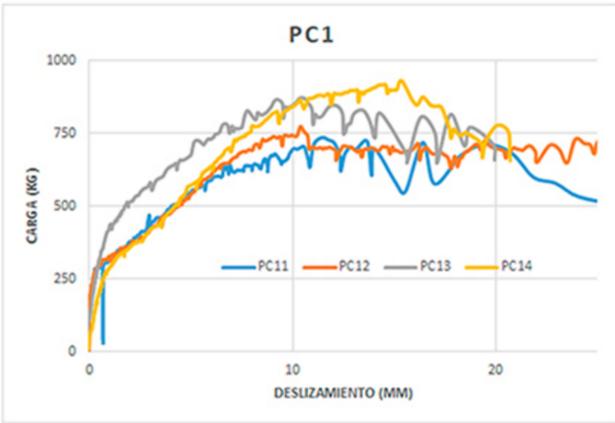
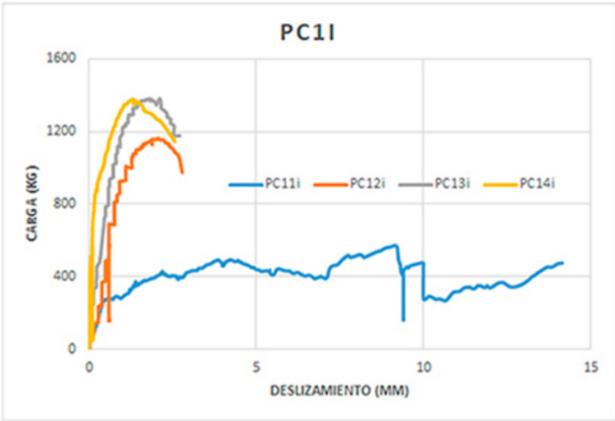


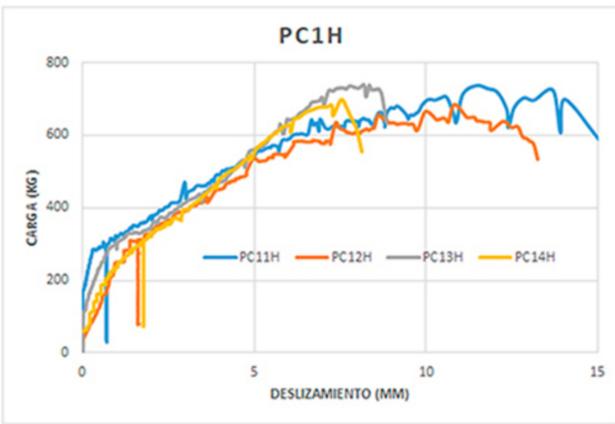
RESULTADOS



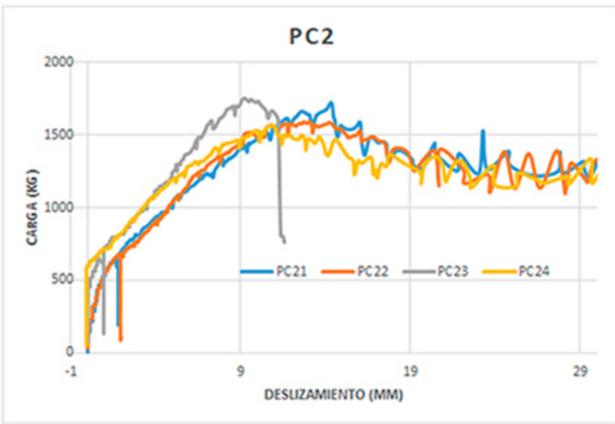
Un tirafondo 90°, hilo empotrado en la madera.



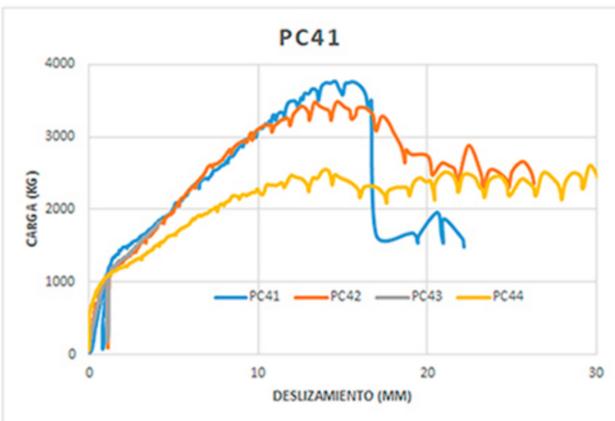
Un tirafondo 90°, hilo semi empotrado en la madera. Dos centímetros de rosca en contacto con el hormigón.



Un tirafondo 45°, hilo empotrado en la madera.



Dos tirafondos 90°, hilo empotrado. Espaciamento de 25cm entre conectores.



Cuatro tirafondos 90°, hilo empotrado. Espaciamento de 10cm entre conectores.

