

CUADERNOS INTEMAC

Patología de estructuras de madera *Pathology of wood structures*

José M^º IZQUIERDO BERNALDO DE QUIRÓS
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 21
1.º TRIMESTRE '96

INTEMAC



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTIA DE CALIDAD

SONDEOS, ENSAYOS E INFORMES GEOTECNICOS

INFORMES DE PATOLOGIA, REHABILITACION Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC
AUDIT

AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORIA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACION DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCION
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACION DE LA OBRA



INTEMAC
ECO

AUDITORIA TECNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas
Edificación
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

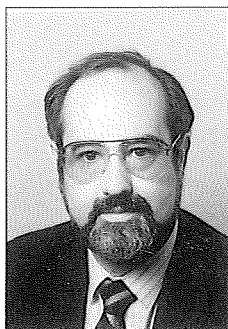
Aire
Agua
Ruido

AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE MADERA

PATHOLOGY OF WOOD STRUCTURES



José Mª IZQUIERDO BERNALDO DE QUIRÓS

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe del Departamento de Rehabilitación
y Patología de INTEMAC

Civil Engineer
Head of the Rehabilitación and
Pathology Department of INTEMAC

Copyright © 1995, INTEMAC

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o distribuida de ninguna manera ni por ningún medio, ni almacenada en base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M-9571-1996
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

INDEX

1. INTRODUCTION
2. BIODEGRADATION OF WOOD
 - 2.1. FUNGI ATTACK
 - 2.2. INSECT ATTACK
 - 2.3. CRUSTACEAN AND MOLLUSC ATTACK
 - 2.4. ATTACK BY ANAEROBIC BACTERIA
3. ERRORS IN THE MANUFACTURE AND STORAGE OF WOOD
 - 3.1. FACTORS RELATED TO TYPE OF WOOD
 - 3.2. DEFICIENT SELECTION OF ADHESIVES
4. ERRORS IN SIZING:
WOOD CREEP
 - 4.1. HUMIDITY
 - 4.2. CREEP
 - 4.3. BENDING STRESS
 - 4.4. BUCKLING
5. ERRORS IN CONSTRUCTION DETAILS
6. FIRE RESISTANCE
7. INCORRECT PROTECTION OF
THE WOOD
8. ERRORS IN THE SELECTION OR
CALCULATION OF REINFORCEMENT

INDICE

1. INTRODUCCION
2. DEGRADACION BIOLOGICA DE LA MADERA
 - 2.1. ATAQUE POR HONGOS
 - 2.2. ATAQUE POR INSECTOS
 - 2.3. ATAQUE POR CRUSTACEOS Y MOLUSCOS
 - 2.4. ATAQUE POR BACTERIAS ANAEROBIAS
3. ERRORES EN LA FABRICACION Y ALMACENAJE
DE LAS PIEZAS
 - 3.1. CONSIDERACION DE LA CLASE DE MADERA
 - 3.2. ELECCION DEFICIENTE DEL TIPO DE LIGANTE
4. ERRORES EN EL DIMENSIONAMIENTO:
FLUENCIA DE LA MADERA
 - 4.1. CONSIDERACION DE LA HUMEDAD
 - 4.2. CONSIDERACION DE LA FLUENCIA
 - 4.3. CONSIDERACION DE LAS TENSIONES DE CURVATURA
 - 4.4. CONSIDERACION DEL PANDEO
5. ERRORES EN LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS
6. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO
7. ERRORES EN LAS TECNICAS DE PROTECCION
DE LA MADERA
8. ERRORES EN LA ELECCION O EL CALCULO DE
LAS TIPOLOGIA DE REFUERZO

ABSTRACT

Wood structures behave in a specific manner as a result of the elastic behaviour of the material (anisotropic, non homogeneous and widely varying in accordance with its environment) and due to the fact that it is an organic material and therefore combustible and biodegradable. These problems are only aggravated by the lack of a complete Spanish code on the design of wood structures.

A knowledge of the different factors which may alter the wood's behaviour can help to prevent them, and make wood highly competitive in certain situations with concrete and steel elements.

1. INTRODUCTION

Wood, stone and vegetable fibre are the oldest building materials, but of these three only wood is able to withstand large bending stresses.

For almost a century now wood has been relegated to a secondary role in this country. It is basically used today only in certain circumstances and in the manufacture of props and formwork. The essential reasons for this are to be found in the general economic policy of self-sufficiency (Spain is lacking in quality wood for building), and a certain disdain for traditional materials in favour of modern-day technology such as steel structures and reinforced or prestressed concrete. This is particularly unfair if one considers that in the 18th century a one hundred metre span wooden bridge was already possible (The 119m span Limmat Bridge in Wettingen, Switzerland, constructed in 1778).

The introduction of laminated wood structures on the market has turned this situation around, and in recent years the design of wooden buildings has taken off. However, these buildings are generally the fruit of foreign technology due to the lack of specially qualified technicians in this area in our country.

The behaviour of wood essentially differs from that of other building materials as a result of its varying characteristics.

- Wood is an eminently *anisotropic* material. Its internal arrangement in quasi-parallel fibres means that its mechanical and rheological properties are different along and across the grain.
- Even when considering a particular direction, the behaviour of the wood is *not homogeneous*. The properties of wood vary according to species and the ecological characteristics of the area where it is grown, and even here they vary from ring to ring in accordance with the climate and the part of the tree from which the wood is taken.
- The characteristics of wood vary widely in accordance with its moisture content, both from a structural point of view as well as with regards to its capacity to withstand external conditions. As wood is an organic material it is easily biodegradable under certain climatic conditions.

In the following sections we will consider the influence of these variables on anomalies usually found in wooden structures.

2. BIODEGRADATION OF WOOD

Though wood is a perishable material it is possible to limit its natural destruction by taking certain precautions. Destruction by fungi and insects, for example, requires minimum humidity below which many xylophagous species cannot develop.

RESUMEN

Las estructuras de madera tienen un comportamiento específico debido tanto al comportamiento elástico del material (anisótropo, no homogéneo y de características muy variables con el medio) como al hecho de tratarse de un material orgánico y por ello combustible y biodegradable. A estos problemas se suma la insuficiencia global de la Normativa española para el diseño de estructuras de madera.

El conocimiento de los distintos factores que pueden producir alteraciones en su comportamiento permite prevenirlos, y hacer a la madera fuertemente competitiva, y con gran ventaja en determinadas ocasiones, frente a soluciones en hormigón o en acero.

1. INTRODUCCION

La madera, junto con la piedra y la fibra vegetal, son los materiales más antiguos empleados en construcción, y en particular la madera ha sido, hasta tiempos muy recientes, el único con capacidad de absorber esfuerzos de flexión de cierta importancia.

Durante cerca de un siglo, la madera ha sido relegada en nuestro país a un papel secundario, siendo utilizada fundamentalmente en obras de circunstancia y en la fabricación de cimbras y encofrados. Las causas fundamentales hay que buscarlas en la política económica general de autoabastecimiento (España es deficitaria en maderas de calidad para la construcción), y en un cierto desprecio por los materiales tradicionales en favor de las nuevas tecnologías de la estructura metálica y los hormigones armado y pretensado, de una forma notoriamente injusta, dado que ya en el siglo XVIII se había conseguido salvar la luz de cien metros con un puente de madera (el puente del Limmat, en Wettingen, Suiza, con 119 m. de luz, construido en el año 1.778).

La irrupción en el mercado de las estructuras de madera laminada, ha dado un vuelco a esta situación, y en los últimos años comienzan a diseñarse estructuras de madera de importancia, en la mayor parte de los casos con tecnología extranjera, ante el vacío que en este campo se ha producido en la preparación específica de los técnicos en estructuras en nuestro país.

El comportamiento de la madera se distingue fundamentalmente del de otros materiales de construcción, por la variabilidad de sus propiedades.

- La madera es un material eminentemente *anisótropo*. Su disposición interna en fibras cuasi-paralelas supone que sus propiedades mecánicas y reológicas serán distintas en dirección paralela y perpendicular a las fibras.
- Incluso en una dirección determinada, el comportamiento de la madera *no es homogéneo*. Las propiedades de la madera vienen dadas no sólo por la especie, sino por las características ecológicas en que se ha desenvuelto el ejemplar concreto de que procede una pieza, y dentro de estas, varían de anillo en anillo en función de las condiciones climáticas, y de la zona del árbol de que proceden.
- Las características de la madera, varían de forma drástica con la humedad de la pieza, tanto desde el punto de vista estructural, como de su capacidad de resistencia frente a las agresiones exteriores. En este sentido, al tratarse la madera de un material orgánico, es fácilmente biodegradable si se dan las condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

En los siguientes apartados tendremos ocasión de ver la influencia de estas variables en las anomalías que suelen presentarse en las estructuras de madera.

2. DEGRADACION BIOLOGICA DE LA MADERA

La madera es un material perecedero. Sin embargo, con algunas precauciones es fácil limitar la destrucción natural de la madera. La destrucción por hongos y por insectos, por ejemplo, requiere unas condiciones mínimas de humedad por debajo de las cuales muchas de las especies de xilófagos no pueden desarrollarse.

2.1. FUNGI ATTACK

The intensive industrialisation of timber means that it are felled all year round and not only in the winter months when its moisture and sugar content make it less favourable for harmful species to develop. This circumstance is somewhat overcome by immediate initial drying treatment, using toxic substances such as sodium pentachlorophane and through suitable waterproof packaging during storage and transport. However, these treatments do not guarantee the behaviour of the wood over the long term.

Fungi is the cause of the greatest amount of damage to wooden structures. Fortunately the great majority of fungi species which attack wood cannot develop under moisture contents of less than 20%, and, therefore, the best protection against rotting through fungus attack is to keep the structural elements below this level. As the average moisture content in interior locations rarely reaches 18%, damage generally occurs at very specific points: roofs, pipe conduits which might be subject to leaks, balconies or external window sills and particularly, at the base of studs around ground level.

The permeability of building materials and the creation of capillary channels in the bays make it virtually impossible to keep the bases of studs or stanchions below the critical moisture content required for the proliferation of fungi. The traditional standard practice of placing a stone base at the foot of the stud helps to isolate it from the soil's natural moisture content, thereby delaying attack, but the moisture which reaches the wood through the panels in contact with the wall is more than enough to allow fungi to develop.

The most well known of the species that thrives under dry conditions is the *Merulius (Serpula) Lacrymans* which has the peculiarity of taking root in very damp conditions but then proliferating under much drier conditions. In order to do so, not only does it take advantage of the damp within the walls but also accumulates the water produced during the metabolism of the cell, in the form of small drops on the surface of growth (thus the name of *Lacrymans* or tears), and thereby maintaining an artificial microclimate which is ideal for its proliferation. This peculiarity makes it a very harmful species, the effects of which (*dry rot*) have been known since ancient times, and was even identified in the Book of Leviticus where it was referred to as the "*leper of houses*".

