

Pruebas de carga celosías Greb en Mequinenza

Antecedentes

Dentro de los talleres de verano sobre construcción Greb en las instalaciones de www.arquitectura-y-paja.org, se han realizado una serie de pruebas de carga en las celosías diseñadas para **analizar su comportamiento**, y en base a los cuales se llevan a cabo análisis con modelos numéricos para **estudiar su optimización**.



Descripción sistema constructivo

Se parte de las vigas en celosía de madera diseñadas por Julio Tamata, según croquis adjunto, y una variante con tableros OSB.

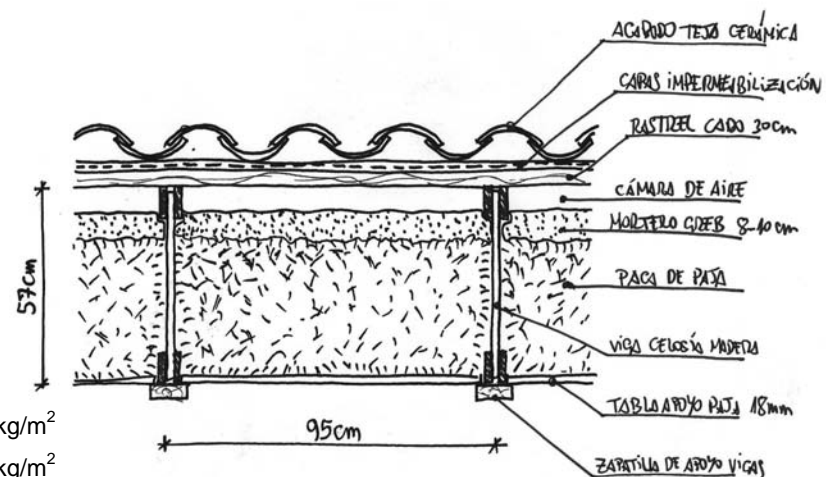
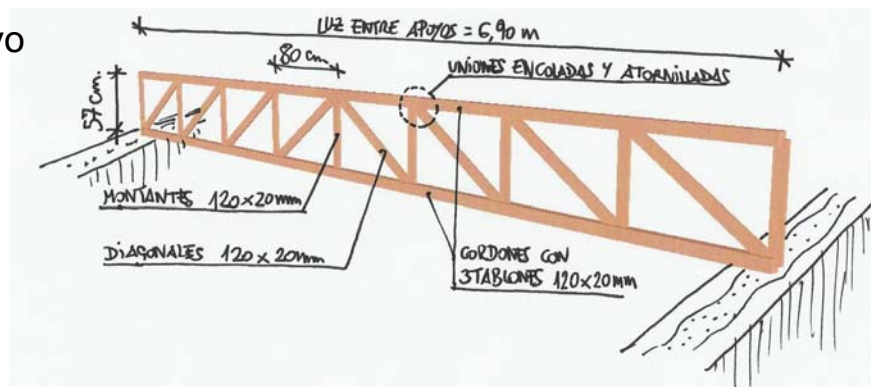
Se han realizado dos pruebas de carga en dos celosías y una viga armada:

- Viga celosía 1, con medio día de fraguado de las colas.
- Viga celosía 2, con más de 15 días de fraguado de las colas.
- Viga armada 3, con doble tablero OSB de 9mm.

Las vigas soportan una cubierta ligera Greb para una luz entre apoyos de 6,90 metros en el caso más desfavorable.

Las cargas consideradas en la cubierta son:

Peso propio vigas celosía	74 kg/m ²
Acabados cubierta con teja	20 kg/m ²
Rastreles	7 kg/m ²
Capa de mortero Greb	125 kg/m ²
Pacas de paja	24 kg/m ²
<u>Tablas inferiores apoyo pacas de paja</u>	<u>11 kg/m²</u>
Carga total por metro cuadrado	261 kg/m²



Dada la incertidumbre sobre la calidad de la madera utilizada, así como por el sistema de montaje manual de las celosías, se ha considerado un coeficiente de seguridad global de 2.