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Configuración	Resistencia (kg)	Ks (kg/mm)
PC1	828.8	428.4
PC1i	1309.0	2263.1
PC1H	714.0	233.7
PC2	1660.7	600.5
PC4	3627.3	940.0

- La resistencia de la conexión es inversamente proporcional a la humedad.
- El comportamiento de la conexión es predominantemente no lineal.
- La resistencia del tirafondo con hilo expuesto al hormigón es, en promedio, menor a la resistencia del conector instalado convencionalmente. Lo anterior se debe a que el plano de corte se sitúa en una sección débil del tornillo. [ver figura 6 (a)]
- La resistencia por conector de la serie PC4 es cercana a los 900 kg, lo que implica que no existe efecto grupo con espaciamento de 10 cm.
- La configuración con mejor desempeño es el tirafondo inclinado en 45° (PC1i).

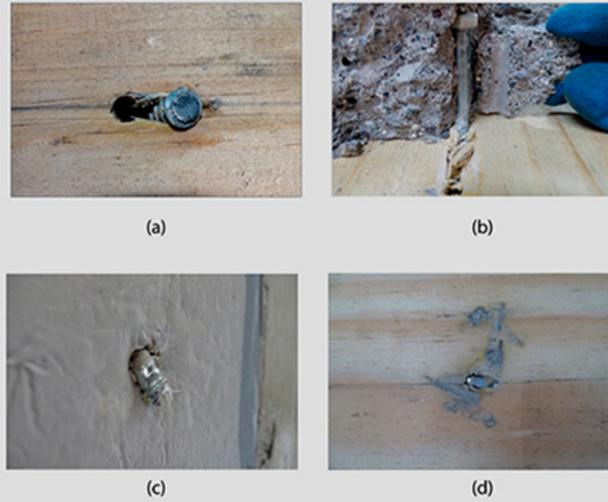


Figura 6

Considerando los resultados, la falla de la conexión es de tipo dúctil y contempla fluencia del conector y aplastamiento de la madera, ambos fenómenos fuertemente influenciados por la humedad de la madera. El corte del tirafondo se presenta con humedades favorables y densidades altas de la madera.

DISEÑO DE LOSA COMPUESTA CON MÉTODO GAMMA

Los métodos de diseño tradicionales que contemplan la sección transformada o equivalente no son válidos, producto del deslizamiento entre los materiales. El Método Gamma, a través de algunos parámetros y principalmente la rigidez flexural de las losas, estima las tensiones solicitantes del sistema mixto de madera hormigón para hacer viable el diseño (Yeoh, 2010; Clouston, 2006; Mushina, 2019).

Consideraciones iniciales



Cargas permanentes y sobrecargas

Las cargas son estimadas según NCh 1537.

- PP madera = 700 kg/m³
- PP hormigón armado = 2500 kg/m³
- Sobrecarga = 5 kPa
- Combinación de carga: $q = 1.2D + 1.6L$

Método Gamma

Los parámetros del método contemplan la elasticidad de los materiales (E_w, E_c), el área de la sección (A_w, A_c), la rigidez del conector (K_s), el espaciamento (s), la luz de la viga (l), la inercia (I_w, I_c), distancias en la sección (a_w, a_c) y espaciamento entre conectores (s).

$$\gamma_c = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_c \cdot A_c \cdot s}{K_s \cdot l^2}} = 0.333$$

Este factor gamma, representa el grado de acción compuesta, que para tornillos el máximo es 0.4, por tanto es aceptable [ver figura 5]. Con este parámetro se calcula la rigidez flexural efectiva.

$$EI_{ef} = E_c \cdot I_c + E_w \cdot I_w + \gamma_c \cdot E_w \cdot A_c \cdot a_c^2 + \gamma_w \cdot E_w \cdot A_w \cdot a_w^2$$

$$EI_{ef} = 208.21 \text{ ton} \cdot \text{m}^2$$

Se determinan las tensiones solicitantes considerando esta rigidez flexural, y obteniendo los siguientes factores de utilización:

$$\frac{\sigma_{tracción}}{R_{tracción}} + \frac{\sigma_{flexión}}{R_{flexión}} = 0.944 \rightarrow \text{Interacción flexión-tracción de la madera}$$

$$\frac{\sigma_{compresión}}{R_{compresión}} = 0.168 \rightarrow \text{Compresión del hormigón}$$

$$\frac{V_{conector}}{R_{conector}} = 0.333 \rightarrow \text{Corte del conector}$$

Con la rigidez flexural efectiva se determina la deflexión del sistema, y se verifica que cumple con la deformación admisible según NCh 1198:

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot EI_{ef}} = 3.9 \text{ mm}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{l}{300} = 12 \text{ mm}$$

Se realiza un modelo a escala de la losa calculada, donde se observa finalmente que los tornillos se ubican con las cabezas apuntando a los apoyos, de manera que la flexión genere tracción en el tirafondo.



BIBLIOGRAFÍA

- Clouston, P., & Schreyer, A. (2006). Wood-concrete composites: A structurally efficient material option. *Civil engineering practice* 21(1), 5-22.
- Mushina, J., Mushina, W., Ghafar, N. A., Yeoh, D., & Boon, K. H. (2019). Experimental test of nail and screw connectors for timber concrete composite deck. *International journal of civil engineering and technology* 10(3), 361-375.
- Yeoh, D. (2010). Behaviour and design of timber-concrete composite floor system. Nueva Zelanda: Tesis doctoral, Universidad de Canterbury.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la asistencia brindada en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles de la Universidad de Santiago de Chile, a los académicos y profesores que prestaron su tiempo y colaboración, especialmente a Sergio Yáñez Cart, Carlos Felipe Guzmán y Felipe Peña Galaz.