It is easy to recognise dry rot as the enzymes it produces destroys the cellulose but leaves the lignin intact, this leads to cracking and spalling in very characteristic cubic pieces.

The mycelium of the fungi that appears on the surface is fleshy and white or light grey with lilac or yellow veins, and can be recognised at some distance by the pungent odour of mushroom it gives off. It can pass through plaster and brick walls and spread several metres from the point of origin where the fungus feeds until reaching a new element to contaminate.

The development of the fungus is halted during dry periods, and it can remain in very dry atmospheres for several months. When the humidity rises up to around 30% it develops very quickly and can produce tens of millions of spores every day which help it spread during subsequent damp periods.

Several classes of basidiomycetes thrive under very damp conditions, and particularly the *Comiphora puteana*. These fungi are characteristic for their destruction of both cellulose and lignin, and as opposed to the case of dry rot, where the wood is darkened from the destruction of the cellulose alone, the wood does not undergo any change in colour (and for this reason it is often known as "*brown rot*").

While this type of attack does have the advantage of not spreading through walls and coverings like the *Merulius*, it does, however, find it easier to penetrate into the heart of the wood and destroy it completely while the surface, being drier and therefore less subject to attack, remains almost intact until the wood is finally destroyed.

For this reason when inspecting a wooden floor one should *always* expose the surface of the supports embedded in the wall. The damp which filters through windows and which is retained in the beam filling and the levelling layer of sand, is ideal for the development of the *Comiphora*, which does not, however, reach the exposed face of the wood, which dries relatively quickly only at the surface. Furthermore, as this type of fungi attack does not change the colour of the wood, a wooden beam may appear to be perfectly healthy on its lower exposed face yet be totally destroyed inside and on its upper face.

2.2. INSECT ATTACK

The other main group destructive to timber is made up of insects, and particularly by *Termites*. There are 1900 species of the order isoptera, 150 of which are destructive to wood used in building. The majority of these need relatively high humidity in order to thrive and therefore their propagation may be foreseen in much the same way as that of fungi.

2.1. ATAQUE POR HONGOS

La industrialización intensiva de la madera hace que la tala de los árboles se realice en cualquier época del año, y no sólo en los meses de invierno en los que las condiciones de humedad interna y contenido de azúcares en los canales hacen menos propicio el ambiente para el desarrollo de especies dañinas. Esta circunstancia se modera por los tratamientos inmediatos al secado inicial, usando sustancias tóxicas, como el pentaclorofenato de sodio, y con un correcto embalaje impermeable durante el almacenamiento y transporte; pero estos tratamientos no garantizan el comportamiento a largo plazo.

Los agentes que producen daños en mayor número de estructuras son los hongos. Afortunadamente, la mayor parte de las especies de hongos que atacan la madera, no pueden desarrollarse con una humedad inferior al 20 %, por lo que la mejor protección contra la pudrición por hongos consiste en mantener los elementos estructurales por debajo de ese nivel. Como la humedad de equilibrio en ambientes interiores raramente alcanza el 18 %, el ataque se produce por lo general en puntos muy concretos : cubiertas, zonas de paso de tuberías, con posibilidad de fugas, balconadas o entregas bajo antepechos de ventana y, especialmente, los arranques de los pies derechos en las proximidades del terreno.

La permeabilidad de los materiales de construcción y la formación de canales capilares en los entrepaños hacen virtualmente imposible mantener los arranques de los pies derechos por debajo de la humedad crítica de proliferación de los hongos. La norma tradicional de buena práctica de disponer un plinto de piedra de una vara de altura en la base, aísla el arranque de la humedad natural del terreno, con lo cual se retarda el ataque, pero la humedad que llega a la madera a través de los costados en contacto con la pared es ampliamente suficiente para el desarrollo de algunas especies.

La más conocida de las especies que resiste bien la sequedad es el *Merulius (Serpula) Lacrymans* que tiene la particularidad de que prende en zonas muy húmedas, pero que a continuación prolifera sin necesidad de aportes de humedad apreciables. Para ello, no sólo aprovecha el aporte de humedad de las paredes sino que acumula el agua producida durante el metabolismo de la celulosa, en forma de gotitas en la superficie de crecimiento (de ahí la denominación de *Lacrymans*), manteniendo así un microclima artificial ideal para su desarrollo. Esta particularidad hace a esta especie particularmente dañina y sus efectos (la *pudrición seca*), son conocidos desde la más remota antigüedad, habiendo sido incluso identificada como la *lepra de las casas* del libro del Levítico.

El ataque de estos hongos es fácil de reconocer, pues los enzimas que produce destruyen la celulosa dejando intacta la lignina, que se fisura proporcionando un aspecto en piezas cúbicas muy características.

Los micelios del hongo aparecen en la superficie con una apariencia carnosa, blanca o gris claro, con vetas de color lila o amarillo, y se reconocen a distancia por el fuerte olor a champiñón que despiden. Tienen la capacidad de propagarse a través del yeso y de la obra de fábrica, extendiéndose a varios metros de distancia de su origen, desde donde se alimenta al micelio, hasta alcanzar un nuevo elemento al que contaminar.

Durante la época seca, se detiene el desarrollo, pudiendo permanecer en ambiente muy seco durante varios meses. Cuando se incrementa la humedad hasta cerca del 30%, se desarrolla rápidamente pudiendo producir decenas de millones de esporas diarias que le sirven para propagarse en el siguiente período húmedo.

En condiciones de alta humedad se desarrollan preferentemente algunas clases de basidiomicetos, y singularmente el *Comiphora puteana*. Estos hongos tienen la particularidad de destruir tanto la celulosa como la lignina, con lo que la madera no cambia de coloración, en contraste con lo que ocurre con la pudrición seca, que oscurece la madera al destruir sólo la celulosa (por eso se la denomina a veces "pudrición parda").

Frente a la ventaja que supone el que este tipo de ataque no se propaga, como el *Merulius*, a través de las fábricas y revestimientos, sin embargo tiene mayor facilidad de penetrar en el interior de la madera, y destruirla enteramente mientras que el exterior, más seco y por ello menos atacable, permanece casi intacto hasta alcanzarse la ruina del elemento.

Es por esta razón por lo que la inspección de un forjado de madera debe realizarse *siempre* descubriendo la cara superior de los apoyos empotrados en el muro. El ambiente de humedad, filtrada a través de las ventanas y retenida en el entrevigado y capa de arena de nivelación, es ideal para el desarrollo del *Comiphora*, que sin embargo no puede alcanzar los paramentos vistos de la madera, que se secan con relativa rapidez, nada más que de forma somera, y el leve ataque que produce en éstos no cambia, además, su coloración. Con esto, una viga de un forjado de madera puede aparecer perfectamente sana por su cara inferior visible, y estar totalmente destruida por el interior y por su parte superior.

2.2. ATAQUE POR INSECTOS

El otro gran grupo de destructores de la madera lo forman los insectos, y particularmente las *Termitas*. Bajo esta denominación se encuentran unas 1900 especies de Isópteros, de las cuales algo más de 150 son dañinas a la madera de construcción. La mayor parte de ellas necesitan para su desarrollo una humedad relativamente alta, por lo que su proliferación puede prevenirse de forma análoga a la indicada para los hongos.

The insects of most of these wood damaging species are peculiar in that they never extend their galleries in elements with light coloured surfaces; therefore one simple method of treatment is to paint all the exposed surfaces white, though this does require constant maintenance. Furthermore, the majority of these species of *termites* cannot fly, and therefore a very efficient preventative treatment consists of placing lower barriers of steel, plastic, concrete or toxic soil.

However, there are species of *termites* (namely the *Kalotermites*) which have wings in their adult stage and are immune to all the previously mentioned preventative treatments. In these cases, the only possible protection is to use resistant species of timber or to use special wood treatments.

Termite attack is generally related to the existence of fungi. The majority of termites cannot immediately digest the wood and therefore some species such as the *Kalotermites* have symbiotic anaerobic bacteria in their stomach which make the wood digestible.

However, termites prefer to feed either on wood which has been degraded by fungi or on the fungi itself, and therefore rarely create cultures in the wood itself, but instead prefer to return to underground nests which offers them the necessary dampness and ideal nourishment, the wood or fungi having been chewed into paste which is then collected and subsequently used to feed on.

A further group of insect harmful to wood are the *Coleopteron xilophagas*, and particularly the longhorn beetle and the furniture beetle or woodworm (*Hylotrupes bajulus* y *Anobium punctatum*), which are commonly confused in spite of the greater size of the former, and the Lyctus Beetle (*Lyctus brunneus*).

These are easily recognised by the internal bore holes that the larvae of these insects create to feed themselves. The longhorn beetle only attacks coniferous wood, the larva is white and between 20 and 30 mm long with a large head and solid protruding jaws. Its period of growth ranges from three to twelve years before it eventually turns into a nymph, after having bored its habitat into the wood leaving an approximately 8 x 4 mm oval opening on the surface.

Furniture beetle generally attacks coniferous wood but is also known to attack leafy trees. It is much smaller and the larva or woodworm is two to three millimetres long. The opening holes are round and between two and four millimetres in diameter. The sawdust which fills the bore holes is thick and less compact than that left by the larva of the longhorn beetle and is frequently mixed with undigested agglomerates of wood.

Finally, the Lyctus Beetle is smaller than the furniture beetle, its larva being no more than 2 mm long. It only attacks leafy trees, and particularly those which are rich in starch. It can be recognised by the very small bore holes it leaves of 1 to 1.5 mm diameter and by the fact that the larva frequently regroup. The wood dust filling the bore holes is characteristically fine, being practically a dust which is commonly colonised by fungi.

2.3. CRUSTACEAN AND MOLLUSC ATTACK

It is easy to appreciate the damage caused by marine animals, crustaceans (*Limnoria spp.*) and molluscs (*Teredo spp.*) on the piles and columns of piers and jetties. The former are easy to detect by the numerous and normally superficial tunnels that they leave of about two to three millimetres in diameter. However, attack by marine borers is very difficult to detect as the tunnels are very deep and narrow, being only 0.5 mm in diameter, and therefore the damage remains unseen until it is too late to do anything about it.

2.4. ATTACK BY ANAEROBIC BACTERIA

In wooden piles buried below the water-bearing level, neither fungi, insects nor any of the aforementioned animals can attack due to the complete lack of oxygen. However, anaerobic bacteria can slowly act on the upper face. From a structural point of view the damage produced is minimal and can be readily recognised by its dark brown colour and the smell of hydrosulphuric acid it gives off.

