

La otra situación resulta cuando no se suelda ningún conector adicional (*adicional* a los conectadores requeridos por la viga para su acción compuesta).

En el primer caso, con conectadores adicionales, la capacidad portante de los tableros metálicos es considerablemente mayor que cuando no los tiene.

Este fenómeno se explica porque, antes de que la sección del tablero metálico pueda alcanzar la tensión de fluencia, se produce el deslizamiento del hormigón dentro de las nervaduras y por lo tanto, no se alcanza a desarrollar la máxima capacidad teórica de la sección compuesta con la plastificación total de la sección del tablero. La colocación de conectadores que *fijan* los extremos de la sección, impide el deslizamiento relativo en los apoyos y permiten que el tablero alcance la tensión de fluencia.

La cantidad de conectadores adicionales se determina como se indica a continuación:

$$F = \left(A_s - \frac{A_{webs}}{2} - A_{bf} \right) \cdot F_y$$

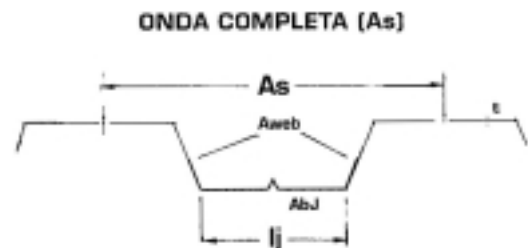


Figura 7

En esta expresión es:

- F: Fuerza de anclaje requerida que será resistida por los conectadores adicionales extremos, soldados a las alas de las vigas de apoyo.
- t: Espesor de la chapa del tablero Cal22 (t = 0.076 cm).
- As: Sección de una onda completa del tablero metálico (40.246 cm x t (cm) = 3.057 cm²).
- Awebs: Sección del par de nervios incluidos en la onda (5.42 cm x t(cm) = 1.046 cm²).
- Abf: Sección del ala inferior incluida en la onda (14.05 cm x t(cm) = 1.067 cm²).
- Fy: Tensión de fluencia del acero del tablero metálico (A36 = 2.53 t/cm²)

Para el caso particular de la “*losacero Sección 4*” resulta:

$$F = 3.71 \text{ ton por onda completa}$$

Considerando que el tablero tiene un ancho equivalente a tres ondas completas, la fuerza de anclaje total requerida es de 11.13 ton. Conocida la capacidad de un conector de 20 mm de diámetro (3/4”) Q = 9.5 ton para un hormigón H21 y teniendo en cuenta la condición de separación máxima de 94 cm entre dos conectadores consecutivos (AISC-LRFD, Cap. I, Art. I5-6), se deberán disponer como mínimo 2 conectadores por cada tablero para alcanzar la resistencia suministrada por la plastificación total de la sección total del tablero (ver Tabla S4-6 de “*losacero Sección 4*”). Lo usual es disponer uno por cada acanaladura o valle del tablero.

- 4.3.2) Debe aclararse debidamente que en las tablas brindadas por los fabricantes, cuando se indica la *capacidad portante o sobrecarga admisible*, etc. – mal llamada también en algunos casos *carga viva* – la misma se refiere a las cargas que se aplican al tablero compuesto, una vez que el hormigón ha endurecido. Es decir, a menos que sea específicamente aclarado, en esas cargas deben incluirse las correspondientes a la composición del solado (contrapisos, mezclas de asiento, etc.), particiones (tabiquería), cielorrasos, instalaciones, etc. y la que en nuestro medio se denomina *sobrecarga útil*, elegida de acuerdo al destino del local y fijada por los Códigos Municipales o por el Reglamento *CIRSOC 101*.

Por otra parte, las sobrecargas mencionadas dadas por los fabricantes se refieren a la capacidad de los tableros compuestos suponiendo que los mismos trabajan como simplemente apoyados en sus extremos. El tablero de acero constituye, en todos los casos, la armadura positiva del tramo. Es posible dar continuidad entre tramos contiguos de tableros compuestos, siempre que se calcule la armadura necesaria para el momento negativo sobre los apoyos.

Algo parecido ocurre en tramos de tableros en voladizo. En este caso, el tablero actúa solamente como encofrado, la armadura necesaria para el momento negativo en la sección de empotramiento, debe ser calculada por el ingeniero proyectista, sin considerar al tablero de acero como armadura negativa.