Planteamiento de las pruebas

Se realiza una prueba para cada viga con cargas estáticas, según los criterios de las normas siguientes:

-UNE-EN-380 Estructuras de madera. Métodos de ensayo. Principios generales para los ensayos de carga estática

-UNE-7-457-86 Realización ensayos estáticos de puesta en carga en estructuras de piso en edificación

Los elementos de carga son sacos de cemento de 25 kg suspendidos de la parte inferior de las celosías mediante cuerdas.

Se han pesado las vigas con una báscula doméstica.

Se toma la lectura de la humedad media de la madera en el momento de iniciar la prueba con higrómetro.

Se miden las deformaciones con un reloj comparador con precisión de 0,01 mm situado en el centro de las vigas.



Se realiza una secuencia de carga y descarga por fases:

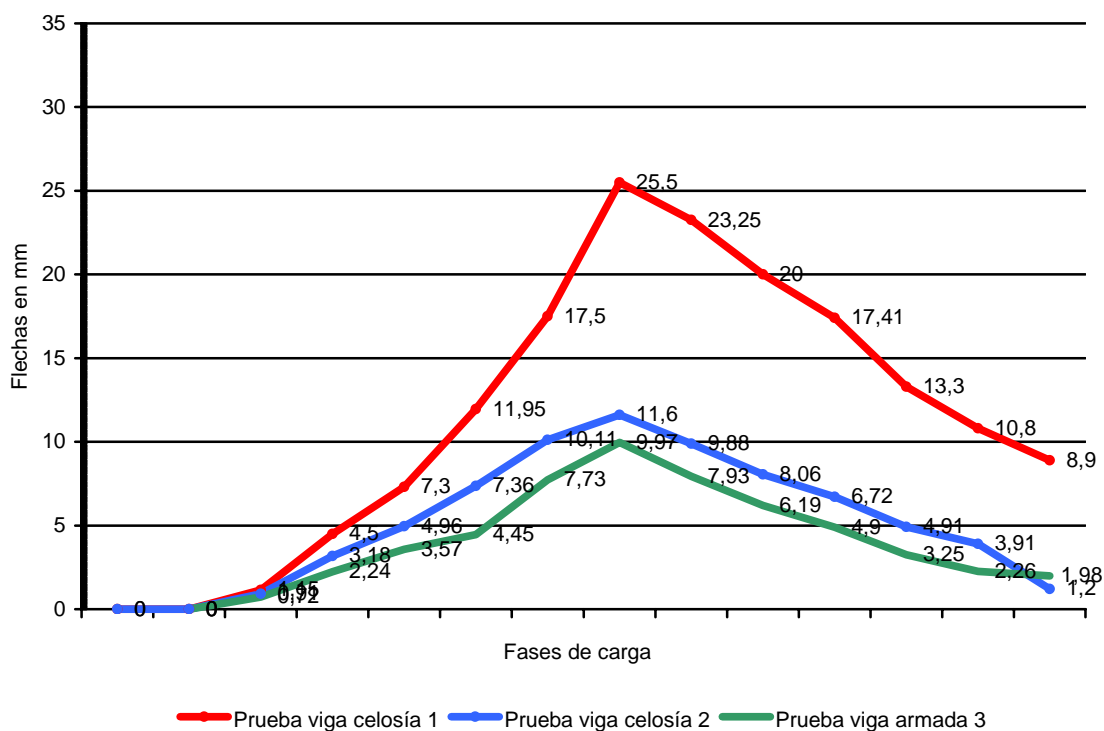
Fase de la prueba	Incremento de carga	Carga por metro lineal	Carga total
Estado inicial:	0	10,2 kg/ml	70 kg
Escalón de carga 1:	+100 kg	24,6 kg/ml	170 kg
Escalón de carga 2:	+100 kg	39,1 kg/ml	270 kg
Escalón de carga 3:	+100 kg	53,6 kg/ml	370 kg
Escalón de carga 4:	+100 kg	68,1 kg/ml	470 kg
Escalón de carga 5:	+150 kg	89,9 kg/ml	620 kg
Estabilización:	---	---	620 kg
Escalón de descarga 1:	-150 kg	68,1 kg/ml	470 kg
Estabilización:	---	---	470 kg
Escalón de descarga 2:	-50 kg	53,6 kg/ml	370 kg
Escalón de descarga 3:	-50 kg	39,1 kg/ml	270 kg
Escalón de descarga 4:	-50 kg	24,6 kg/ml	170 kg
Escalón de descarga 5:	-50 kg	10,2 kg/ml	70 kg
Recuperación:	---	10,2 kg/ml	70 kg