3. ERRORS IN THE MANUFACTURE AND STORAGE OF WOOD

3.1. FACTORS RELATED TO TYPE OF WOOD

The most common errors in wooden structures are related to the deficient manufacture of the pieces. We have already mentioned that wood is an anisotropic material and, therefore, it is essential to work it in the direction that offers the best characteristics with regards to a specific type of stress.

However, the presence of knots in the wood is commonly ignored and not enough care is taken when recalculating the structure when the wood has a different knot to that established in the specifications.

Los individuos de buena parte de las especies dañinas tienen la particularidad de que nunca desarrollan sus galerías en elementos con superficies claras; por ello un tratamiento preventivo sencillo consiste en pintar de blanco los elementos expuestos, aunque exige un buen mantenimiento. Por otro lado, la mayor parte de las especies de *termitas* son incapaces de volar, por lo que la creación de barreras inferiores metálicas, de plástico, hormigón o suelo tóxico son tratamientos preventivos muy eficaces.

Sin embargo existen especies de *termitas* (concretamente las *Kalotermitas*), provistas de alas en fase adulta e inmunes a todos los tratamientos preventivos anteriores. En estos casos, la única protección posible es la utilización de especies resistentes o el tratamiento específico de la madera.

El ataque de las termitas está relacionado por lo general con la existencia de hongos. La mayor parte de las termitas no son capaces de digerir directamente la madera y para ello, algunas especies como las *Kalotermitas*, alojan en su estómago bacterias anaerobias simbióticas que transforman la madera en producto digerible.

Sin embargo, las termitas prefieren alimentarse bien de la madera ya degradada por los hongos bien de los propios hongos, para lo cual crean auténticos cultivos raramente en la propia madera y preferentemente en sus nidos subterráneos, proporcionándoles la humedad necesaria y el alimento idóneo, ya masticado y en forma de pasta, para conseguir su mayor desarrollo, recogiendo posteriormente la cosecha y alimentándose de ella.

Otro gran grupo de insectos dañinos para la madera lo forman los *Coleópteros xilófagos*, y en particular al algavaro y la carcoma, (*Hylotrupes bajulus* y *Anobium punctatum*), que muy frecuentemente se confunden, pese al tamaño mucho mayor del primero, y el Lictus (*Lyctus bunnellus*).

Se distinguen fácilmente por las galerías internas que forman para alimentarse las larvas de estos insectos. El algavaro ataca exclusivamente la madera de coníferas. Las larvas son blancas de 20 a 30 mm de longitud, con una cabeza grande con mandíbulas sólidas que sobresalen hacia adelante. Su período de crecimiento oscila entre tres y doce años hasta transformarse en ninfa, para lo cual excava un habitáculo con un orificio de salida de forma ovalada de unos 8 x 4 mm.

La carcoma ataca preferentemente a las coníferas pero también a las frondosas. Su tamaño es mucho menor, y las larvas, blancas, miden de dos a tres milímetros. Los orificios de salida son redondos, de dos a cuatro milímetros de diámetro. El serrín con que dejan rellenas las galerías es grueso, menos compacto que el que produce el algavaro y frecuentemente mezclado con aglomerados de madera sin digerir.

Por último, el Lictus es aun más pequeño que la carcoma, con larvas blancas de 2 mm de longitud como máximo. Ataca solamente a las frondosas, preferentemente a las ricas en almidón. Se caracteriza porque los orificios de salida son muy pequeños, de 1 a 1,5 mm de diámetro y están frecuentemente reagrupados entre sí. El serrín que llena las galerías es asimismo muy característico por su extremada finura, siendo prácticamente un polvo que frecuentemente resulta colonizado por hongos.

2.3. ATAQUE POR CRUSTACEOS Y MOLUSCOS

En los pilotes y pilas de pantalanos de construcciones costeras es fácil la aparición de daños por el ataque de animales marinos, crustáceos (*Limnoria spp.*) y moluscos (*Teredo spp.*). Los primeros son fáciles de detectar, por la aparición al exterior de numerosos túneles, que son generalmente superficiales, de un diámetro de dos a tres milímetros. Sin embargo el ataque de los teredos es de muy difícil detección, porque los túneles son más profundos y su diámetro es de tan sólo 0,5 mm, por lo que resultan inadvertidos hasta que los daños producidos a los elementos infectados son ya irrecuperables.

2.4. ATAQUE POR BACTERIAS ANAEROBIAS

En el caso de pilotes de madera enterrados bajo el nivel freático, ni los hongos, ni insectos ni los otros animales citados pueden atacarlos, debido a la completa ausencia de oxígeno. Sin embargo, las bacterias anaerobias pueden actuar lentamente en la capa superficial. Desde el punto de vista estructural, el daño que producen es mínimo, y se reconocen simplemente por el color marrón oscuro y el olor a sulfhídrico que desprenden por línea general.

3. ERRORES EN LA FABRICACION Y ALMACENAJE DE LAS PIEZAS

3.1. CONSIDERACION DE LA CLASE DE MADERA

Los errores más frecuentes en las estructuras de madera están relacionados con la fabricación deficiente de las piezas. Ya hemos comentado antes que la madera es un material anisótropo, y por ello resulta esencial hacerla trabajar en el sentido en que presente las mejores características para un tipo de sollicitación determinado.

Sin embargo, la consideración de la existencia de nudos en la madera se olvida frecuentemente y no se tiene el suficiente cuidado en recalcular la estructura cuando el elemento dispuesto tiene una nudosidad diferente a la prevista en proyecto.

Table No. 1 classifies the most commonly used species in wooden structures according to Spanish Code and its relationship with the Eurocode 5 classification. Tables Nos. 2 and 3 show the maximum stresses in N/mm² according to Eurocode 5 classification and the different types of conifers according to Spanish Code. It should be noted that there are clearly important differences between the Spanish Code and Eurocode 5 with regards to wood coming from the same type of tree.

CUADRO Nº 1 / TABLE No. 1

| NOMBRE COMUN / COMMON NAME | ESPECIE / SPECIES | S/UNE | S/EUROCODE |
|---------------------------------|------------------------|-------|------------|
| Abeto del Canadá / Canadian fir | Picea sitchensis | G3 | C5 |
| Abeto rojo / Spruce | Picea abies | G3 | C5 |
| Alerce / Larch | Larix decidua | G1 | C2 a C4 |
| Cedro rojo / Red cedar | Thuja plicata | G3 | C5 |
| Chopo / Poplar | Populus alba | — | C3 a C5 |
| Haya / Beech | Fagus silvatica | — | C2 a C5 |
| Pino marítimo / Cluster pine | Pinus pinaster | G1 | C2 a C3 |
| Pino de Oregón / Douglas fir | Pseudotsuga douglasii | G1 | C4 a C5 |
| Pino del Paraná / Parana pine | Araucaria angustifolia | G2 | C3 a C4 |
| Pino palustre / Pitch pine | Pinus palustris | G1 | C3 |
| Pino silvestre / Scotch pine | Pinus sylvestris | G1-G2 | C2 a C5 |
| Roble / Oak | Quercus Robur | — | C4 a C5 |

Clasificación de las especies más comunes
Classification of the more common species

CUADRO Nº 2 / TABLE No. 2

| CLASE CLASS | FLEXION PARALELA A FIBRAS BENDING ALONG GRAIN | | TRACCION PARALELA A FIBRAS TENSION PARALLEL TO GRAIN | COMPRESION PARALELA A LA FIBRA COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN | CORTANTE PERPENDICULAR A LA FIBRA SHEAR PARALLEL TO GRAIN | MODULO DE ELASTICIDAD VALOR MEDIO AV. MODULUS OF ELASTICITY |
|----------------|--|----------------------------|---|---|--|--|
| | C. VISUAL VISUAL C. | C. MECANICA MECHANIC C. | | | | |
| C1 | 12.0 | 11.0 | 7.0 | 13.0 | 1.70 | 7000 |
| C2 | 15.0 | 13.5 | 9.0 | 15.0 | 1.90 | 8000 |
| C3 | 19.0 | 17.0 | 11.5 | 17.5 | 2.00 | 9000 |
| C4 | 21.5 | 19.5 | 13.0 | 19.0 | 2.10 | 10000 |
| C5 | 24.0 | 21.5 | 14.5 | 21.5 | 2.30 | 11000 |
| C6 | 28.5 | 23.5 | 17.0 | 26.0 | 2.70 | 12000 |
| C7 | 38.0 | 34.0 | 24.0 | 30.0 | 3.80 | 13500 |
| C8 | 48.0 | 43.0 | 30.0 | 38.0 | 4.80 | 17000 |
| C9 | 60.0 | 54.0 | 38.0 | 48.0 | 6.00 | 22000 |
| C10 | 75.0 | 68.0 | 48.0 | 60.0 | 6.00 | 27000 |

Valores característicos de resistencias y medios del módulo de elasticidad según Eurocódigo 5
Characteristic strength and average moduli of elasticity according to Eurocode 5

It should also be pointed out that while the Spanish Code gives values of *admissible stress*, the Eurocode gives values of *strength characteristics*, which should be used in the calculation by the method of limit states.

Table No. 3 gives the wood classification according to Spanish regulations comparing defective pieces with base materials without defects, while table No. 2 follows the line of the European standards, which considers the importance of defects in the classification of wood according to different inspection procedures.

En el cuadro N° 1 se clasifican las especies más usadas en estructuras de madera según la Norma Española y su relación con la clasificación del Eurocódigo 5. Los cuadros N° 2 y 3 contienen, expresados en N/mm², los valores de las solicitaciones máximas según la clasificación del Eurocódigo 5, y de las distintas clases de coníferas según la Norma Española. Se hace notar que existen claramente importantes diferencias entre las clasificaciones según UNE y según Eurocódigo 5 de la madera procedente de la misma especie de árbol.

