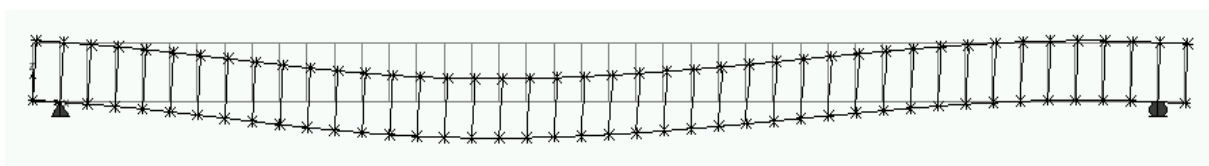


Figura B.15 (b): Panel EPS 12 con zuncho – carga 45° a $L/3$ de la luz

La tabla B.11, muestra los resultados obtenidos de los desplazamientos en el eje horizontal (eje x) y eje vertical (eje z), para cada uno de los nudos que conforman el panel (panel EPS 120 mm con y sin zuncho), igualmente la tabla muestra los desplazamientos relativos obtenidos en el eje x, es decir para cada pareja de nudos. Se tomaron como referencia representativa en cada panel, los nudos que se encuentran en los extremos del panel (nudos N° 1, 2, 3, 4, 83, 84, 85 y 86), igualmente los nudos de la sección a $L/3$ (Nudos N° 29 y 30), a $L/2$ (Nudos N° 43 y 44) y a $2L/3$ (Nudos N° 57 y 58).

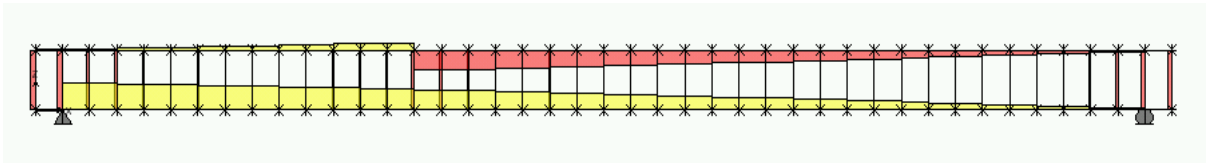
| | Conector N° | EPS 12 sin zuncho | | | EPS 12 con zuncho | | |
|--------------------|----------------|-------------------|------------|------------------|-------------------|------------|------------------|
| | | Eje X | Desp Relat | Eje Z | Eje X | Desp relat | Eje Z |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | 2,13E-05 | 1,98E+01 | 2,20E-00 | -3,05E-05 | 5,10E-01 | 5,20E-02 |
| | 2 | 1,98E+01 | | 2,15E-00 | 5,10E-01 | | 5,10E-02 |
| | 3 | 0,00E+00 | 1,98E+01 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 5,10E-01 | 0,00E+00 |
| | 4 | 1,98E+01 | | -5,00E-02 | 5,10E-01 | | -6,20E-04 |
| L/3 | 29 | 1,30E-02 | 1,98E+01 | -2,32E+01 | 4,00E-02 | 4,47E-01 | -9,86E-01 |
| | 30 | 1,98E+01 | | -2,32E+01 | 4,87E-01 | | -9,88E-01 |
| L/2 | 43 | 1,80E-02 | 1,98E+01 | -2,57E+01 | 6,20E-02 | 4,07E-01 | -1,11E-00 |
| | 44 | 1,98E+01 | | -2,57E+01 | 4,69E-01 | | -1,11E-00 |
| 2L/3 | 57 | 2,20E-02 | 1,98E+01 | -2,08E+01 | 8,40E-02 | 3,68E-01 | -7,31E-01 |
| | 58 | 1,98E+01 | | -2,08E+01 | 4,52E-01 | | -7,32E-01 |
| Zona Apoyo 2 | 83 | 2,60E-02 | 1,98E+01 | 0,00E+00 | 1,23E-01 | 2,98E-01 | 0,00E+00 |
| | 84 | 1,98E+01 | | -3,50E-02 | 4,21E-01 | | -6,96E-05 |
| | 85 | 2,60E-02 | 1,98E+01 | 1,84E-00 | 1,23E-01 | 2,98E-01 | -2,00E-02 |
| | 86 | 1,98E+01 | | 1,81E-00 | 4,21E-01 | | -2,00E-02 |

