



PROYECTO DE REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DEL PUENTE DE LA BARCA EN PONTEVEDRA, ESPAÑA. ASPECTOS CLAVES EN EL DISEÑO PARA LA DURABILIDAD DE LA MADERA EN USOS EXTERIORES.

PROJECT OF WOOD STRUCTURE OF BRIDGE LA BARCA IN PONTEVEDRA, SPAIN. KEY ASPECTS IN THE DESIGN IN THE DURABILITY OF WOOD IN EXTERIOR USES.

David Lorenzo ^{1*}, Manuel Touza², Juan Fernández-Golfín³, Alfonso Lozano⁴, Josu Benito⁵

¹Departamento de Ingeniería y Desarrollo Rural y Civil, Universidad de Santiago de Compostela, Campus s/n Lugo, España

²XERA CIS-Madeira, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrao das Viñas, Ourense, España

³CIFOR-INIA, Carretera Coruña Km 7,5, 28080 Madrid, España

⁴Área de Ingeniería de la Construcción, EPI, Edificio Oeste nº 7, Campus de Gijón, España

⁵TECNALIA R&I, Área Anardi 5, 20730 Azpeitia Guipuzcoa, España

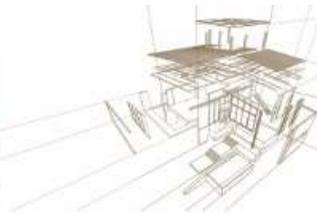
* Contacto: David Lorenzo: davidlorenzofouz@gmail.com

CÓDIGO: 4615265

Resumen

Debido a los daños patológicos existentes en la actual estructura de madera de abeto de las marquesinas que cubren las aceras del puente de la Barca en la Ría de Pontevedra, se acomete un proyecto de reparación, que supone la sustitución de las actuales marquesinas de madera por unas nuevas que permitan asegurar el uso al que van destinadas y una durabilidad en el tiempo. Para ello, en el diseño, selección de la madera y tratamiento de la misma, de las nuevas marquesinas se ha tenido en cuenta como aspectos claves el clima, condiciones climáticas locales del emplazamiento del puente (vientos dominantes, humedad relativa elevada, etc.); así como todos los detalles constructivos que permitan identificar correctamente las clases de uso en las diferentes partes la estructura de madera y en función de ellas seleccionar la especie de madera y los tratamientos preventivos. La estructura de madera de la marquesina está formada por semipórticos de madera laminada, formado por un pilar y dos vigas, sobre los que se dispone un tablero contralaminado y sobre este la cubierta. La especie de madera seleccionada ha sido *Pinus radiata*, que en el caso de los pilares y vigas de madera laminada ha sido tratada preventivamente con un producto protector. Además de estas medidas preventivas se ha tenido en consideración detalles de diseño, como protección total física de los tableros contralaminados y de las testas entre otros, con el objeto de obtener la máxima protección posible de la madera frente a los agentes meteorológicos.

Palabras-clave: Madera, exterior, durabilidad, diseño.



Abstract

Due the pathological damages, the fir wood structure in the bridge “La Barca” in Pontevedra, are substitutes by a new one structure. In the new structural elements have been considered key aspects in the performance and durability, as: climate, microclimate (dominant winds, relative humidity, etc.), as well as all details design in order to indentify the correct uses classes in the different parts of the structure and select the most appropriate wood species and the preservative treatment. The wood structure is composed by a pillar and two beams, over these elements is placed a CLT panel and the roof. Wood species selected is Pinus radiata, with a preservative treatment in the case of pillars and beams. In addition, in this new structure all details design have been very well considered, as for example the total physical protection of the CLT panel in order to avoid moistened and high moisture in wood or the physical protection of the end grain of beams, etc. with the aim of keeping the most possible protection of wood against meteorological agents and moistened of wood.

Keywords: Wood, exterior, durability, design.

1. DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA AL EXTERIOR

La durabilidad de las estructuras de madera al exterior depende de una serie de parámetros que actúan de forma conjunta.

1.1. Clase de uso

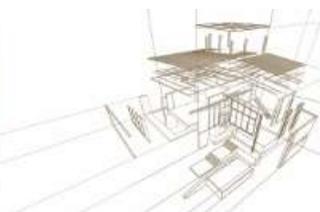
El concepto de clase de uso (1) está relacionado con la probabilidad de que un elemento de madera sea atacado por agentes biológicos y básicamente depende del contenido de humedad de la madera.