CUADRO N° 3 / TABLE No. 3

| GRUPO GROUP | ESTADO STATE | CLASIFICACION CLASS | FLEXION PARALELA A FIBRAS BENDING PARALLEL TO GRAIN | COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN | COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA COMPRESSION CROSS-GRAIN | CORTANTE PARALELO A FIBRAS SHEAR PARALLEL TO GRAIN | MODULO DE ELASTICIDAD MODULUS OF ELASTICITY | |
|----------------|-----------------|------------------------|--|---|---|---|--|----------------|
| | | | | | | | MEDIO AV. | MINIMO MIN. |
| G-1 | SECA DRY | Básica / Basic | 17.3 | 13.1 | 2.45 | 1.47 | 9660 | 4820 |
| | | 0.75 | 12.9 | 9.3 | 2.16 | 1.18 | | |
| | | 0.65 | 11.2 | 7.6 | 2.16 | 0.98 | | |
| | | 0.50 | 8.6 | 4.4 | 1.96 | 0.78 | | |
| | | 0.40 | 6.9 | 4.4 | 1.96 | 0.59 | | |
| | VERDE GREEN | Básica / Basic | 13.7 | 9.6 | 1.77 | 1.37 | 8962 | 4480 |
| | | 0.75 | 10.3 | 7.3 | 1.47 | 1.08 | | |
| | | 0.65 | 8.9 | 6.3 | 1.47 | 0.88 | | |
| | | 0.50 | 6.9 | 4.8 | 1.27 | 0.69 | | |
| | | 0.40 | 5.5 | 3.8 | 1.27 | 0.59 | | |
| G-2 | SECA DRY | Básica / Basic | 13.7 | 11.0 | 2.06 | 1.47 | 8280 | 4820 |
| | | 0.75 | 9.6 | 7.9 | 1.77 | 1.18 | | |
| | | 0.65 | 7.9 | 6.6 | 1.77 | 0.98 | | |
| | | 0.50 | 6.2 | 4.8 | 1.47 | 0.78 | | |
| | | 0.40 | 5.2 | 3.8 | 1.47 | 0.59 | | |
| | VERDE GREEN | Básica / Basic | 11.0 | 8.2 | 1.37 | 1.37 | 6890 | 4140 |
| | | 0.75 | 8.2 | 6.2 | 1.18 | 1.08 | | |
| | | 0.65 | 7.2 | 5.4 | 1.18 | 0.88 | | |
| | | 0.50 | 5.5 | 4.1 | 1.08 | 0.69 | | |
| | | 0.40 | 4.4 | 3.3 | 1.08 | 0.59 | | |
| G-3 | SECA DRY | Básica / Basic | 10.3 | 8.2 | 1.47 | 1.27 | 6890 | 3790 |
| | | 0.75 | 6.6 | 5.2 | 1.27 | 0.88 | | |
| | | 0.65 | 5.5 | 4.1 | 1.27 | 0.78 | | |
| | | 0.50 | 4.4 | 3.1 | 1.08 | 0.59 | | |
| | | 0.40 | 3.4 | 2.5 | 1.08 | 0.49 | | |
| | VERDE GREEN | Básica / Basic | 7.6 | 5.5 | 1.08 | 1.08 | 5860 | 3100 |
| | | 0.75 | 5.7 | 4.1 | 0.88 | 0.78 | | |
| | | 0.65 | 4.9 | 3.6 | 0.88 | 0.78 | | |
| | | 0.50 | 3.8 | 2.7 | 0.78 | 0.59 | | |
| | | 0.40 | 3.0 | 2.2 | 0.78 | 0.39 | | |

Tensiones admisibles de maderas de coníferas (según la norma española).
Admissible stress in coniferous wood (according to spanish code)

Debe señalarse que, mientras que la Norma Española propone valores de *tensiones admisibles*, el Código Europeo da los valores de las *resistencias características*, que deben utilizarse en el cálculo por el método de los estados límites.

En cuadro N° 3, la clasificación de las maderas sigue los criterios de la normativa española en función de los defectos en la pieza con relación al material base, sin defectos, mientras que en el cuadro N° 2 se sigue la normativa europea, que tiene en cuenta la importancia de los defectos para clasificar la madera en una u otra clase en función del procedimiento de inspección utilizado.

Finally Table No. 4 and Figs. No. 1 and 2 show a comparison between the French code (CB-71) and the German DIN 1052. Classes I, II and III of the French code can be said to more or less correspond with classes C5, C3 and C2 respectively of the Eurocode.

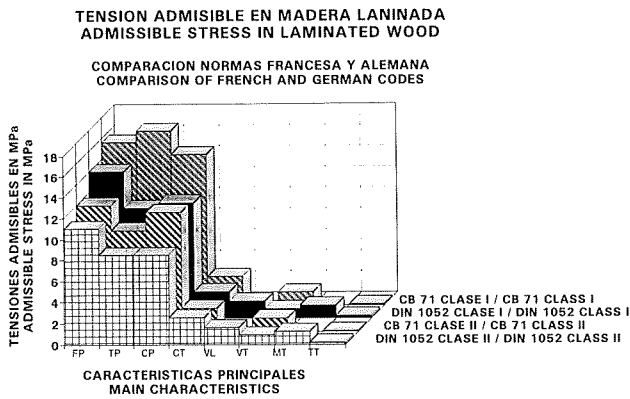


FIG. 1

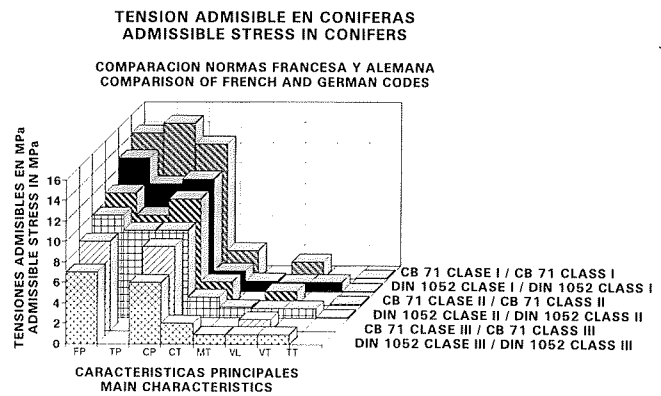


FIG. 2

Regarding the two entries given for bending strength in Table No. 3, this is due to the fact that the Eurocode takes the criteria of the British Standard B.S. 4978 for the classification of wood grades, in order to define its homogeneity in accordance with the number and degree of defects.

While the criteria used to define the wood grade in the British Standard are complex, the most important of these is the percentage area of knots, given as a projection of the total section of knots in the cross-section of a piece (only counting those greater than 5 mm in diameter), and which should never be greater than 50% (this percentage is reduced to 33% when it affects the grain placed in the upper or lower quarter of the piece, where the bending stress is greater). Due to the complexity of this procedure, which can only be carried out by qualified personnel, the same standard allows a simplified classification, by way of passing battens through the rollers of a grading machine which automatically measures its bending strength and thereby defining the grade of the wood. The **visual classification** is clearly more reliable than **mechanical classification**, and this explains the difference between the values in the two columns.

3.2. DEFICIENT SELECTION OF ADHESIVES

The most serious accidents that have occurred in Canada in bonded wood buildings were generally due to manufacturing defects. The use of urea-formal adhesives was banned following the collapse of a school in Saskatchewan in 1984, as a result of its failure to absorb shear stress together with perpendicular tension to the grain at the end joints.

A table is given below indicating the most important properties of standard adhesives in laminated wood

A further problem arises when the warming up process prior to gluing is not carried out with sufficient care due to hasty manufacturing processes. As wood is a bad conductor, the fibres close to the surface may still be cold even when the surface is hot, thereby preventing the adhesive from penetrating and bonding. This leads to the separation of the laminates during the cooling process and dimensional changes until the wood reaches its relative equilibrium humidity causing "fendas" ¹ which make the piece unusable.

¹- Fenda: Long drying crack

Por último, en el cuadro N° 4 y las figuras N°s 1 y 2 se incluye una comparación de las normas francesas (CB-71) alemana DIN 1052. De forma aproximada, podemos decir que las clases I, II y III de la norma francesa corresponden, en líneas generales a las clases C5, C3 y C2 del Eurocódigo, respectivamente.

CUADRO N° 4 / TABLE No. 4

| CARACTERISTICA / CHARACTERISTIC | | CONIFERAS CONIFERS | | | MADERA LAMINADA LAMINATED WOOD | |
|--|------|-----------------------|------|------|-----------------------------------|------|
| | | III | II | I | II | I |
| FLEXION PARALELA PARALLEL BENDING | DIN | 7.0 | 10.0 | 13.0 | 11.0 | 14.0 |
| | CB71 | 8.7 | 10.9 | 14.2 | 12.0 | 15.6 |
| TRACCION PARALELA PARALLEL TENSION | DIN | — | 8.5 | 10.5 | 8.5 | 10.5 |
| | CB71 | — | 8.7 | 15.2 | 9.6 | 16.7 |
| TRACCION PERPENDICULAR PERPENDICULAR TENSION | DIN | — | 0.05 | 0.05 | 0.20 | 0.20 |
| | CB71 | — | 0.07 | 0.09 | 0.07 | 0.09 |
| COMPRESION PARALELA PARALLEL COMPRESSION | DIN | 6.0 | 8.5 | 11.0 | 8.5 | 11.0 |
| | CB71 | 8.2 | 10.3 | 13.1 | 11.3 | 14.4 |
| COMPRESION TRANSVERSAL TRANSVERSE COMPRESSION | DIN | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 |
| | CB71 | — | 2.2 | 2.7 | 2.2 | 2.7 |
| CORTANTE LONGITUDINAL LONGITUDINAL SHEAR | DIN | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| | CB71 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.2 | 1.2 |
| CORTANTE TRANSVERSAL TRANSVERSE SHEAR | DIN | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.2 | 1.2 |
| | CB71 | — | — | — | — | — |
| TORSION TORSION | DIN | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.6 | 1.6 |
| | CB71 | — | — | — | — | — |

Tensiones admisibles para coníferas
Admissible stress in conifers

Con respecto a las dos entradas de capacidad resistente a flexión que aparecen en el cuadro N° 3, su explicación está en que el Código Europeo asume el criterio de la Norma Británica B.S. 4978 para la clasificación de los *grados* de las maderas, como forma de definir de alguna manera su homogeneidad en función del número e importancia de los defectos.

Aunque en la Norma Británica los criterios para definir el *grado* de las maderas son complejos, el más importante es el porcentaje de área de nudos, dados como proyección de la sección total de los nudos de una pieza (contando sólo los de diámetro superior a 5 mm) en su sección recta, que no debe ser nunca superior al 50 % (porcentaje que se reduce al 33% si afectan a las fibras situadas en el cuarto superior o inferior de la pieza, donde las tensiones de flexión son superiores). Dado que el procedimiento de clasificación es complicado, y sólo al alcance de personal muy experto, la misma Norma permite una clasificación simplificada, mediante el paso de listones entre los rodillos de una máquina normalizada, que mide automáticamente su rigidez a flexión, y en base a ello define su *grado*. Es evidente que la fiabilidad de la **clasificación visual** es superior a la de la **clasificación mecánica**, y de ahí las diferencias entre los valores de ambas columnas.

