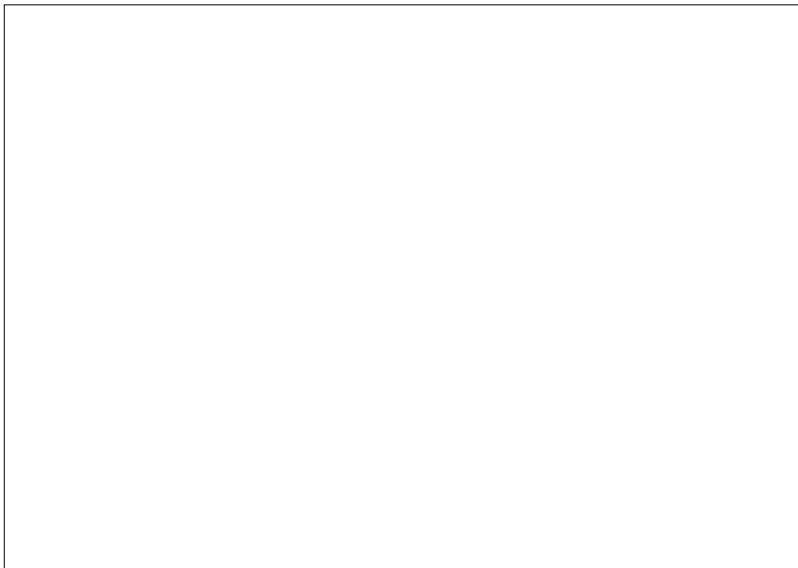


# MADERA LAMINADA ENCOLADA

EXPERIENCIAS EN EL MERCADO  
NACIONAL DE GANADO DE  
SANTIAGO DE COMPOSTELA

## EN EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE



### **Control de calidad de la estructura de madera**

El planteamiento del control de calidad de la estructura de madera laminada encolada debe basarse en determinaciones realizadas durante el proceso de fabricación. No es posible que el control se limite a la fase de recepción y puesta en obra, como ocurre a veces con otros materiales.

En primer lugar el proceso de

ALEJANDRO SÁNCHEZ DE DIOS, INGENIERO AGRÓNOMO.  
FRANCISCO ARRIAGA, DR. ARQUITECTO.

No es recomendable que una obra de madera laminada quede expuesta a la intemperie más de 1 ó 2 meses cuando está diseñada para quedar cubierta. Algunas veces esto no se cumple o no puede cumplirse y la madera sufre la acción directa de la radiación solar y el agua de lluvia. En la obra que aquí se comenta se ha podido realizar un seguimiento de este proceso de envejecimiento de la madera en el plazo de un año. Después de este periodo de tiempo, la madera sólo ha sufrido los efectos de la fotodegradación superficial.

**Uso y planteamiento general del edificio**

El actual Mercado Nacional de Ganado, con una concurrencia anual de 250.000 cabezas y un volumen de transacciones de 15.000 millones de pesetas, constituye el centro comercial ganadero más importante de Galicia, y una de las actividades económicas de

mayor relevancia de su capital. Sin embargo, lo que en 1971, fecha de su inauguración, era un emplazamiento extrarradial, se ha convertido hoy, merced al crecimiento de la ciudad, en una localización absolutamente inadecuada, que ocasiona graves problemas de tráfico por la afluencia de centenares de vehículos de transporte de ganado por el interior del casco urbano. Si a ello se añade la obsolescencia y mal estado de la edificación, la escasez de aparcamientos y el negativo impacto visual que presta a una de las entradas principales de la ciudad, se comprenderá la necesidad de proceder al traslado y modernización de las instalaciones del Mercado. Aprovechando esta circunstancia, se planteó la posibilidad de diversificar los usos de las instalaciones para así equilibrar debidamente su cuenta de explotación, de forma que, sin perder de vista la utilización original y más importante, el nuevo recinto pudiera permitir la celebración de certámenes feriales de carácter general.