Es muy importante identificar correctamente la clase de uso a la que está expuesto un elemento de madera para seleccionar la especie de madera con la suficiente durabilidad o darle un tratamiento protector adecuado en relación a esa clase de uso.

En relación a la estructura de madera del Puente de La Barca, dependiendo de los elementos de madera se localizan diferentes clases de uso. Clase de uso 2 en los elementos de madera bajo cubierta y nos expuestos al clima (lluvia y sol), correspondiendo al tablero contralaminado CLT y a las vigas de madera laminada; y clase de uso 3 en elementos de madera al exterior sobre el suelo y sin contacto con él, donde a su vez algunos elementos son de subclase 3.1 (no permanecen húmedos durante largos períodos de tiempo) y subclase 3.2 (permanecen húmedos largos períodos de tiempo), correspondiendo a los pilares de madera.

1.2. Durabilidad e impregnabilidad de la madera

La durabilidad natural de la Madera (2) es la resistencia al ataque de organismos xilófagos, mientras que la impregnabilidad es la habilidad de penetración de un líquido en el material, fundamentalmente un protector de la madera.



La durabilidad natural e impregnabilidad son dos aspectos fundamentales la durabilidad final de estructuras de madera al exterior y en la selección de una especie de madera. La elección de una especie de madera con elevada durabilidad natural es uno de los parámetros a considerar en maderas estructurales al exterior. Sin embargo, si la durabilidad natural es insuficiente se podría considerar implementarla mediante un tratamiento protector frente a los organismos degradadores de la madera.

En términos de durabilidad natural, la madera de duramen de pino radiata o pino insigne (*Pinus radiata*), está clasificada en la norma europea EN 350:2016 como no durable (durabilidad clase 4-5) en relación a los hongos de pudrición, durable frente a las carcomas (clase D) y no durable frente a las termitas subterráneas, lo que significa que para ser usada en aplicaciones exteriores debe recibir un tratamiento protector (3) que implemente su baja durabilidad frente a hongos xilófagos.

1.3. Clima y microclima

El clima es un factor clave en la durabilidad de las estructuras de madera al exterior (4). Parámetros climáticos como lluvia, vientos dominantes, radiación afectan a la durabilidad y susceptibilidad de degradaciones de las maderas al exterior.

La gran variabilidad de las condiciones climáticas afecta a la velocidad de degradación de una madera al exterior. En algunos países como España, las condiciones ambientales varían mucho entre unas regiones y otras. El índice de Scheffer (5) y el número de días con precipitaciones mayores a 1 mm, son unos de los índices climáticos que se utilizan para aproximar y caracterizar las zonas climáticas y la velocidad de degradación de la madera en ellas.

Se debe remarcar la importancia de los climas locales con elevadas humedades ambientales (costas, ríos, embalses,...), áreas con frecuentes nieblas, orientaciones, fachadas expuestas, lluvias dominantes, etc.; que deben ser tenidas en cuenta por los proyectistas, para la correcta caracterización de las condiciones climáticas de un emplazamiento.

1.4. Diseño constructivo

Otro importante parámetro para asegurar un buen comportamiento de la madera en estructuras exteriores expuestas al clima (en el caso del Noroeste de España especialmente a la lluvia) son los detalles de diseño (6), como: orientación de las fibras, protección de testas, evitar trampas de agua, etc., que aseguren mantener los elementos de madera de las estructuras lo más seca posible.

La durabilidad de una construcción de madera y en este caso de una marquesina de madera se puede definir como el período de tiempo en que los elementos se mantienen en las condiciones de uso apropiadas. EL diseño constructivo, además de la durabilidad de la madera y el tratamiento apropiado de la misma son elementos claves para conseguir una adecuada durabilidad de la estructura de madera (7). Por lo tanto si la protección por diseño constructivo



ha sido considerada y solventada, las estructuras de madera pueden tener una larga durabilidad y vida de servicio.

1.5. Mantenimiento

El mantenimiento es otro factor clave para asegurar una buena durabilidad de las estructuras de madera al exterior.

La renovación de los productos de acabado, la limpieza de la acumulación de vegetación y materia orgánica en diferentes puntos y la reposición de elementos de madera degradados, son algunas de las actuaciones de mantenimiento, que se deben llevar a cabo para asegurar una correcta durabilidad.