3.2. ELECCION DEFICIENTE DEL TIPO DE LIGANTE

Los siniestros más importantes habidos en Canadá en edificios de madera encolada han estado relacionados generalmente con defectos de fabricación. En particular el uso de las colas de urea-formol llegó a estar prohibido tras el hundimiento ocurrido en una escuela en Saskatchewan en 1984, debido a su incapacidad de absorber tensiones cortantes combinadas con tracciones perpendiculares a la compresión de las fibras en los nudos extremos.

A este respecto recordaremos las propiedades más importantes de los ligantes usualmente empleados en madera laminada.

Otro problema surge cuando el proceso de precalentamiento previo al encolado es poco cuidado por las prisas en la fabricación. Como la madera es un mal conductor, las fibras inmediatas a la superficie pueden permanecer frías aunque la superficie esté caliente, con lo cual la cola no penetra, y si penetra no adhiere. Esto produce que en el proceso de enfriamiento se despegan las láminas, y en los cambios de dimensiones que se producen hasta alcanzar la humedad de equilibrio de la madera se generan fendas¹ de gran longitud que ponen al elemento fuera de servicio.

¹.- Fenda: Raja o hendidura al hilo de la madera

CUADRO N° 5 / TABLE No. 5

| LIGANTE ADHESIVE | CASEINA CASEIN | UREA-FORMOL UREA FORMOL | MELANINA FORMALDEHIDO FORMAL-DEHYDE MELANIN | RESORCINA FORMALDEHIDO FORMALDEHYDE RESORCINOL |
|---|----------------------|----------------------------|--|---|
| RESISTENCIA AL AGUA WATER RESISTENCE | BUENA GOOD | MALA BAD | REGULAR AVERAGE | BUENA GOOD |
| RESISTENCIA BIOTICA BIOTIC RESISTENCE | MUY MALA VERY BAD | BUENA GOOD | BUENA GOOD | BUENA GOOD |
| RESISTENCIA AGENTES ATMOSFERICOS WEATHERING RESISTENCE | REGULAR AVERAGE | MALA BAD | REGULAR AVERAGE | BUENA GOOD |
| CONTROL CONDICIONES ENCOLADO GLUING CONTROL CONDITIONS | LIGERO SLIGHT | BUENO GOOD | REGULAR AVERAGE | EXIGENTE DEMANDING |
| PRECIO PRICE | BARATA CHEAP | BARATA CHEAP | NORMAL NORMAL | CARA EXPENSIVE |

*Características de los ligantes mas usuales
Characteristic of more common adhesives*

4. ERRORS IN SIZING: WOOD CREEP

4.1. HUMIDITY

The most common error when sizing a wooden structure is to ignore the important effect that the moisture content of the wood has on its mechanical characteristics, and which is in turn due to the surrounding atmosphere. The Eurocode 5 classifies atmospheric humidity in three categories.

- **Class 1 humidity.** Moisture content in materials corresponding to a local temperature of $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and a relative air humidity which only exceeds 65 % several weeks a year. The moisture content in the majority of softwoods does not exceed 12 %.
- **Class 2 humidity.** Moisture content in materials corresponding to a local temperature of $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and a relative air humidity which only exceeds 80 % several weeks a year. The moisture content in the majority of softwoods does not exceed 18 %.
- **Class 3 humidity.** Climatic conditions which produce the greatest moisture content in the materials

Eurocode 5 combines the influence of the class of humidity and the duration of the load in the mechanical characteristics of the wood, by the weighting coefficients indicated in Table No.4

4.2. CREEP

The table above indicates the creep ratios recommended by the Eurocode 5 for different classes of humidity in accordance with the predicted period of loading.

The recommendations of the American *National Design Specifications for Wood Construction* with regard to total deformation give a creep ratio of **1.50** for permanent loads when using previously cured wood and a ratio of **2.00** when the wood is not cured.

These fairly conservative values of extended deformation may seem to oppose that seen in old buildings, where very serious deformation is known to appear in wooden floors and roofs, especially in cold climates.

The following formula gives fairly accurate results regarding the long term behaviour of wood:

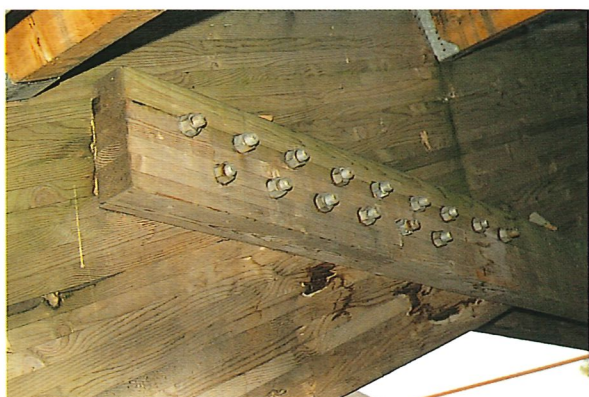
$$\lambda = 1 + \frac{5\sigma - \sigma_{adm}}{4\sigma_{adm}} \left(\frac{100 H^2}{3} + 10H + 0,75 \right)$$

where λ = Creep ratio
 σ = Maximum working stress of the element under permanent loads
 σ_{adm} = Admissible stress
 H = Average equilibrium humidity (%)

Total deformation will be: $a = a_{inst} + \lambda a_{c, permanent}$



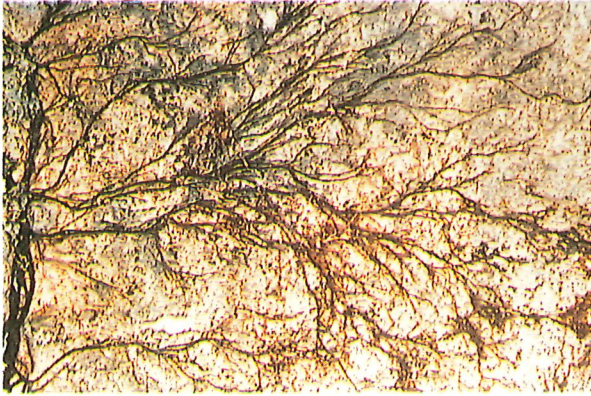
1. PIE DERECHO ATACADO POR LA HUMEDAD PESE A DISPONER DE UN PLINTO DE PIEDRA.
1. UPRIGHT ATTACKED BY DAMP IN SPITE OF STONE BASE.



2. MANCHAS DE HUMEDAD Y FRENTE DE CRECIMIENTO DEL *MERULIUS LACRIMANS*.
2. DAMP STAINS AND SIGNS OF ATTACK BY DRY ROT (*MERULIUS LACRIMANS*).



3. PUDRICIÓN CÚBICA PRODUCIDA POR EL *MERULIUS*.
3. CUBIC SPALLING PRODUCED BY DRY ROT.



4. MICELIOS DEL *CONIPHORA PUTEANS*.
4. MYCELIUM OF THE *CONIPHORA PUTEANS*.



5. PUDRICIÓN PRODUCIDA POR EL *CONIPHORA PUTEANS*.
5. FIBROUS ROTTING PRODUCED BY THE *CONIPHORA PUTEANS*.



6. DETALLE DE MADERA ATACADA CON PUDRICIÓN FIBROSA (*DONKIOPORIA*).
6. DETAIL OF WOOD ATTACKED BY THE *DONKIOPORIA*.



7. ATAQUE DE TERMES Y HONGOS. OBSÉRVENSE LAS DIMENSIONES A QUE HA QUEDADO REDUCIDO EL DURMIENTE (ORIGINALMENTE DE 20X20 CMXCM) POR COMPARACIÓN CON LOS LADRILLOS, DE 35 MM DE GRUESO.
7. TERMITE AND FUNGI ATTACK. OBSERVE THE REDUCTION IN SIZE OF THE SILL (ORIGINALLY 20 X 20 CM) WHEN COMPARED WITH THE 35 MM THICK BRICKS.



8. ATAQUE POR TERMES.
8. TERMITE ATTACK.



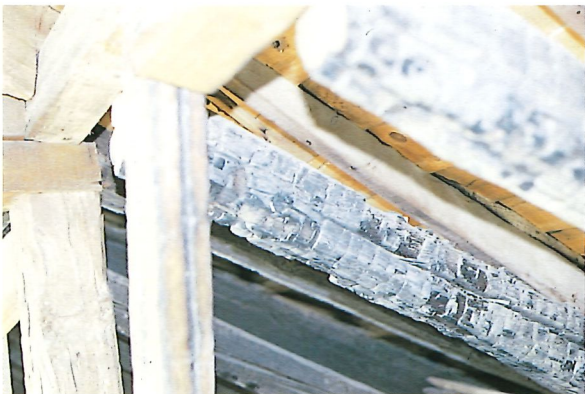
9. ATAQUE POR COLEÓPTEROS Y SERRÍN CARACTERÍSTICO DE LA CARCOMA.
9. ATTACK BY COLEOPTERA AND THE CHARACTERISTIC SAWDUST LEFT BY THE WOODWORM.



- 10. FENDAS POR ENCOLADO DEFICIENTE ABIERTAS EN ZONAS DE SOLICITACIONES ELEVADAS.
- 10. DRYING CRACKS WHICH HAVE OPENED IN AREAS SUBJECT TO HIGH STRESS AS A RESULT OF DEFECTIVE GLUING.



- 11. DEFORMACIÓN POR FLUENCIA DE FORJADO.
- 11. CREEP IN A FLOOR.



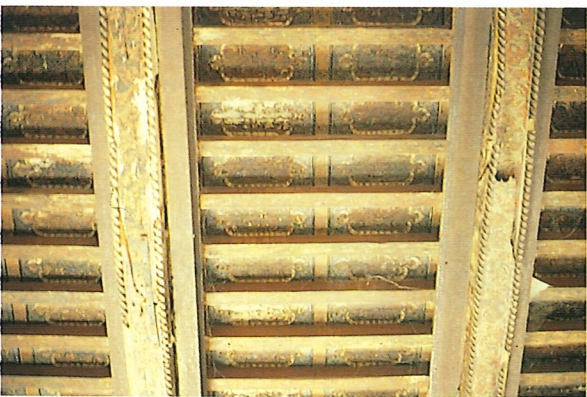
- 12. CORREAS DE MADERA AFECTADAS POR INCENDIO Y QUE CONSERVARON GRAN PARTE DE SU CAPACIDAD RESISTENTE, SUFICIENTE PARA SEGUIR MANTENIENDO EL TEJADO DURANTE MÁS DE 20 AÑOS.
- 12. WOODEN PURLINS AFFECTED BY FIRE BUT CONSERVING MOST OF THEIR STRENGTH CAPACITY.



- 13. REFUERZO INCORRECTO DE FORJADO DE MADERA CON PERFILES METÁLICOS QUE APOYAN SOBRE EL FORJADO DAÑADO.
- 13. INCORRECT REINFORCEMENT OF WOODEN FLOOR WITH STEEL PROFILES RESTING ON THE DAMAGED FLOOR.