- 4.3.3) En la carpeta de hormigón, que se crea por encima del ala superior del tablero metálico y cuyo espesor mínimo es de 50 mm, debe colocarse una malla de acero soldada de hierros redondos a los efectos de impedir la fisuración del hormigón por variaciones de temperatura y contracciones de fragüe (Figura 7.1). La sección mínima de la malla, en ambos sentidos por unidad de longitud, debe ser $mínF_e = 0.00075 \times A$, en la cual A es el área de la sección de hormigón (expresada en cm^2/m) por encima del tablero metálico, pero de sección no menor a la que le corresponde a una malla de $\phi 4.2 \times 150 \times 150 \text{ mm}$, ($0.92 \text{ cm}^2/m$ y 1.46 kg/m^2). El recubrimiento superior de esta malla debe ser del orden de 20 a 25 mm. Por ejemplo, a una losa cuya carpeta tiene un espesor $t_o = 8 \text{ cm}$, le corresponde una armadura mínima de:

$$mínF_e = 0.075 \cdot d(\text{cm}) = 0.6 \cdot \frac{\text{cm}^2}{m}$$

En la medida que la malla adoptada supere el requerimiento mínimo indicado, el excedente de sección puede considerarse como armadura negativa colaborante para la absorción de los momentos negativos de tramos continuos de tableros compuestos.

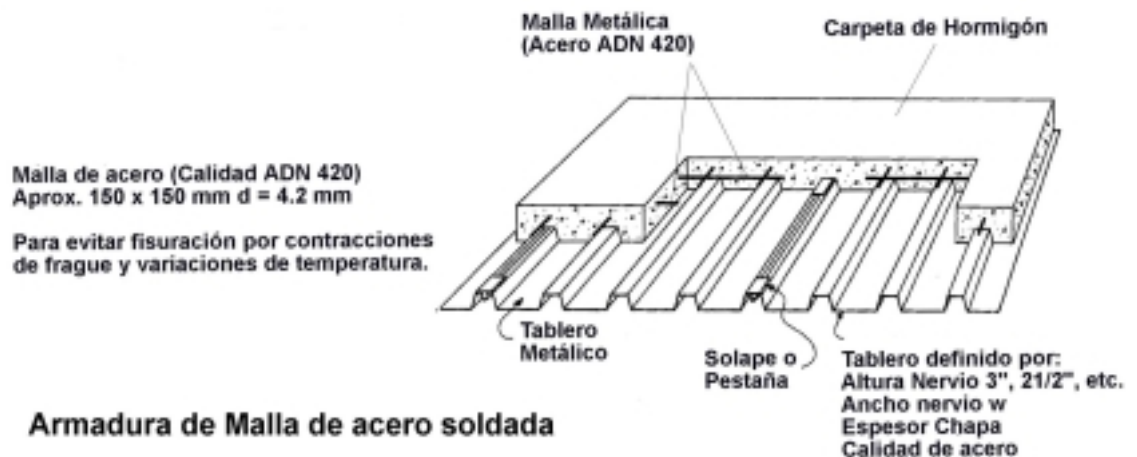


Figura 7.1

- 4.3.4) En la determinación mediante análisis elástico, de la capacidad portante como sección compuesta de un tablero *sin apuntalamiento*, la tensión máxima de tracción, debida a la acción simultánea del peso propio del hormigón, del tablero y de la sobrecarga de construcción (*precomposite*) no debe exceder $0.8 \times F_y$. Cuando el tablero se apuntala, la tensión máxima de tracción bajo carga total (peso propio tablero, hormigón, cargas posteriores al fraguado del hormigón incluyendo la sobrecarga útil) debe ser menor a $0.6 \times F_y$ y no debe sobrepasar 2.57 kg/cm^2 . En este último caso, los puntales no deben ser retirados hasta que el hormigón no haya alcanzado el 75% de su resistencia final.
- 4.3.5) En el caso de tableros sin apuntalamiento, la tensión de compresión en el hormigón no debe superar el valor de $0.45 \times f'_c$ bajo las cargas actuantes posteriores al fraguado del hormigón. Al proceder de esta manera, se supone implícitamente, que la masa de hormigón es resistida, junto con el peso del tablero, por la viga de acero sola. Cuando el tablero esté apuntalado, la tensión de compresión del hormigón no debe superar $0.45 \times f'_c$ bajo la acción de las cargas totales (peso propio y sobrecargas útiles).
- 4.3.6) Con relación a las deformaciones, la especificación del SDI establece una flecha máxima de los tableros de $L/360$, bajo la acción de las sobrecargas útiles (LL).

En este caso, las características de la sección serán calculadas sobre la base de un comportamiento elástico del material. Se tomará un momento de inercia de la sección reducida promedio entre el que le corresponde al hormigón fisurado (hasta el eje neutro) y el que corresponde a la sección en estado 1 (hormigón no fisurado).

- 4.3.7) Desarrollaremos a continuación, a manera de ejemplo, la determinación de la capacidad portante de un tablero metálico considerando la plastificación total del tablero.

Utilizaremos para este caso como alternativa, un criterio de estados límites como lo establece la AISC – LRFD, dentro del cual el momento o resistencia de cálculo está dado por:

$$\phi_b.M_n = 0.85.A_s.F_y \left(t_o + y_o - \frac{a}{2} \right)$$

- A_s : Es el área de la sección transversal del tablero.
 y_o : Es la posición del baricentro del tablero medida desde el ala superior del mismo.
 t_o : Es el espesor de la carpeta de hormigón.
 a : Es la penetración del diagrama de tensiones de compresión

$$a = \frac{A_s.F_y}{0.85 \cdot f'_c}$$

- F_y : Es la tensión de fluencia del acero del tablero metálico.

