

**Apéndice 8: Estudio comparativo para analizar la conveniencia, en el cálculo de una sección homogeneizada, de aumentar el espesor de la carpeta de hormigón, aumentar la altura del tablero o aumentar el tamaño del perfil.**

Coficiente de reducción hormigón/acero:  $n := 10$

Distancia entre vigas:  $b := 2.50 \cdot m$

**1) Características del primer perfil:**

$tonf := 1000 \cdot kgf$

Altura  $d := 250 \cdot mm$

Ala  $b_f := 101 \cdot mm$   $t_f := 5.3 \cdot mm$

Alma  $t_w := 4.83 \cdot mm$  Sección  $A_s := 2 \cdot b_f \cdot t_f + (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$   $A_s = 22.27 \cdot cm^2$

Inercia  $I_s := \frac{b_f \cdot d^3}{12} - (b_f - t_w) \cdot \frac{(d - 2 \cdot t_f)^3}{12}$   $I_s = 2155.14 \cdot cm^4$

Espesor Carpeta Hormigón:

Altura Tablero:

$$t_o := \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \end{pmatrix} \cdot cm \quad i := 0..5 \quad h_r := \begin{pmatrix} 0 \\ 3.81 \\ 5.08 \\ 6.35 \\ 7.62 \end{pmatrix} \cdot cm \quad j := 0..4$$

Altura hasta el fondo de la carpeta:

$$d_1(h_r) := d + h_r$$

$$d_1(h_r) = \begin{pmatrix} 25 \\ 28.8 \\ 30.1 \\ 31.4 \\ 32.6 \end{pmatrix} \cdot cm$$

$$a_1 := 2 \cdot cm$$

$$a(t_o, h_r) := \text{root} \left[ a_1^2 + \frac{2 \cdot n \cdot A_s}{b} \cdot a_1 - \frac{2 \cdot n \cdot A_s}{b} \cdot \left( \frac{d}{2} + h_r + t_o \right), a_1 \right]$$

$$y_g(t_o, h_r) := \begin{cases} \frac{\frac{b}{n} \cdot t_o \cdot \left( d + h_r + \frac{t_o}{2} \right) + A_s \cdot \frac{d}{2}}{\frac{b}{n} \cdot t_o + A_s} & \text{if } a(t_o, h_r) \geq t_o \\ \left[ (d + h_r + t_o) - a(t_o, h_r) \right] & \text{if } a(t_o, h_r) < t_o \end{cases}$$

**Posición del Eje neutro de la sección *bruta* reducida sin fisuración del H<sup>o</sup> (Estado I):**

**Posición del eje neutro de la sección reducida fisurada (Estado II):**

**Momento de Inercia que le corresponde a la sección en función de la posición del EN.**

$$I_H(t_O, h_R) := \begin{cases} \left[ I_s + A_s \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 + \frac{b}{n} \cdot t_O \cdot \left( d + h_R + \frac{t_O}{2} \right)^2 - y_g(t_O, h_R)^2 \cdot \left( A_s + \frac{b}{n} \cdot t_O \right) \right] & \text{if } y_g(t_O, h_R) < (d + h_R) \\ \left[ I_s + A_s \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 + (d + h_R + t_O) \cdot \frac{b}{n} \cdot \left( \frac{d + h_R + t_O + y_g(t_O, h_R)}{2} \right)^2 \right] \dots & \text{if } y_g(t_O, h_R) \geq d + h_R \\ \left[ + (-1) \cdot (y_g(t_O, h_R)) \cdot \frac{b}{n} \cdot \left( \frac{d + h_R + t_O + y_g(t_O, h_R)}{2} \right)^2 \right] \dots \\ \left[ + (-1) \cdot (y_g(t_O, h_R))^2 \cdot \left[ A_s + \frac{b}{n} \cdot (d + h_R + t_O - y_g(t_O, h_R)) \right] \right] \end{cases}$$