Para ello, se ha elegido una nueva ubicación en una parcela de 180.000 m<sup>2</sup> de superficie, situada al NE del casco urbano, en un área planificada para usos comerciales e industriales, y magníficamente comunicada, tanto con las áreas de origen del ganado como con los centros de destino. Del total de

la superficie a urbanizar, alrededor de 11 ha serán dedicadas a estacionamiento y circulación de vehículos (750 plazas de camiones y 625 de turismos simultáneamente), y las edificaciones ocuparán 18.000 m<sup>2</sup>, con capacidad para unas seis mil cabezas de ganado.

**Descripción de la edificación principal**

El diseño de la edificación principal sigue una distribución en «T», con un núcleo de unión de 2.700 m<sup>2</sup>, ocupado por el área administrativa, del que parten tres alas: dos de ellas idénticas, de 5.900 m<sup>2</sup>, con una altura máxima de 11,50 m y una estructura formada por arcos triarticulados de 53 m de luz, y la tercera, algo menor, con 3.700 m<sup>2</sup> y estructura de arcos triarticulados de 34,50 m de luz. Solamente esta última nave dispondrá de cerramientos laterales, por su destino para animales de corta edad, con ciertas exigencias de confort de estabulación.

Esta distribución contribuye a optimizar la relación entre superficie y número de plazas de carga y descarga, a la vez que permite alojar diferenciadamente los diversos tipos de animales que concurren al Mercado, con la consiguiente ventaja comercial y sanitaria. Por último, beneficia los usos alternativos del recinto, al permitir una separación de actividades en tres naves, y reducir la distancia máxima al núcleo central, que alojará, a la vez que las dependencias administrativas, las de servicios hosteleros, bancarios, salas de conferencias, etc.

fabricación deberá cumplir con la norma UNE EN 386<sup>1</sup>. Esta condición se comprueba mediante la inspección de la fábrica y las certificaciones que ostenta el fabricante. De esta forma se garantiza que el proceso está controlado y registrado, contando con un nivel de autocontrol interno y control externo.

En el Pliego de Condiciones del Proyecto se exigía que el fabricante de la estructura de madera laminada estuviese cualificado con el certificado del tipo A del Instituto Otto Graf o con el grado de tecnicidad 3 del OPQCB. (Oficina Pública Francesa de Calificación de Constructores en la Edificación). El fabricante de la estructura tenía el certificado A del instituto Otto Graf que cumple con los requisitos de la norma UNE EN 386.

En esta obra se completó el control de calidad mediante un conjunto de ensayos de encolado sobre las piezas del edificio.

Durante la fabricación de la estructura se muestrearon en dos lotes el siguiente número de piezas:

- Piezas principales: 39 arcos (78 semiarcos): se ensayaron 16 probetas lo cual representa un 20% del total (8 en delaminación y 8 en cortante).
- Piezas secundarias (900 correas): se ensayaron 12 probetas, que representa un 1,3% del total. (8 en delaminación y 4 en cortante).

**Ensayo de delaminación:** el valor medio del porcentaje de delaminación era de 1,2, con valores extremos del 0 al 2,3% (el límite superior especificado en la norma es del 5%).

**Ensayo de cortante:** el valor medio de la tensión de rotura en los planos de encolado era de 81 Kp/cm<sup>2</sup> y el valor medio del porcentaje de fallo por madera del 93%.

**Uniones de empalme dentado:** se ensayaron 18 probetas a flexión dando lugar a un valor característico de 334 Kp/cm<sup>2</sup>. La especificación de la normativa para una clase resistente de madera laminada GLH26 es de 309 Kp/cm<sup>2</sup>.

Los ensayos se realizaron de acuerdo con las siguientes normas: UNE EN 391, UNE EN 392 y UNE EN 408<sup>1</sup>

### Estado de la madera después de 5 meses de exposición a la intemperie

A finales de 1994 se paralizó el montaje por problemas financieros quedando la estructura a la intemperie y sin protección o cubrición a pesar de los requerimientos de la dirección facultativa quien por este motivo solicitó una serie de inspecciones.

Al cabo de 5 meses (mayo de 1995) se efectuó una inspección de las piezas con el objeto de evaluar las fendas y delaminaciones.

La inspección se centró principalmente en los arranques y claves de los arcos instalados (zonas extremas en la fabricación que pueden presentar mayor dificultad de encolado). En la época de la inspección se marcan las delaminaciones y fendas con más facilidad.