2. ESTRUCTURA DE MADERA DEL PUENTE DE LA BARCA

El ejemplo de una estructura de marquesina de madera al exterior localizada en Pontevedra, noroeste de España, en un clima templado y lluvioso la mayor parte del año. La marquesina está localizada en la ciudad de Pontevedra, sobre la ría de Pontevedra, una zona con una elevada humedad relativa todo el año y con unas lluvias dominantes que proceden del suroeste, del océano Atlántico.

La madera seleccionada en el proyecto y construcción en 2018 de la estructura de madera de la marquesina, tanto en los tableros contralaminados CLT como en las vigas y pilares laminados, es *Pinus radiata*, un árbol que fue introducido desde EEUU a mediados del siglo XIX en el norte de España y del cual hay importantes plantaciones en el norte de España, fundamentalmente País Vasco y Galicia.

Se ha considerado la exposición de los tableros y vigas laminadas como una clase de uso 2 (dependiendo de su exposición al clima, detalles constructivos y tiempo de humectación de la madera) de forma que el diseño y los detalles tienen una importancia crucial en la cinética de la degradación, durabilidad, comportamiento y vida útil de los tableros contralaminados y vigas de madera (figura 1).

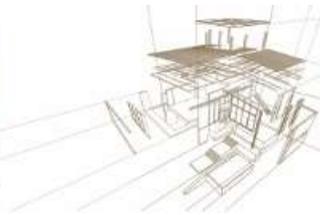


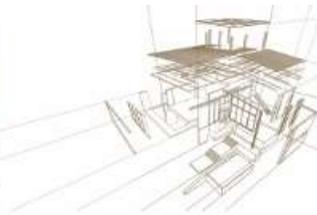
Figura 1: Vista general de la marquesina

Los pilares de madera se han considerado como una clase de uso 3, solicitándose una protección total de la madera de albura con un producto protector en base de sales de cobre.

En relación a los detalles constructivos (figura 2), se ha tenido en consideración el microclima local caracterizados por la elevada humedad ambiental y los fuertes vientos dominantes del suroeste, dotando a todas las piezas y testas de una protección física frente al agua de lluvia y evitando la acumulación de agua (trampas de agua), entre otros detalles.



Figura: Detalle de la estructura de madera



3. CONCLUSIONES

En estructuras de madera al exterior en España, generalmente los problemas patológicos más habituales son pudriciones como consecuencia de una incorrecta selección de la especie de madera (especies de madera con baja durabilidad e impregnabilidad que difíciles de tratar con un producto protector), así como de falta de detalles constructivos (de forma que se acumula agua).

En menor medida se detectan problemas patológicos derivados de ataques de insectos xilófagos, tanto de ciclo larvario (carcomas) como sociales (termitas subterráneas).

En el diseño y protección de las estructuras de madera al exterior se debe tener en cuenta la localización climática de la estructura (en el caso del puente de La Barca en el noroeste de España, clima templado y lluvioso) y las condiciones particulares del clima local (en el caso del puente de La Barca elevada humedad ambiental y vientos dominantes del suroeste).

Por lo tanto, se deben identificar en función del clima y microclima las clases de uso reales en las que están los diferentes elementos de las estructuras al exterior y en función de ello, la selección de especies de madera con suficiente durabilidad natural o suficiente impregnabilidad y tratamiento adecuado (penetración y retención) para las clases de uso a las que van a estar expuestos los elementos de madera.

Finalmente será recomendable establecer un plan de seguimiento y mantenimiento de las estructuras de madera.

La suma y conocimiento de todos estos parámetros serán básicos para asegurar una deseable durabilidad a las estructuras de madera que se ejecuten al exterior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Códigos Normativos:

- (1) EN 335 (2013) "Durability of wood and wood based products. Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products".
- (2) EN 350 (2016) "Durability of wood and wood-based products - Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials".
- (3) EN 460 (1995) "Durability of wood and wood-based products- Guide to the durability requirements for wood".
- (4) Norm FD P 20-651 2011 "Durability of wood products and works".

Proyectos:



- (5) Fernández-Golfín, J. (2014): Evaluation of functional behaviour of wood in outdoor above ground applications. Project MadExter.
- (6) Jermer, J. (2007): Service life and performance of exterior wood above ground. Project WoodExter.
- (7) Suttie, E. (2012): Performance standards for wood in construction-delivering customer service life needs. Project Performwood.