**Determinación de los módulos resistentes:**

$$h(t_O, h_R) := d + h_R + t_O$$

$$S_O(t_O, h_R) := \frac{I_H(t_O, h_R)}{h(t_O, h_R) - y_g(t_O, h_R)}$$

$$S_U(t_O, h_R) := \frac{I_H(t_O, h_R)}{y_g(t_O, h_R)}$$

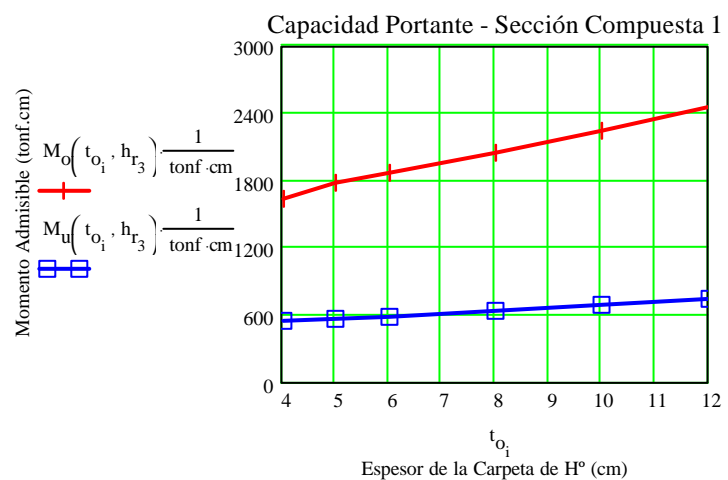
La capacidad portante será según la fibra superior:  $f_c := 0.210 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$   $F_y := 2.40 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$

$$M_O(t_O, h_R) := n \cdot S_O(t_O, h_R) \cdot 0.45 \cdot f_c$$

$$M_U(t_O, h_R) := S_U(t_O, h_R) \cdot 0.66 \cdot F_y$$

$$M_U(t_{O_i}, h_{R_3}) \cdot \left( \frac{1}{\text{tonf} \cdot \text{cm}} \right) =$$

539.9
557.2
575.3
626.9
680
734.6



## 2) Características del segundo perfil:

$$d := 260 \cdot \text{mm} \quad b_f := 102 \cdot \text{mm} \quad t_f := 10 \cdot \text{mm}$$

$$t_w := 6.35 \cdot \text{mm} \quad A_s := 2 \cdot b_f \cdot t_f + (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \quad A_s = 35.64 \text{ cm}^2$$

$$I_s := \frac{b_f \cdot d^3}{12} - (b_f - t_w) \cdot \frac{(d - 2 \cdot t_f)^3}{12} \quad I_s = 3920.7 \text{ cm}^4$$

Altura Tablero:

Espesor Carpeta Hormigón:

$$h_r := \begin{pmatrix} 0 \\ 1.5 \\ 2 \\ 2.5 \\ 3 \end{pmatrix} \cdot \text{in} \quad j := 0..4$$

$$t_o := \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \end{pmatrix} \cdot \text{cm} \quad i := 0..4$$

Altura hasta el fondo de la carpeta:

$$d_1(h_r) := d + h_r$$

$$d_1(h_r) = \begin{pmatrix} 26 \\ 29.8 \\ 31.1 \\ 32.4 \\ 33.6 \end{pmatrix} \text{ cm}$$

$$a_1 := 2 \cdot \text{cm}$$

$$a(t_o, h_r) := \text{root} \left[ a_1^2 + \frac{2 \cdot n \cdot A_s}{b} \cdot a_1 - \frac{2 \cdot n \cdot A_s}{b} \cdot \left( \frac{d}{2} + h_r + t_o \right), a_1 \right]$$

$$y_{g1}(t_o, h_r) := \begin{cases} \frac{\frac{b}{n} \cdot t_o \cdot \left( d + h_r + \frac{t_o}{2} \right) + A_s \cdot \frac{d}{2}}{\frac{b}{n} \cdot t_o + A_s} & \text{if } a(t_o, h_r) \geq t_o \\ \left[ (d + h_r + t_o) - a(t_o, h_r) \right] & \text{if } a(t_o, h_r) < t_o \end{cases}$$

**Posición del Eje neutro de la sección bruta reducida sin fisuración del Hº (Estado I):**

**Posición del eje neutro de la sección reducida fisurada (Estado II):**

**Momento de Inercia que le corresponde a la sección en función de la posición del EN.**

$$I_{rt1}(t_o, h_r) := \begin{cases} \left[ I_s + A_s \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 + \frac{b}{n} \cdot t_o \cdot \left( d + h_r + \frac{t_o}{2} \right)^2 - y_{g1}(t_o, h_r)^2 \cdot \left( A_s + \frac{b}{n} \cdot t_o \right) \right] & \text{if } y_{g1}(t_o, h_r) < (d + h_r) \\ \left[ I_s + A_s \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 + (d + h_r + t_o) \cdot \frac{b}{n} \cdot \left( \frac{d + h_r + t_o + y_{g1}(t_o, h_r)}{2} \right)^2 \dots \right. & \text{if } y_{g1}(t_o, h_r) \geq d + h_r \\ \left. + (-1) \cdot (y_{g1}(t_o, h_r)) \cdot \frac{b}{n} \cdot \left( \frac{d + h_r + t_o + y_{g1}(t_o, h_r)}{2} \right)^2 \dots \right. & \\ \left. + (-1) \cdot (y_{g1}(t_o, h_r))^2 \cdot \left[ A_s + \frac{b}{n} \cdot (d + h_r + t_o - y_{g1}(t_o, h_r)) \right] \right] & \end{cases}$$