Se observó que el nivel de fendado de las piezas era muy reducido, y en todo caso, normal en la madera sin que suponga una degradación del material.

De la inspección de las delaminaciones se pudieron extraer las siguientes conclusiones:

- a) La mayoría de las delaminaciones tienen una profundidad entre 10 y 20 mm (entre un 5 y un 10% de la anchura de la pieza) y su longitud es normalmente muy reducida (40 a 110 mm).
- b) La longitud de las delaminaciones es 3 veces superior en la cara sur que en la norte.
- c) Algunas delaminaciones de

mayor profundidad (30-45 mm) se producen en las zonas de los empalmes dentados.

En resumen, el aspecto aparente de las piezas es correcto y las delaminaciones son de poca profundidad y longitud.

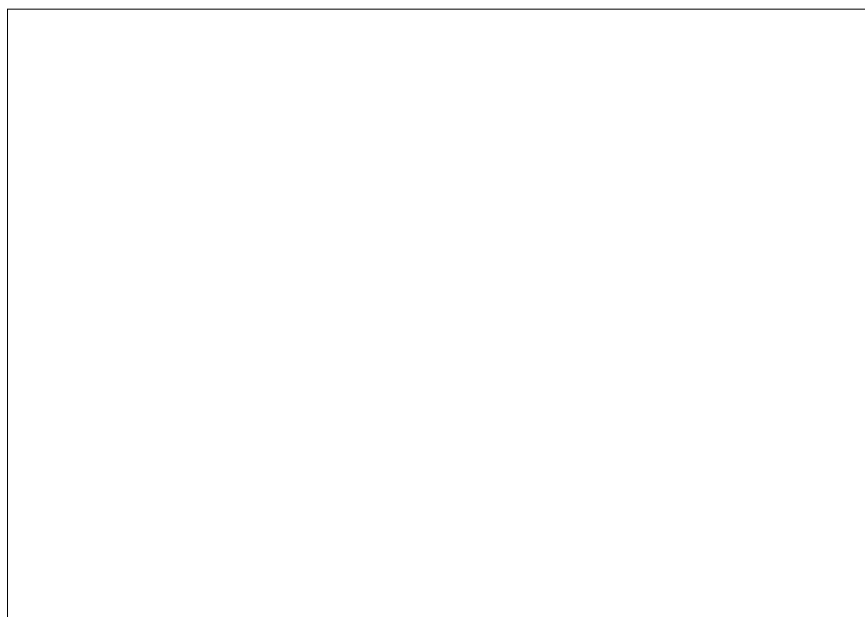
No se observó ningún indicio de decoloraciones por hongos cromógenos ni xilófagos.

### Estado de la madera después de 12 meses de exposición a la intemperie

En enero de 1996 se efectuó una segunda inspección de la estructura, que se encontraba en la misma situación desde la paralización de la obra.

Como resultado de esta inspección se extrajeron las siguientes conclusiones:

- a) Las delaminaciones observadas en la primera visita no han aumentado en longitud y la profundidad apreciable se reduce aproximadamente a la mitad. Esto se explica por la hinchazón de la madera en ambiente más húmedo.
- b) Las pocas delaminaciones nuevas observadas corresponden principalmente a zonas de empalmes dentados. Es probable que se justifiquen por el proceso de cepillado de las láminas. En todo caso su profundidad es muy reducida.
- c) Las superficies de las piezas muestran un color mucho más oscuro que en la visita inicial,



## Durabilidad

debido a la exposición a la intemperie. No se observan signos de ataques de xilófagos.

### Ensayos de muestras extraídas de la obra

Se extrajeron 3 correas de la obra y se efectuaron nuevos ensayos sobre dos rebanadas de cada correa, una del extremo y otra del interior.

Los resultados fueron de un 1,75% de delaminación media en las rebanadas extremas y un 0,53% en las interiores (inferiores al límite de la especificación de la norma, 5%). La mayor delaminación en el extremo puede explicarse por la existencia de delaminaciones previas al ensayo por exposición directa a la intemperie.