La combinación de cargas utilizada para un edificio es del tipo:

$$Q = 1.2 DL + 1.6 LL$$

en la que DL , en este caso particular, es el peso del hormigón de la losa más el peso del tablero metálico. LL será la sobrecarga que es posible aplicar una vez que el hormigón ha fraguado. En este caso LL incluye no sólo la sobrecarga útil, que depende del destino del local, sino también las cargas permanentes de solados, cielorrasos, etc.

El valor de LL se encuentra tabulado (Tabla S4-6 "losacero Sección 4") y se calcula como:

$$LL = \frac{8.\phi.M_n}{1.6 \cdot L^2} - \frac{1.2 \cdot DL}{1.6}$$

en la que L es la longitud del tramo analizado.

Se debe recordar, que la capacidad portante de los tableros metálicos para la fase constructiva, puede calcularse considerando a los mismos como simplemente apoyados o continuos. Pero cuando el hormigón ha endurecido y la sección se transforma en compuesta, la capacidad portante se calcula suponiendo al tramo simplemente apoyado.

5) Instalación de los Tableros Metálicos

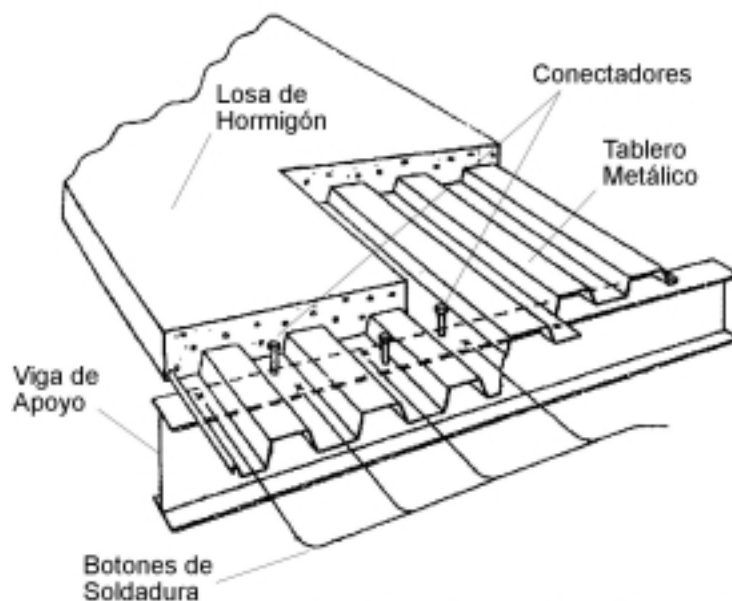
Los tableros se instalarán apoyándolos sobre las vigas de acero ubicadas a las distancias previstas en el cálculo, con anchos mínimos de apoyo sobre las alas de los perfiles, determinados según el punto 4.2.5) del artículo 4.2) *Capacidad portante de los tableros metálicos trabajando solamente como encofrados...*

Como los tableros son elementos flexibles deben ser anclados en sus extremos de apoyo para evitar su deslizamiento durante el tránsito de personas y especialmente cuando es vertido el hormigón pastoso. Esta fijación puede realizarse mediante botones de soldadura (*spots*) de 16

mm de diámetro ubicados en los valles de las acanaladuras, mediante cordones de soldadura tipo filete de 38 mm de longitud cada 30 cm, clavos aplicados por disparo o tornillos autorroscantes con una separación máxima de 400 mm. Cuando la chapa del tablero tiene un espesor menor a 0.7 mm, cuando para su fijación se utilizan botones de soldadura, deberá utilizarse una arandela soldada.

Por otra parte, la fijación de los tableros a las vigas de la estructura determina un comportamiento solidario entre ambos elementos, aún cuando el hormigón no ha sido colado. Los tableros así vinculados actuarán como diafragmas rígidos, trasladando la acción del viento aplicada sobre la estructura de acero aún desnuda, a los pórticos o núcleos de arriostramiento lateral.

Como se verá más adelante, en el desarrollo del cálculo de vigas, deberán dimensionarse *conectores de corte* requeridos por la acción compuesta, que complementaran los anclajes mencionados.



Botones de soldadura adicionales agregados para:

- mejorar la acción de diafragma.
- Provee arriostramiento a la viga de acero.
- Provee buen contacto del tablero a la viga y obtener una soldadura satisfactoria de los conectores
- Reduce la rotación de las ondas del tablero durante el hormigonado.
- Sirve como unión para impedir la separación vertical de la losa.

**Detalle de fijación de los Tableros Metálicos
(Conectores de corte y Botones de soldadura)**

Figura 8