Resultados de las pruebas de carga

Cuadro resumen de las pruebas

	Peso propio viga	Humedad media madera inicio prueba	Flecha máxima	Tiempo estabilización con carga máxima	Flecha remanente	Tiempo recuperación con viga descargada	Observaciones
Viga celosía 1	70 kg	12,5%	25,5 mm (luz/272)	5 horas 6 min	8,90 mm (luz/775)	2 horas	Aparece pandeo lateral
Viga celosía 2	70 kg	8,6%	11,6 mm (luz/595)	12 horas 18 min	1,20 mm (luz/5750)	2 horas	
Viga armada 3	75 kg	10,6%	9,97 mm (luz/692)	8 horas 23 min	1,98 mm (luz/3485)	1,5 horas	

Gráfico de deformaciones para cada escalón de carga



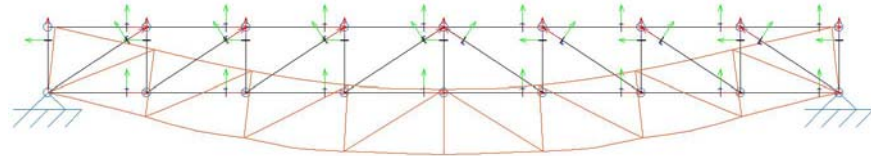
Comparación con modelo numérico

Se realiza un modelo numérico para cada una de las celosías ensayadas.

La calidad de la madera que se ha considerado en el análisis es madera clase resistente C-14.

Modelo viga celosía 1 y 2 Deformación máxima 7,8 mm

Elementos con **mayores tensiones** para las hipótesis analizadas son las **diagonales**.



Para el caso de la viga armada OSB, la flecha elástica estimada para las sobrecargas es:

$$f = 5 \cdot P \cdot L^4 / 384 \cdot E \cdot I = 25,6 \text{ mm, lo cual es una relación luz/270 (considerando } E_{\text{osb}} = 3200 \text{ MPa)}$$

Conclusiones

Para las hipótesis consideradas, las vigas se comportan correctamente en los ensayos, con relaciones de luz/flecha admisibles para el tipo de construcción de cubierta sin elementos frágiles dañables.

La viga celosía 1, tiene unas deformaciones mucho mayores, tanto las instantáneas, y especialmente las remanentes y las diferidas (en pocas horas después de la aplicación de la carga), dado que el tiempo de fraguado de la cola de las uniones fue muy escaso, lo cual denota la importancia de **dejar transcurrir suficiente tiempo de fraguado de las colas** antes de su entrada en carga.

El pandeo lateral de la celosía 1 es debido en gran parte a una barra de estabilización lateral dispuesta en su punto central, lo cual raramente ocurra en una construcción completa de cubierta.

Los modelos numéricos analizados dan valores de deformaciones significativamente menores a los obtenidos en los ensayos, debido a la incertidumbre del comportamiento de las uniones manuales entre barras de la celosía real.

El cálculo elástico para la viga armada con tablero OSB da deformaciones del orden de 1,5 veces mayor que las comprobadas empíricamente. Esto hace pensar en la colaboración entre todos los elementos que forman la viga armada, los cuales es difícil modelizar con precisión.

A igualdad de luces y cargas, **se comporta mejor la viga armada con paneles OSB** respecto la viga armada con tabloncillos de madera de abeto Douglas, aunque las diferencias son pequeñas.

Dado que únicamente se han realizado tres casos, las pruebas no se pueden considerar estadísticas. Aún así, se considera que sirven de referencia para diseños de cubierta con paja derivados del sistema Greb, así como para ulteriores pruebas empíricas que se puedan realizar en esta línea.