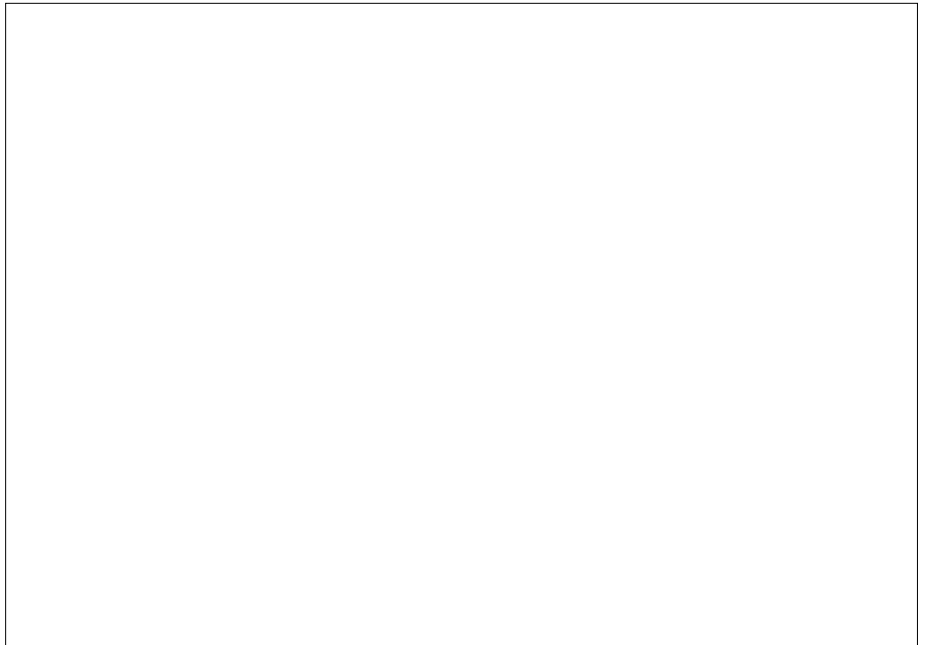
Los ensayos de cortante en los planos de encolado mostraban una tensión media de rotura de 72 Kp/cm<sup>2</sup> y un porcentaje de madera arrancada en la rotura del 96%. Si se comparan con los valores medios obtenidos en los ensayos iniciales del control de calidad durante la fabricación (81 kp/cm<sup>2</sup> y 93%) se observa una reducción del 11% en resistencia y de un incremento del 3,2% en porcentaje de madera arrancada justificable por el contenido de humedad de la madera en el momento del ensayo (23,8%, como valor medio debido a la exposición directa a la lluvia frente al 12% en el momento de la fabricación).

Finalmente, se efectuaron algunas pruebas de lijado sobre la superficie de las piezas con el fin de determinar la profundidad afectada por el cambio de coloración comprobándose que la madera ofrecía en una tonalidad y aspecto impecables al eliminar la capa externa en unas décimas de milímetro.

Se dedujo, por tanto, que el tratamiento superficial que tenía la madera desde su fabricación ha resultado eficaz, evitando el desarrollo de hongos cromógenos<sup>2</sup>.

### Conclusiones

Del proceso de seguimiento realizado a esta obra, desde su fabricación hasta después de un año de exposición a la intemperie puede deducirse que la estructura mantiene su integridad original y que sólo ha sufrido cambios de coloración (oscurecimientos) superficiales sin presentarse ataques de hongos cromógenos ni de agentes xilófagos.



Cara de una correa en la que se aprecia la tonalidad original de la madera después de un lijado

#### FICHA TÉCNICA

##### PROYECTO:

ALEJANDRO SÁNCHEZ DE DIOS (ING. AGRÓNOMO)

##### DIRECCIÓN FACULTATIVA:

ALEJANDRO SÁNCHEZ DE DIOS

MELCHOR CAMPOY ARMERO (APAREJADOR)

MANUEL BLANCO SUAREZ (APAREJADOR)

INGENIERÍA: EIDO GALICIA, S.L. A CORUÑA

CONSTRUCTORA: FOMENTO DE CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S.A.

FABRICANTE DE MADERA LAMINADA: HOLTZA, S.A.

CONTROL DE CALIDAD: NORCONTROL, S.A. Y

AITIM

PROTECCIÓN SUPERFICIAL DE LA MADERA: 3ABC

LASURES, S.L.