Tabla B.11: Resultados Obtenidos, EPS 120 mm con y sin zuncho, carga 45° -L/3 de la luz

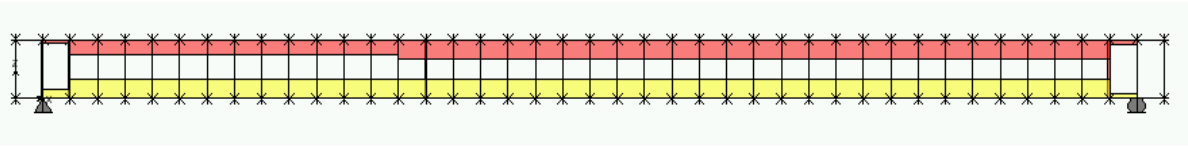
En el caso del panel *EPS 12 sin zuncho*, se observa un desplazamiento la parte superior sobre el eje horizontal, mucho más que la parte inferior del panel, debido al igual en el resto de casos de carga al apoyo ubicado en el nudo 3. Estos desplazamientos relativos, son constantes en todo el panel, estando dentro del orden de unos 19 mm. Igualmente se observa un desplazamiento sobre el eje vertical, más específicamente en la sección central del elemento. (Figura B.15 (a)), cabe anotar que esto se puede presentar debido a los desplazamientos producidos en el eje horizontal que desplazan la deformada en L/3, produciéndose en la sección central.

Por otro lado, en el *panel con zuncho* es el único caso de carga en el que la deformada se presenta en el centro del panel (L/2) (Figura B.15 (b)). Los desplazamientos sobre el eje x, son menores al panel sin zuncho y van disminuyendo en el sentido de la carga. En los otros casos de carga se le atribuyó la rigidez que da el zuncho al panel, el que se presentara la curvatura a L/3 de la sección, por otra parte, estando sometido el panel a una carga horizontal a L/3, éste flexiona en su sección central, sin embargo los resultados a L/3 de la sección no son muy diferentes.

Los diagramas de esfuerzos axiales se muestran en la figura B.16 (figura B.16 (a) sin zuncho y figura B.16 (b) con zuncho).



(a) Sin zuncho



(b) Con zuncho

Figura B.16: Esfuerzos axiales – Carga 45° a L/3 de la luz

En las figuras anteriores se puede observar como en el *panel sin zuncho*, los esfuerzos axiales de la capa superior son mayores en el punto de aplicación de la carga presentando compresiones y tracciones, éstos van disminuyendo como es lógico, hasta llegar al punto de apoyo contrario. Los esfuerzos axiales en los conectores, se encuentran implícitos en la grafica, ya que los valores para las capas superiores e inferiores son mayores, sin embargo, se observan los valores de esfuerzos axiales para los conectores próximos a los apoyos, los mayores esfuerzos axiales en los conectores, se encuentran ubicados cerca de los apoyos.

En el diagrama de esfuerzos axiales para el *panel conformado con el zuncho*, los esfuerzos en las barras superiores e inferiores se reparten de manera uniforme, es mayor el esfuerzo en la capa superior donde se encuentra aplicada la carga, esto se puede deber al zuncho en los extremos, que ayuda a que estos esfuerzos se repartan uniformemente por todo el panel. Los mayores esfuerzos axiales en los conectores, se presentan en el punto de aplicación de la carga (L/3). La figura B.16 (b) muestra los esfuerzos axiales en las barras superiores e inferiores, ya que para los conectores, los esfuerzos axiales son valores menores y se encuentran implícitos en la figura.