- 14. REFUERZO INCORRECTO DE PARES DE CUBIERTA CON PIES DERECHOS METÁLICOS QUE DESCANSAN SOBRE EL FORJADO INFERIOR, SOBRECARGANDO ÉSTE.
- 14. INCORRECT REINFORCEMENT OF ROOF WITH STEEL UPRIGHTS SET ON THE FLOOR BELOW AND OVERLOADING THE SAME.



- 15. REFUERZO DE FORJADO DE MADERA CON PERFILES METÁLICOS DESTRUYENDO LA ARMONÍA DEL ALJARFE ORIGINAL.
- 15. WOOD FLOOR REINFORCEMENT EMPLOYING STEEL PROFILES WHICH HAVE RUINED THE APPEARANCE OF THE ORIGINAL CEILING.



J. CALAVERA
DR. INGENIERO DE CAMINOS

PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO

NUEVA PUBLICACION

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

INTEMAC

INDICE

TOMO 1

1. Estado actual del problema.
2. Información estadística.
3. Mecanismos de daño.
4. Repercusión de las desviaciones resistentes y dimensionales de las piezas sobre la capacidad resistente.
5. Ejemplos de fallos originados en la etapa de proyecto.
6. Ejemplos de fallos originados por los materiales.
7. Ejemplos de fallos originados en la etapa de ejecución.
8. Ejemplos de fallos originados en la etapa de uso y mantenimiento.
9. La inspección y el informe preliminares.
10. Ensayos de información complementaria.
11. Consideraciones previas al establecimiento de las conclusiones.
12. La toma de decisión y el informe final.

TOMO 2

Anejo A. Atlas de fisuras.

Anejo B. Gráficos para el estudio de las variaciones de las capacidades resistentes.

CARACTERISTICAS

2 tomos

Tamaño: 168 x 237 mm

680 páginas

231 fotografías

258 figuras

118 referencias bibliográficas

Encuadernación en guaflex

Precio de la obra completa: 16.000 Ptas.

4. ERRORES EN EL DIMENSIONAMIENTO: FLUENCIA DE LA MADERA

4.1. CONSIDERACION DE LA HUMEDAD

El error más frecuente que se comete en el dimensionamiento de una estructura de madera es olvidar que afecta de forma muy importante a sus características mecánicas la humedad de equilibrio de la pieza, que es a su vez función del medio que la rodea. El Eurocódigo 5 clasifica la humedad ambiente en tres categorías:

- **Humedad clase 1.** Humedad en los materiales correspondiente a una temperatura ambiente de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del aire que sólo excede el 65% unas pocas semanas al año. La humedad de equilibrio en la mayor parte de las maderas blandas no excede el 12%.
- **Humedad clase 2.** Humedad en los materiales correspondiente a una temperatura ambiente de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del aire que sólo excede el 80 % durante pocas semanas al año. La humedad de equilibrio en la mayor parte de las maderas blandas no excede el 18%.
- **Humedad clase 3.** Condiciones climáticas que producen mayor humedad en los materiales.

El Eurocódigo 5, combina la influencia de la clase de humedad y de la duración de la carga en las características mecánicas de la madera, mediante los coeficientes de ponderación que se contienen en el cuadro N° 6.

CUADRO N° 6 / TABLE No. 6

| TIEMPO DE MANTENIMIENTO DE LA CARGA LOADING PERIOD | PROPIEDADES MECÁNICAS SALVO RESIST. A CORTE (*) MECHANICAL PROPERTIES EXCL. SHEAR STRENGTH (*) | | RESISTENCIA A CORTE SHEAR STRENGTH | | COEFICIENTE DE FLUENCIA CREEP RATIO | | |
|---|---|------|---------------------------------------|------|--|-----|-----|
| | C1-C2 | C3 | C1-C2 | C3 | C1 | C2 | C3 |
| > 10 años / > 10 years | 0.80 | 0.65 | 0.55 | 0.45 | 1.5 | 1.8 | 3.0 |
| > 6 meses / > 6 months | 0.90 | 0.72 | 0.70 | 0.55 | 1.2 | 1.3 | 2.0 |
| > 1 semana / > 1 week | 1.00 | 0.80 | 0.85 | 0.70 | 1.0 | 1.1 | 1.5 |
| instantánea / instantaneous | 1.20 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

(*) : Incluye el módulo de elasticidad para cálculos de estabilidad. / Includes the modulus of elasticity for stability calculations.

Coefficientes de correccion de las características mecánicas en función de la humedad y de la duración de la carga
Correction coefficients of mechanical characteristics in accordance with humidity and duration of load

4.2. CONSIDERACION DE LA FLUENCIA

En este mismo cuadro se expresan los coeficientes de fluencia recomendados por el Eurocódigo 5 para las distintas clases de humedad en función de la duración previsible de la carga.

Las recomendaciones de las *National Design Specifications for Wood Construction* americanas proponen para la estimación de la deformación total un coeficiente de fluencia para las cargas permanentes de **1.50**, cuando se emplean maderas previamente curadas, y de **2.00** en caso contrario.

Estos valores, relativamente moderados, de la deformación diferida, pueden parecer contrarios a la experiencia de los edificios antiguos, en que se aprecian con frecuencia deformaciones muy importantes de algunos forjados, y sobre todo en cubiertas, especialmente en zonas frías.

Una fórmula que proporciona unos resultados bastante ajustados al comportamiento a largo plazo de la madera es la siguiente:

$$\lambda = 1 + \frac{5\sigma - \sigma_{adm}}{4\sigma_{adm}} \left(\frac{100 H^2}{3} + 10H + 0,75 \right)$$

siendo

- λ = Coeficiente de fluencia
- σ = Tensión máxima de trabajo de la pieza frente a cargas permanentes
- σ_{adm} = Tensión admisible
- H = Humedad de equilibrio media (en tanto por uno)

la deformación total sería: $a = a_{inst} + \lambda a_{c. permanente}$

However, in many cases the problem is not so much caused by the creep in the material itself but by the accumulation of successive loads which are indirectly caused by the deformation.

In the case of floors, the accumulation of loads is produced by successive reformations to buildings, which try to correct the curve of the floor by the addition of backfill. One has to bear in mind that span deformations of 1/2000 were considered to be perfectly normal in traditional building practice. The backfill material necessary to correct a two or three centimetre deformation creates a considerable increase in load which is sufficient to cause deformation by added creep which in turn requires further correction until reaching the stage where the total deformation is twice as much or more than that which would have been obtained under the original conditions.

In terms of roofs, in addition to the fact that the atmospheric conditions may make the provisions considered in the aforementioned coefficients appear excessively optimistic, any deformation leads to the additional storage of water or the accumulation of snow. The load increase is particularly noticeable in flat roofs designed with too many deformable elements which do not include partition walls. The retention of water due to the deformation of the roof, which is often due to the nature of the guttering or overflows, together with very damp conditions and leakages, may cause unalterable deformations which increase year after year until reaching very high levels. In the case of pitched roofs, the phenomenon occurs with snow, and particularly after heavy snowfalls, which results in the deformation of the roof leading to a lowering in the pitch or slope at its lower end. When the accumulation of snow is greater than that corresponding to the nominal slope deformations occur and these are only aggravated by the advent of subsequent snowfalls.

The limits of deformation in wooden structures have traditionally been more tolerant than those in concrete or steel structures. This may seem illogical when the use of the building is the same, but should be taken into account when assessing old wooden buildings. The following values may serve as guidelines for wooden structures.

- Roofs :

| | |
|--|--------------|
| Industrial buildings without false ceilings: | L/150 |
| Commercial buildings without false ceilings: | L/200 |
| Commercial buildings with false ceilings: | L/300 |

- Floors :

| | |
|-----------|--------------|
| Any type: | L/300 |
|-----------|--------------|

4.3. BENDING STRESS

At the points where serious bowing or bending occurs, one should always consider the non-linear effects of the strain distribution due to the difference in length between the external and internal fibres of the beam.

The bending stresses, to this effect, rather than being those of the Navier hypothesis:

$$\sigma_x = \frac{M y}{I}$$

are instead those given by the Winkler formula:

$$\sigma_x = \frac{M y}{b H (R_M - r_n) \left(\frac{H}{Ln \left(\frac{r_e}{r_i} \right)} - y \right)}$$

where

- M = Bending moment applied to a section
- y = Distance of the fibre considering the plan passing through the barycentre of the section
- b = Breadth of section
- H = Height of section
- R_M = Bending radius of the barycentre of the section
- r_n = Bending radius of the neutral axis = $\frac{H}{Ln \left(\frac{r_e}{r_i} \right)}$
- r_e = Bending radius of the external fibre
- r_i = Bending radius of the internal fibre

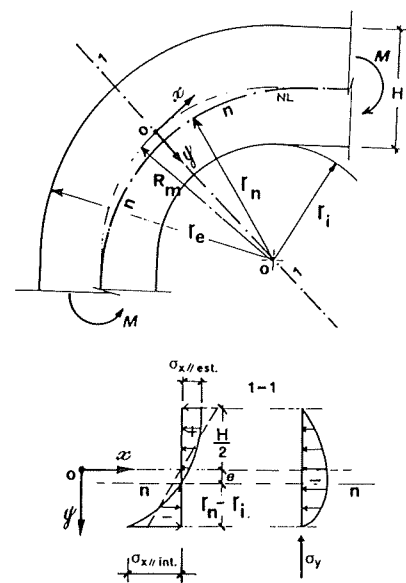


FIG.3

Sin embargo, en muchos casos el problema no está producido por la fluencia de la madera propiamente dicha, sino por la acumulación de cargas sucesivas, motivadas indirectamente por la deformación.

En el caso de los forjados, la acumulación de cargas se produce en sucesivas reformas de los edificios, en las que se pretende corregir la concavidad adoptada por el forjado mediante la aportación de relleno. Hay que tener en cuenta que deformaciones del orden de 1/200 de la luz eran totalmente normales en los métodos de construcción tradicionales. El aporte de material de relleno necesario para corregir una deformación de dos o tres centímetros, supone un incremento de carga considerable, y suficiente para producir deformaciones por fluencia añadidas que, con el tiempo obligan a una nueva corrección, hasta que la deformación total puede llegar a ser del orden del doble de la que se obtendría en las condiciones iniciales e incluso superior.