Determinación de los módulos resistentes:

$$S_{o1}(t_o, h_r) := \frac{I_{rt1}(t_o, h_r)}{h(t_o, h_r) - y_{g1}(t_o, h_r)}$$

$$S_{u1}(t_o, h_r) := \frac{I_{rt1}(t_o, h_r)}{y_{g1}(t_o, h_r)}$$

La capacidad portante será según la fibra superior:

$$f_c := 0.210 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2} \quad F_y := 2.4 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

### Primer Perfil W10 x 12

$$M_o(t_o, h_r) := n \cdot S_o(t_o, h_r) \cdot 0.45 \cdot f_c$$

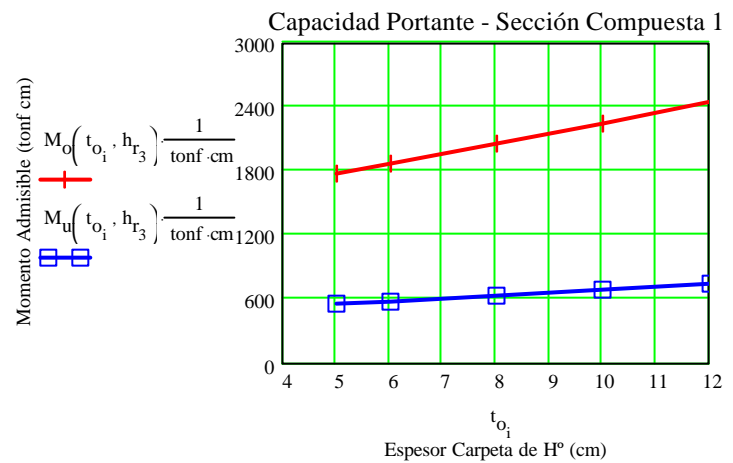
$$M_u(t_o, h_r) := S_u(t_o, h_r) \cdot 0.66 \cdot F_y$$

$$M_u(t_{o_i}, h_{r_3}) \cdot \frac{1}{\text{tonf} \cdot \text{cm}} = t_{o_i} =$$

557.2
575.3
626.9
680
734.6

5
6
8
10
12

cm



### Segundo Perfil W10 x 19

$$M_{o1}(t_o, h_r) := n \cdot S_{o1}(t_o, h_r) \cdot 0.45 \cdot f_c$$

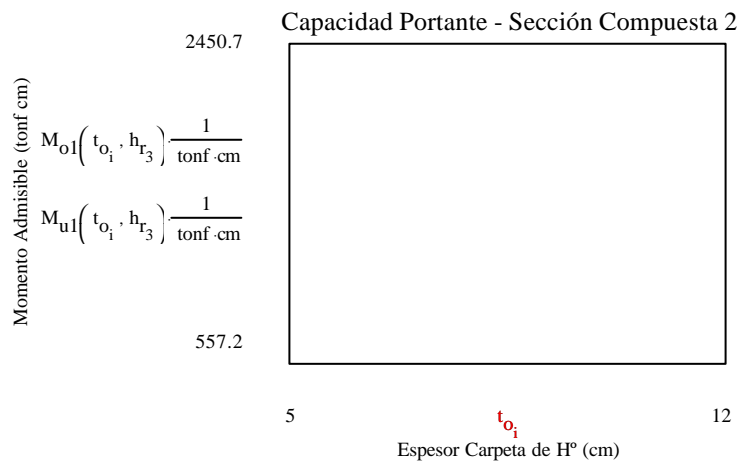
$$M_{u1}(t_o, h_r) := S_{u1}(t_o, h_r) \cdot 0.66 \cdot F_y$$

$$M_{u1}(t_{o_i}, h_{r_3}) \cdot \frac{1}{\text{tonf} \cdot \text{cm}} = t_{o_i} =$$