La tabla B.12 muestra los esfuerzos axiales y momentos flectores para cada uno de los conectores que conforman ambos paneles. En la tabla se enuncian los momentos flectores positivos y negativos en cada conector.

| Ubicación | Conector Nº | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | |
|-----------------|----------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | N | M | N | M |
| | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) |
| Zona Apoyo 1 | 1 | -5,310E+02 | 3,400E+03 | 3,958E-00 | -4,100E+03 |
| | 1 | -5,310E+02 | -3,400E+03 | 3,958E-00 | 9,000E+03 |
| | 2 | -4,960E+02 | 3,400E+03 | -7,220E+02 | -8,580E+04 |
| | 2 | -4,960E+02 | -3,400E+03 | -7,220E+02 | 1,230E+05 |
| | 3 | -3,430E+02 | 3,400E+03 | -7,130E+02 | -3,189E+05 |
| | 3 | -3,430E+02 | -3,400E+03 | -7,130E+02 | 4,370E+05 |
| L/3 | 15 | -2,440E+02 | 4,000E+03 | -2,270E+02 | 2,461E+01 |
| | 15 | -2,440E+02 | -4,000E+03 | -2,270E+02 | -2,462E+01 |
| L/2 | 22 | -3,785E+00 | 4,500E+03 | -2,964E-00 | 1,795E+02 |
| | 22 | -3,785E+00 | -4,500E+03 | -2,964E-00 | -1,794E+02 |
| 2L/3 | 29 | -1,200E+01 | 4,900E+03 | -1,100E+01 | 2,310E+02 |
| | 29 | -1,200E+01 | -4,900E+03 | -1,100E+01 | -2,310E+02 |
| Zona Apoyo 2 | 41 | -2,480E+02 | 5,200E+03 | -8,860E+02 | 4,515E+05 |
| | 41 | -2,480E+02 | -5,200E+03 | -8,860E+02 | -6,261E+05 |
| | 42 | -3,490E+02 | 5,200E+03 | -1,350E+02 | 1,048E+05 |
| | 42 | -3,490E+02 | -5,200E+03 | -1,350E+02 | -1,513E+05 |
| | 43 | -3,580E+02 | 5,200E+03 | 5,700E+01 | 6,600E+03 |
| | 43 | -3,580E+02 | -5,200E+03 | 5,700E+01 | -9,800E+03 |

Tabla B.12: Esfuerzos axiales y momentos flectores en conectores
Carga a 45°-L/3 de la luz

De los esfuerzos axiales producidos se analizará, al igual que en el caso de carga anterior, si se presenta una rotura de la soldadura de unión del conector con la malla. Ya que todos los conectores de ambos paneles se encuentran a compresión y no es factible que se presente una rotura por tracción en el acero. Se toma la tensión en el conector más solicitado, tomando el esfuerzo axial producido en éste, según la ecuación B.1.

En el caso del panel con *EPS 120 mm sin zuncho*, el esfuerzo axial tomado para el conector N° 1, $N = 531 N$, la tensión obtenida en este caso es de $75,12 N/mm^2$. De esta manera comparando dicha tensión con el 30% $f_{yk} = 150 N/mm^2$, no se supera este límite, con lo cual *no se produce una rotura de la soldadura* (Norma UNE 36739:1995EX).

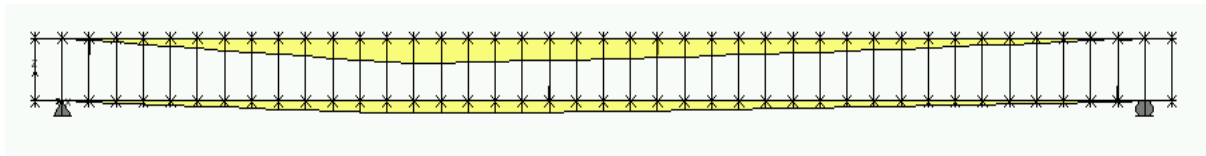
$$\sigma(75,121 N/mm^2) < 0,30 f_{yk} (150 N/mm^2) \quad (\text{No rompe})$$