PRESUPUESTO 1.303.333.643 PTA

##### FINANCIACIÓN:

CONCELLO DE SANTIAGO. XUNTA DE GALICIA. UNIÓN EUROPEA

<sup>1</sup> Normativa

UNE EN 335-1 «Durabilidad de la madera y de sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 1: Generalidades».

UNE EN 386 «Madera laminada encolada.

Requisitos mínimos y especificaciones»

UNE EN 391 «Madera laminada encolada.

Ensayo de delaminación en líneas de cola».

UNE EN 392 «Madera laminada encolada.

Ensayo de cortante en líneas de cola».

UNE EN 408 «Estructuras de madera. Método de ensayo. Determinación de algunas propiedades físico mecánicas».

<sup>2</sup> De acuerdo con la norma UNE EN 335-1 se recogen 5 clases de riesgo de la madera en función de su situación.

La clase de riesgo correspondiente a la estructura de esta obra es la 1 (en la parte cerrada y cubierta) y la 2 (en la parte cubierta pero abierta). En estas condiciones el tratamiento especificado en la normativa es de tipo superficial, como el que se había aplicado en esta estructura.

En el caso de una estructura a la intemperie, como esta, la clase de riesgo correspondiente sería la 3. El tratamiento requerido en esta situación es de protección media (recomendándose la profunda). El modo habitual en estos casos es el tratamiento en autoclave de las láminas, antes de la fabricación. El encolado de estas piezas se realizó con resorcina, resistente a la humedad y al exterior. Por lo tanto no es de esperar que existan problemas de seguridad por el encolado. Sin embargo, la protección superficial no penetra más de 3 mm y la exposición prolongada al agua de lluvia y a la radiación solar facilita la formación de fendas de secado que dejan accesibles zonas no tratadas del interior. Este fenómeno permitiría una posible entrada de agentes xilófagos. Normalmente el tratamiento superficial tiene una durabilidad variable entre 2 y 4 años.

### Elección de materiales

La totalidad de la estructura de cubrición ha sido proyectada a partir de arcos triarticulados bulonados de madera laminada, apoyados sobre pilastras de hormigón de geometría variable en función de los recintos. Además de innegables consideraciones estéticas el empleo de la madera laminada ha intentado servir de respuesta a los siguientes condicionantes:

- Bajo coste de mantenimiento y rapidez del montaje.
- Resistencia al ambiente producido por la acción de animales y productos de limpieza, una vez conseguida la protección del material frente al ataque biológico.
- Suficiente ductilidad del material para permitir cierto grado de libertad en el diseño en grandes luces con un coste asequible.
- Comportamiento previsible frente a la acción del fuego.

Aproximadamente el número y secciones de los elementos estructurales de la obra son los siguientes:

- 20 arcos con luz de 53 m y sección de 208 x 1250 mm
- 10 arcos con luz de 34,50 m y sección de 185 x 1000 mm
- 900 correas con luces de 6 y 9 m y secciones de 100 x 198, 140 x 230 y 140 x 262

Se han seguido los mismos criterios con el resto de materiales de la obra: así, por

ejemplo, se ha previsto el empleo de paneles de hormigón sílico-calcáreos en los cerramientos, paneles sandwich de doble chapa prelacada con revestimiento PVF2 aislados con poliuretano como material de cubierta o resina epoxi como revestimiento de las soleras.

Como referencia, es preciso indicar que el actual Mercado y, en general, todas las instalaciones de este tipo existentes en Galicia presentan tipologías constructivas a base de pórticos o vigas peraltadas de hormigón, con empleo de materiales de cerramiento y cubrición de escasa calidad y poca atención a la estética o a la integración en el entorno. El empleo de la madera como elemento estructural en instalaciones comerciales ganaderas se ha venido generalizando en Europa en los últimos años.

Finalmente, conviene destacar que el coste de la estructura de cubrición ha supuesto, a precios de ejecución por contrata, unas 12.500 Ptas/m<sup>2</sup> (incluido IVA), es decir, plenamente competitiva comparada con soluciones similares, como puedan ser las mallas metálicas especiales.