Con respecto a las cubiertas, aparte de que las condiciones de humedad pueden llegar a ser tales que hagan excesivamente optimistas las previsiones realizadas en base a los coeficientes anteriores, el fenómeno se produce al embalsar agua o acumular nieve en exceso por causa de la deformación. El incremento de cargas es particularmente notable en el caso de cubiertas planas diseñadas con elementos excesivamente deformables, al no tener que recibir tabiquería. El embalsamiento de agua por la propia deformación del forjado, muchas veces favorecido por el tupido de los imbornales, junto con las condiciones de alta humedad natural y las filtraciones, producen deformaciones no recuperables que van incrementándose de año en año, hasta alcanzar valores elevados. En el caso de las cubiertas inclinadas, el fenómeno se produce de forma análoga con la nieve, especialmente con la nevadas extraordinarias, pues al producir la deformada de la cubierta una disminución de la pendiente en su extremo inferior, la acumulación de nieve resulta superior a la correspondiente a la pendiente nominal, generándose deformaciones no recuperables que agravarán el problema en la siguiente nevada.

La limitación de deformaciones en estructuras de maderas ha sido tradicionalmente más tolerante que en estructuras de hormigón o acero, lo que en principio creemos que resulta poco lógico, si el uso va a ser el mismo que con otras estructuras; pero que es un dato que hay que tener en cuenta en el momento de evaluar estructuras de madera antiguas. Unos valores orientativos pueden ser los siguientes:

- Cubiertas :

| | |
|---|--------------|
| Edificios industriales, sin falsos techos : | L/150 |
| Edificios comerciales, sin falsos techos : | L/200 |
| Edificios comerciales, con falsos techos : | L/300 |

- Forjados de piso :

| | |
|-------------------------|--------------|
| Cualquier clase de uso: | L/300 |
|-------------------------|--------------|

4.3. CONSIDERACION DE LAS TENSIONES DE CURVATURA

En los puntos de gran curvatura (codos), no resulta posible despreciar los efectos no lineales de la distribución de tensiones debidas a la diferencia de longitudes entre las fibras externa e interna de la viga.

En efecto, en estas zonas, las tensiones de flexión, en lugar de ser las que resultan de la hipótesis de Navier

$$\sigma_x = \frac{M y}{I}$$

pasan a ser las que resultan de la fórmula de Winkler

$$\sigma_x = \frac{M y}{b H (R_M - r_n) \left(\frac{H}{Ln \left(\frac{r_e}{r_i} \right)} - y \right)}$$

siendo

- M = Momento flector aplicado a la sección
- y = Distancia de la fibra considerada al plano que pasa por el baricentro de la sección
- b = Ancho de la sección
- H = Canto de la sección
- R_M = Radio de curvatura de la directriz en el baricentro de la sección
- r_n = Radio de curvatura del eje neutro = $\frac{H}{Ln \left(\frac{r_e}{r_i} \right)}$
- r_e = Radio de curvatura de la fibra exterior
- r_i = Radio de curvatura de la fibra interna

the cross-sectional strain therefore being:

$$\sigma_y = \int \frac{\sigma_x}{r_\alpha} \cdot dA \approx \frac{\sigma_{xmax} \cdot H}{4 R_M}$$

Note that, while the increase in the normal strain is only moderate, if the minimum bending radii given in the standard is observed (200 times the thickness of the laminate in the case of the DIN 1052 and 160 times this thickness in the case of the CB-71), the sectional strain produced is very often restrictive.

Taking the following example:

Consider a 18 x 92 cm section beam made up of 30 mm laminates subjected to a 10 t axial force and a 20 m·t bending moment at a joint. The internal bending radius is taken to be 6.0 m (200t). The maximum normal strain resulting from the application of the Navier hypothesis would be:

$$\sigma_x = \frac{10000}{18 \cdot 92} + \frac{20 \cdot 10^5}{\frac{1}{6} \cdot 18 \cdot 92^2} = 78,8 \text{ kg/cm}^2$$

and the beam would be admissible under category II.

If we apply the Winkler Formula, we then get:

$$\sigma_x = \frac{10000}{18 \cdot 92} + \frac{20 \cdot 10^5 \cdot 46}{18 \cdot 92 \cdot \left(646 - \frac{92}{Ln\left(\frac{692}{600}\right)}\right) \cdot \left(\frac{92}{Ln\left(\frac{692}{600}\right)} - 46\right)} = 90,9 \text{ kg/cm}^2$$

The increase in strain is 15% which is by no means insignificant but is not decisive. However, the cross-sectional strains are:

$$\sigma_y = \frac{90,9 \cdot 92}{4 \cdot 646} = 3,24 \text{ kg/cm}^2$$

and the piece is unacceptable ($\sigma_{ymax} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$)

where the average minimum acceptable bending radius is around:

$$R_M = \frac{90,9 \cdot 92 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 2} \approx 10,5 \text{ m}$$

and therefore the minimum bending radius goes from 6.0 to 10 m.

4.4. BUCKLING

Another common error is to underestimate the risk of lateral instability. The high deformability of wood, especially in the long term and/or under very humid conditions, means that the limit state of instability (with regards to strain levels) is reached much sooner than in concrete or steel structures.

The DIN 1984 Standard gives the buckling ratios shown on table 7a and b

CUADRO N° 7a / TABLE No. 7a

| COEFICIENTE DE PANDEO ω / BUCKLING RATIO ω | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ESBELTEZ SLENDERNESS | λ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| MADERA WOOD | I-III | 1.00 | 1.04 | 1.08 | 1.15 | 1.26 | 1.42 | 1.62 | 1.88 | 2.20 | 2.58 |
| M.LAMINADA LAMINATED WOOD | I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.13 | 1.28 | 1.51 | 1.92 | 2.43 |
| M.LAMINADA LAMINATED WOOD | II | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.11 | 1.25 | 1.45 | 1.75 | 2.22 |

*Coefficientes de pandeo s/ DIN 1984
Buckling ratios according to DIN 1984*

y la tensión transversal resulta ser

$$\sigma_y = \int \frac{\sigma_x}{r_\alpha} \cdot dA \approx \frac{\sigma_{xmax} \cdot H}{4 R_M}$$

Nótese que, mientras que el incremento que supone en las tensiones normales es moderado, si se respetan los mínimos de radio de curvatura que marcan las Normas (200 veces el espesor de la lama, en el caso de la DIN 1052 y 160 veces ese espesor en el caso de la CB-71), la tensión transversal que se produce resulta limitativa en muchas ocasiones.

Veamos un ejemplo:

Sea una viga de sección normalizada de 18x92 cm de sección recta, con lamas de 30 mm y sometida en un nudo a un axil de 10 t y a un momento flector de 20 m·t. El radio de curvatura interna se supone de 6,0 m (200 t). La tensión máxima normal que resultaría de aplicar la hipótesis de Navier sería

$$\sigma_x = \frac{10000}{18 \cdot 92} + \frac{20 \cdot 10^5}{\frac{1}{6} \cdot 18 \cdot 92^2} = 78,8 \text{ kg/cm}^2$$

y la viga resultaría admisible con categoría II.

Si aplicamos la fórmula de Winkler, obtenemos

$$\sigma_x = \frac{10000}{18 \cdot 92} + \frac{20 \cdot 10^5 \cdot 46}{18 \cdot 92 \cdot \left(646 - \frac{92}{\text{Ln}\left(\frac{692}{600}\right)}\right) \cdot \left(\frac{92}{\text{Ln}\left(\frac{692}{600}\right)} - 46\right)} = 90,9 \text{ kg/cm}^2$$

El incremento de tensiones resulta ser del 15%, no despreciable, pero no resulta determinante. Sin embargo, la tensión transversal resulta ser

$$\sigma_y = \frac{90,9 \cdot 92}{4 \cdot 646} = 3,24 \text{ kg/cm}^2$$

y la pieza resulta inadmisibles ($\sigma_{y\max} = 2,0 \text{ kg/cm}^2$)

siendo el radio de curvatura medio mínimo admisible del orden de

$$R_M = \frac{90,9 \cdot 92 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 2} \approx 10,5 \text{ m}$$

y por consiguiente el radio mínimo de curvatura pasa de 6,0 a 10 metros.

4.4. CONSIDERACION DEL PANDEO

Otro error frecuente consiste en minusvalorar el riesgo de inestabilidad lateral. La elevada deformabilidad de la madera, especialmente a largo plazo y/o en condiciones de alta humedad, hace que el estado límite de inestabilidad se alcance mucho antes (en relación al nivel tensional) que en las estructuras de hormigón o metálicas.

La norma DIN 1984 proporciona los siguientes coeficientes de pandeo.

CUADRO N° 7b / TABLE No. 7b

| COEFICIENTE DE PANDEO ω / BUCKLING RATIO ω | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| ESBELTEZ SLENDERNESS | λ | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 |
| MADERA WOOD | I-III | 3.00 | 3.63 | 4.32 | 5.07 | 5.88 | 6.75 | 7.68 | 8.67 | 9.72 | 10.83 |
| M.LAMINADA LAMINATED WOOD | I | 3.00 | 3.63 | 4.32 | 5.07 | 5.88 | 6.75 | 7.68 | 8.67 | 9.72 | 10.83 |
| M.LAMINADA LAMINATED WOOD | II | 2.74 | 3.32 | 3.95 | 4.63 | 5.37 | 6.17 | 7.02 | 7.92 | 8.68 | 9.89 |

Coeficientes de pandeo s/ DIN 1984
Buckling ratios according to DIN 1984

while the CB 71 gives the following formulas:

$$\begin{aligned} \lambda \leq 37,5 & \quad \omega = 1,0 \\ 37,5 < \lambda \leq 75 & \quad \omega = \frac{I}{1,45 - 0,012 \cdot \lambda} \\ 75 < \lambda \leq 120 & \quad \omega = \frac{\lambda^2}{3100} \\ 120 < \lambda \leq 180 & \quad \omega = \frac{\lambda^2}{3100} \text{ and } \sigma_{adm} \leq 12,58 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

One should note that in the case of composite compression, the resulting strain should be reduced either to the admissible compressive stress:

$$\sigma_c = \frac{\omega \cdot N}{A} + \frac{\sigma_{c adm}}{\sigma_{f adm}} \cdot \frac{M}{W}$$

in accordance with the DIN code, or to the admissible bending stress:

$$\sigma_f = \frac{\omega \cdot N}{A} + \frac{\sigma_{f adm}}{\sigma_{c adm}} + \frac{M}{W}$$

in accordance with the French Standard CB 71.

5. ERRORS IN CONSTRUCTION DETAILS

The most common errors occur at nailed joints. It is essential to verify:

- That the nail is perpendicular to the grain
- That the wood is class D400 or higher
- That double joints are alternatively nailed both sides.
- That the thickness of the thinnest piece to be jointed is no less than 7 d for $d \leq 5$ mm or (13 d - 30 mm) for $d > 5$ mm.
- That the depth of penetration, measured from the joint to the nearest end of the nail is greater 8•d for alternatively placed nails on each side of double joints and 12•d in any other case.