Para el caso del panel con *EPS 120 mm con zuncho*, el valor del esfuerzo axial para el conector N° 15, que es la barra más solicitada, $N = 227 N$. La tensión obtenida es de $32,11 N/mm^2$. Con este resultado no se supera el 30% límite elástico del acero, por esto, en este caso *no se produce un despegue de la soldadura* de unión del conector con la malla. (Norma UNE 36739:1995EX).

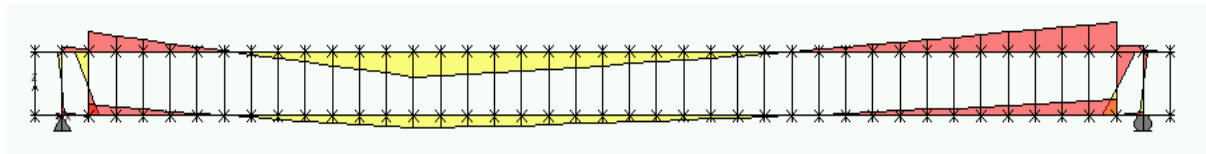
$$\sigma (32,11 \text{ N/mm}^2) < 0,30 f_{yk} (150 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{No rompe})$$

Con este resultado en ambos paneles, los desplazamientos producidos en el eje x, no producen un esfuerzo axial sobre cada conector, como para que se produzca un despegue de la soldadura que une el conector con la malla. El resultado para el panel con zuncho es el 20% del límite dado por la norma, sin embargo, en el panel sin zuncho es el 50% del límite, por esto existe una mayor probabilidad de la rotura de la soldadura en este panel, que en el que está conformado con el zuncho. En ambos paneles los resultados conducen a que la capa superior e inferior, no se desplazan significativamente sobre su eje, por esto, no se produce un efecto rasante para este caso de carga.

La figura B.17 muestra los momentos flectores actuantes, para cada uno de los paneles (B.17 (a) sin zuncho y B.17 (b) con zuncho).



(a) Sin zuncho



(b) Con zuncho

Figura B.17: Momentos flectores - Carga 45° a L/3 de la luz

La tabla B.13 muestra un resumen de los resultados obtenidos, en las barras superiores e inferiores, sus esfuerzos axiales y momentos flectores para ambos paneles, tomando como referencia representativa en cada panel, las barras que se encuentran entre los nudos de los extremos del panel (apoyos), a L/3, L/2 y 2L/3 de la luz.