906
933.6
993.6
1075
1158.8

5
6
8
10
12

cm



$$As_2 / As_1 = \frac{35.64}{22.27} = 1.6$$

$$t_{o_i} = \frac{M_{u1}(t_{o_i}, h_{r_0})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_0})} = \frac{M_{u1}(t_{o_i}, h_{r_1})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_1})} = \frac{M_{u1}(t_{o_i}, h_{r_2})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_2})} = \frac{M_{u1}(t_{o_i}, h_{r_3})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_3})} = \frac{M_{u1}(t_{o_i}, h_{r_4})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_4})} =$$

5
6
8
10
12

$$\text{cm}$$

1.7
1.6
1.6
1.6
1.6
1.6

1.6
1.6
1.6
1.6
1.6
1.6

1.6
1.6
1.6
1.6
1.6
1.6

1.6
1.6
1.6
1.6
1.6
1.6

1.6
1.6
1.6
1.6
1.6
1.6

### 3) Características del tercer perfil:

$$d := 253 \cdot \text{mm} \quad b_f := 254 \cdot \text{mm} \quad t_f := 14.2 \cdot \text{mm}$$

$$t_w := 8.64 \cdot \text{mm} \quad A_s := 2 \cdot b_f \cdot t_f + (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \quad A_s = 91.54 \text{cm}^2$$

$$I_s := \frac{b_f \cdot d^3}{12} - (b_f - t_w) \cdot \frac{(d - 2 \cdot t_f)^3}{12} \quad I_s = 11111.8 \text{cm}^4$$

Altura Tablero:

Espesor Carpeta Hormigón:

$$h_r := \begin{pmatrix} 0 \\ 1.5 \\ 2 \\ 2.5 \\ 3 \end{pmatrix} \cdot \text{in} \quad j := 0..4 \quad t_o := \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \end{pmatrix} \cdot \text{cm} \quad i := 0..4$$

Altura hasta el fondo de la carpeta:

$$d_1(h_r) := d + h_r \quad d_1(h_r) = \begin{pmatrix} 25.3 \\ 29.1 \\ 30.4 \\ 31.6 \\ 32.9 \end{pmatrix} \text{cm}$$

$$a_1 := 2 \cdot \text{cm}$$

$$a(t_o, h_r) := \text{root} \left[ a_1^2 + \frac{2 \cdot n \cdot A_s}{b} \cdot a_1 - \frac{2 \cdot n \cdot A_s}{b} \cdot \left( \frac{d}{2} + h_r + t_o \right), a_1 \right]$$

$$y_{g2}(t_o, h_r) := \begin{cases} \frac{\frac{b}{n} \cdot t_o \cdot \left( d + h_r + \frac{t_o}{2} \right) + A_s \cdot \frac{d}{2}}{\frac{b}{n} \cdot t_o + A_s} & \text{if } a(t_o, h_r) \geq t_o \\ \left[ (d + h_r + t_o) - a(t_o, h_r) \right] & \text{if } a(t_o, h_r) < t_o \end{cases}$$

**Posición del Eje neutro de la sección bruta reducida sin fisuración del H<sup>0</sup> (Estado I):**

**Posición del eje neutro de la sección reducida fisurada (Estado II):**

**Momento de Inercia que le corresponde a la sección en función de la posición del EN.**

$$I_{rt2}(t_o, h_r) := \begin{cases} \left[ I_s + A_s \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 + \frac{b}{n} \cdot t_o \cdot \left( d + h_r + \frac{t_o}{2} \right)^2 - y_{g2}(t_o, h_r)^2 \cdot \left( A_s + \frac{b}{n} \cdot t_o \right) \right] & \text{if } y_{g2}(t_o, h_r) < (d + h_r) \\ \left[ I_s + A_s \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 + (d + h_r + t_o) \cdot \frac{b}{n} \cdot \left( \frac{d + h_r + t_o + y_{g2}(t_o, h_r)}{2} \right)^2 \dots \right. & \text{if } y_{g2}(t_o, h_r) \geq d + h_r \\ \left. + (-1) \cdot (y_{g2}(t_o, h_r)) \cdot \frac{b}{n} \cdot \left( \frac{d + h_r + t_o + y_{g2}(t_o, h_r)}{2} \right)^2 \dots \right. \\ \left. + (-1) \cdot (y_{g2}(t_o, h_r))^2 \cdot \left[ A_s + \frac{b}{n} \cdot (d + h_r + t_o - y_{g2}(t_o, h_r)) \right] \right] & \end{cases}$$

**Determinación de los módulos resistentes:**

$$S_{o2}(t_o, h_r) := \frac{I_{rt2}(t_o, h_r)}{h(t_o, h_r) - y_{g2}(t_o, h_r)}$$

$$S_{u2}(t_o, h_r) := \frac{I_{rt2}(t_o, h_r)}{y_{g2}(t_o, h_r)}$$

La capacidad portante será según la fibra superior:

$$f_c := 0.210 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2} \quad F_y := 2.4 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