| | Ubicación | Barra N° | EPS 12 sin zuncho | | EPS 12 con zuncho | |
|-------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | | N | M | N | M |
| | | | (N) | (Nxmm) | (N) | (Nxmm) |
| Barras superiores | Zona Apoyo 1 | 44 | 4,60E+01 | 4,20E+04 | -8,70E+01 | -9,00E+03 |
| | | 45 | 9,20E+01 | 1,19E+05 | -1,48E+03 | -1,34E+05 |
| | | 46 | 1,38E+02 | 2,19E+05 | -6,52E+03 | -5,20E+05 |
| | L/3 | 57 | 6,71E+02 | 1,40E+06 | -6,53E+03 | 6,89E+05 |
| | | 58 | -1,81E+03 | 1,40E+06 | -9,06E+03 | 6,89E+05 |
| | L/2 | 64 | -1,47E+03 | 1,17E+06 | -9,05E+03 | 4,13E+05 |
| | | 65 | -1,40E+03 | 1,13E+06 | -9,04E+03 | 3,69E+05 |
| | 2L/3 | 71 | -1,03E+03 | 8,52E+05 | -9,03E+03 | 5,94E+04 |
| | | 72 | -9,61E+02 | 8,01E+05 | -9,02E+03 | -5,72E+04 |
| | Zona Apoyo 2 | 83 | -2,09E+02 | 1,25E+05 | -9,00E+03 | -7,91E+05 |
| | | 84 | -1,40E+02 | 6,44E+04 | -1,82E+03 | -1,67E+05 |
| | | 85 | -7,00E+01 | 2,04E+04 | -1,09E+02 | -1,53E+04 |
| Barras inferiores | Zona Apoyo 1 | 86 | -4,60E+01 | 3,40E+03 | 8,70E+01 | -4,10E+03 |
| | | 87 | 2,44E+03 | 6,05E+04 | 4,01E+03 | -8,96E+04 |
| | | 88 | 2,39E+03 | 6,39E+04 | 9,05E+03 | -2,92E+05 |
| | L/3 | 99 | 1,86E+03 | 6,73E+05 | 9,06E+03 | 3,06E+05 |
| | | 100 | 1,81E+03 | 6,81E+05 | 9,06E+03 | 3,11E+05 |
| | L/2 | 106 | 1,47E+03 | 6,00E+05 | 9,05E+03 | 2,15E+05 |
| | | 107 | 1,40E+03 | 5,78E+05 | 9,04E+03 | 1,90E+05 |
| | 2L/3 | 113 | 1,03E+03 | 4,38E+05 | 9,03E+03 | 3,05E+04 |
| | | 114 | 9,61E+02 | 4,12E+05 | 9,02E+03 | -2,93E+04 |
| | Zona Apoyo 2 | 125 | 2,09E+02 | 7,88E+04 | 9,00E+03 | -4,42E+05 |
| | | 126 | 1,40E+02 | 3,26E+04 | 1,82E+03 | -1,07E+05 |
| | | 127 | 7,00E+01 | -3,21E+04 | 1,09E+02 | -2,30E+03 |

Tabla B.13: Esfuerzos axiales y momentos flectores en barras superiores e inferiores
Carga 45° a L/3

En el *panel sin zuncho* se observa una ley de momentos flectores mayor en la parte superior que en la inferior, es mayor la ley producida en el punto de aplicación de la carga. Mientras que en el *panel conformado con el zuncho* (figura B.17 (b)), se observa que sube la ley de momentos en ambos extremos, produciéndose momentos negativos en los apoyos, son mayores en el extremo contrario a la carga aplicada.

Los momentos positivos mayores se observan en el punto de aplicación de la carga, a L/3 de la luz, como es lógico. Estos momentos positivos y negativos en los extremos del panel, se deben al efecto del zuncho, que ayuda a que el elemento tenga una rigidez superior. Igualmente se pueden observar unos momentos positivos y negativos en las barras verticales de los extremos, que son las que conforman el zuncho.

B.3. CONCLUSIONES

Por medio de este análisis se puede concluir:

- Para la mayoría de los casos de carga estudiados, no se supera el 30% del esfuerzo máximo a tracción para el acero, por esto, no se produce una rotura de la soldadura de unión del conector con la malla. Este límite se supera cuando la carga $p = 15 \text{ kN}$, (sección 900 mm) es aplicada a 45° en uno de los extremos en el panel sin zuncho.
- El posible efecto de rasante que se presentara en los paneles, estaría dado cuando el desplazamiento relativo sobre el eje x fuera tan grande, que el conector absorbiera un esfuerzo axial que supere el esfuerzo a tracción del acero, hasta producir una rotura de la soldadura, o cuando alguno de los conectores se encuentre traccionado y por esto se presente una rotura del acero por tracción, sin embargo, en ninguno de los casos de carga estudiados, se presenta este efecto.
- El caso más desfavorable de carga, es el de aplicación de una carga a 45° en uno de los extremos del panel, es aquí donde se produce un efecto de rasante tal que, el esfuerzo máximo alcanzado por los conectores, supera el 30% del esfuerzo a tracción del acero, produciéndose la rotura.