### Primer Perfil W10 x 12

$$M_o(t_o, h_r) := n \cdot S_o(t_o, h_r) \cdot 0.45 \cdot f_c$$

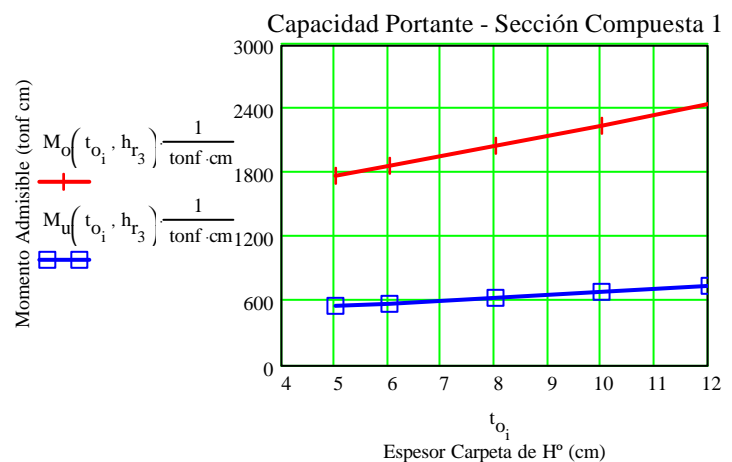
$$M_u(t_o, h_r) := S_u(t_o, h_r) \cdot 0.66 \cdot F_y$$

$$M_u(t_{o_i}, h_{r_3}) \cdot \frac{1}{\text{tonf} \cdot \text{cm}} = t_{o_i} =$$

557.2
575.3
626.9
680
734.6

5
6
8
10
12

cm



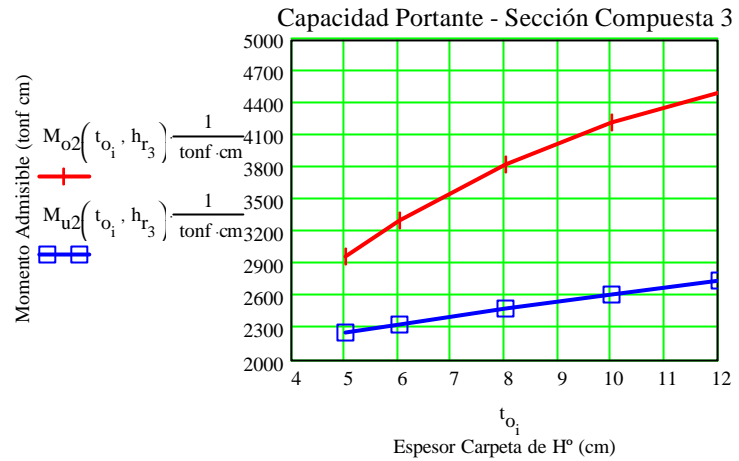
### Tercer Perfil W10 x 49

$$M_{o2}(t_o, h_r) := n \cdot S_{o2}(t_o, h_r) \cdot 0.45 \cdot f_c$$

$$M_{u2}(t_o, h_r) := S_{u2}(t_o, h_r) \cdot 0.66 \cdot F_y$$

$$M_{u2}(t_{o_i}, h_{r_3}) \cdot \frac{1}{\text{tonf} \cdot \text{cm}} = t_{o_i} =$$

2246.2	5	cm
2325.3	6	
2470.2	8	
2605.7	10	
2743.5	12	



$$As_3 / As_1 = \frac{91.54}{22.27} = 4.1$$

$t_{o_i} =$	$\frac{M_{u2}(t_{o_i}, h_{r_0})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_0})} =$	$\frac{M_{u2}(t_{o_i}, h_{r_1})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_1})} =$	$\frac{M_{u2}(t_{o_i}, h_{r_2})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_2})} =$	$\frac{M_{u2}(t_{o_i}, h_{r_3})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_3})} =$	$\frac{M_{u2}(t_{o_i}, h_{r_4})}{M_u(t_{o_i}, h_{r_4})} =$
5	4.3	4.1	4.1	4	4
6	4.2	4.1	4.1	4	4
8	4	4	3.9	3.9	3.9
10	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8
12	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7

Aparentemente la capacidad portante de los perfiles **W**, dentro de una serie dada, se multiplica por la misma relación del incremento de su peso unitario.