When more than 10 nails are used in the same joint, the capacity of the nails over the tenth nail should be reduced to a third of its theoretical capacity.

6. FIRE RESISTANCE

The *damage limitation temperature* is relatively low in wood, which ignites at around 250°C, while in reinforced concrete damage appears at temperatures between 300°C and 500°C, and the mechanical characteristics of steel (with the exception of cold worked steel) do not begin to change until 750°C and are not critical until 1200°C. However, the very low heat conduction of wood, which is just 1/10 of that of concrete and 1/300 of that of steel, means that the critical temperature only affects it superficially and the interior remains at much lower temperatures. Furthermore, wood loses very few of its mechanical characteristics under temperature, and damage is only really noticeable when it is destroyed by burning. However, oxygen is necessary in order for it to burn and as the air is rarefied by the surface combustion, even the interior rings which have reached critical temperatures may remain intact for a considerable amount of time due to the lack of burning.

As such wooden structures are not only competitive but very favourable in terms of fire resistance. The other accusations that are levelled at wooden structures in this regard refer to the increase in mass of combustible material and the fact that smoke is produced. However, these accusations are equally unjustified as the contribution of the wooden structure to these two factors is generally completely negligible.

The speed of carbonation of wood is approximately as indicated below

mientras que la CB 71 da las fórmulas siguientes:

$$\begin{array}{ll} \lambda \leq 37,5 & \omega = 1,0 \\ 37,5 < \lambda \leq 75 & \omega = \frac{l}{1,45 - 0,012 \cdot \lambda} \\ 75 < \lambda \leq 120 & \omega = \frac{\lambda^2}{3100} \\ 120 < \lambda \leq 180 & \omega = \frac{\lambda^2}{3100} \text{ y } \sigma_{adm} \leq 12,58 \text{ kg/cm}^2 \end{array}$$

Se hace notar que en los casos de compresión compuesta, la tensión resultante debe reducirse bien a tensión de compresión admisible:

$$\sigma_c = \frac{\omega \cdot N}{A} + \frac{\sigma_{c adm}}{\sigma_{f adm}} \cdot \frac{M}{W}$$

según la norma DIN, o bien a tensión de flexión admisible:

$$\sigma_f = \frac{\omega \cdot N}{A} + \frac{\sigma_{f adm}}{\sigma_{c adm}} \cdot \frac{M}{W}$$

que es el criterio de la norma francesa CB 71.

5. ERRORES EN LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS

Los más frecuentes se producen en las uniones clavadas. Es esencial vigilar:

- Que el clavado es perpendicular a las fibras.
- Que la madera es de clase D400 o superior.
- Que las uniones dobles se clavan alternativamente por ambos lados.
- Que el espesor de la pieza más delgada a unir es no menor de 7 d para $d \leq 5 \text{ mm}$ o de $(13 d - 30 \text{ mm})$ para $d > 5 \text{ mm}$.
- Que la profundidad de penetración, medida desde la junta al extremo más próximo del clavo es superior a $8 \cdot d$ para clavos en uniones dobles situados alternativamente por cada cara o a $12 \cdot d$ en otros casos.

Cuando se utilizan más de 10 clavos en la misma unión, la capacidad de los clavos por encima de diez debe reducirse en un tercio de su capacidad teórica.

6. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

La *temperatura de aparición de daños* es relativamente baja en el caso de la madera, cuyo punto de ignición es de alrededor de 250°C mientras que en el hormigón armado los daños comienzan entre 300°C y 500°C , y en el acero (salvo los deformados en frío), las características mecánicas no comienzan a alterarse hasta los 750°C y no resultan críticas hasta los 1200°C . Ahora bien, la bajísima conductibilidad térmica de la madera, que es sólo el $1/10$ de la del hormigón y $1/300$ de la del acero hace que la temperatura crítica se alcance sólo superficialmente, y el interior quede a temperatura muy inferior. Además, la madera disminuye poco sus características mecánicas con la temperatura, y para que el daño sea apreciable se precisa su destrucción por combustión. Pero para que la combustión se produzca es preciso el aporte de oxígeno, y al quedar el aire empobrecido por la combustión de la superficie, incluso la corona interior que ha alcanzado la temperatura crítica permanece durante un tiempo considerable inalterada por imposibilidad de arder.

Ello hace que las estructuras de madera resulten no sólo competitivas sino ampliamente favorables en términos de resistencia al fuego. Las otras dos acusaciones que se hacen a las estructuras de madera en este sentido, de incrementar la masa de material combustible y de producir humos, resultan asimismo injustificadas, pues el aporte de la estructura de madera, en ambos sentidos, durante un incendio, es por lo general totalmente despreciable.

La velocidad de carbonatación de la madera, es, aproximadamente, la que se indica a continuación

| | | |
|----------|-------------------------|-----------------|
| BEAMS: | on upper face and sides | : 0.8 mm/minute |
| | on lower face | : 1.1 mm/minute |
| COLUMNS: | | : 0.7 mm/minute |
| FLOORS: | | : 1.1 mm/minute |

However, as the corners receive heat from both sides they disintegrate more quickly. A simple calculation of the minimum capacity when exposed to fire may be made from the previous values, considering the rounding of edgings of the following radii in relation to time of exposure.

| | | | | |
|--|----|----|----|-----|
| After being exposed to fire for n. minutes | 30 | 60 | 90 | 120 |
| Adopts a radius of (mm) | 19 | 30 | 40 | 50 |

The tensile strength of wood which has not suffered carbonisation remains very much the same and therefore the usual methods of calculation may be adopted for the residual section of the member, and the characteristics of the same need not be reduced.

A ω ratio of 0.8 should be applied to the basic combination under fire conditions

7. INCORRECT PROTECTION OF THE WOOD

The simplest method of protecting the wood is to maintain its moisture content at below 20%, as under these conditions the great majority of insects and fungi cannot thrive. However, on many occasions these conditions cannot be guaranteed or are insufficient in themselves, and, therefore, it is necessary to consider special treatments.

In order to improve resistance to insect attack, the oldest yet still the most widely used treatment method is to create a barrier to isolate the wood from biological attack. The barrier was initially made by impregnating the wood with creosote thereby blocking up any openings and preventing insect colonisation. However, this method causes an unsightly appearance and has since been substituted by colourless or lightly coloured toxic substances such as zinc and mercury or diluted copper sulphate. What is more the initial products were proven to be useful against insect attack but rather inefficient in the face of fungi.

The present-day developments in phytosanitary products has given rise to more effective treatments, but these are still by no means free of problems. First of all, the treatment should be applied as soon as possible and, preferably, immediately after felling in order to avoid the impregnation of colonies of insects which are difficult to remove later on. However, as many of the products employed in these treatments are volatile they are soon destroyed during the curing and drying processes.

It is also necessary to bear in mind that some of these products contain active elements which are seriously contested by ecologists, such as chromium, mercury or Lindane®, and which might even be potentially cancerigenic, such as Heptachlor, and therefore require the corresponding health and safety certificates regarding the use of the same.

In any case, the impregnation process should assure that the product penetrates fully in order to prevent being eliminated by any subsequent deterioration in the wood, as once the wood is attacked at the surface, no matter how slightly, this can then continue into the heart of the wood without being affected by the surface protection.

In order to maintain the moisture content inside the wood one may simply paint or varnish the surface. However, this process is generally inefficient as a result of the seasonal expansion and contraction of the wood caused by changes in moisture content which lead to the cracking of the protective film. There are presently many waxes, resins, organic aluminium compound, silicones and other water-repelling substances which give far superior results, though it is necessary to check the stability of these products against ultraviolet radiation when used outdoors.

To increase fire resistance, fire retarders are used which prevent, or at least delay, combustion. These products may be inorganic, such as mixtures of zinc chloride, ammonium phosphates and sulphates, borates, etc. ; or organic, such as chloronaphthalene. These treatments noticeably raise the final cost and are not commonly used except in special cases of fireproofing.

| | | |
|----------|--------------------------------|-----------------|
| VIGAS: | en el extradós y los laterales | : 0,8 mm/minuto |
| | en el intradós | : 1,1 mm/minuto |
| PILARES: | | : 0,7 mm/minuto |
| SUELOS: | | : 1,1 mm/minuto |

Sin embargo, las esquinas, al recibir aporte de calor por ambas caras, se degradan más rápidamente. Un cálculo simple de la capacidad residual en condiciones de exposición al fuego puede realizarse a partir de los valores anteriores, pero teniendo en cuenta un redondeo de las esquinas con los siguientes radios en función del tiempo.

| | | | | |
|--|----|----|----|-----|
| Tras una exposición al F.N. de (minutos) | 30 | 60 | 90 | 120 |
| Adoptar un radio de acuerdo de (mm) | 19 | 30 | 40 | 50 |

La resistencia a tracción de la madera no carbonizada se ve poco afectada, por lo que pueden adoptarse para la sección residual los métodos de cálculo usuales, sin reducción de características.

El coeficiente ω a aplicar a la combinación fundamental en condiciones de fuego se ha establecido en 0,8.

7. ERRORES EN LAS TECNICAS DE PROTECCION DE LA MADERA

La protección más sencilla de la madera consiste en mantener una humedad de equilibrio inferior al 20%, por debajo de la cual la mayor parte de los insectos y hongos no pueden desarrollarse. Sin embargo, muchas veces estas condiciones no pueden asegurarse, o pueden resultar insuficientes, y por ello es necesario proceder a tratamientos especiales.

Para mejorar la resistencia contra los xilófagos, el tratamiento más antiguo, y todavía el más empleado, es la extensión de una barrera para aislar a la madera de los ataques biológicos. En este principio se basa la impregnación de las piezas con creosota bajo presión, con lo que se colmatan los huecos y se forma un bloque sólido difícilmente colonizable. Un avance sobre este procedimiento, que proporcionaba una apariencia desagradable, consistió en la impregnación con sustancias tóxicas incoloras o con coloración ligera, como los cloruros de Zinc y mercurio o el sulfato de cobre diluido. Los productos inicialmente empleados eran útiles contra el ataque por insectos, pero poco eficaces contra los hongos.

Actualmente, los avances en productos fitosanitarios han desarrollado tratamientos mucho más eficientes, pero su aplicación dista de estar exenta de problemas. En primer lugar, el tratamiento debe ser aplicado lo antes posible, preferiblemente inmediatamente después de la tala, para evitar que se implanten colonias de difícil eliminación posterior. Sin embargo, al ser volátiles los productos empleados en muchos de los tratamientos existentes, se destruyen durante los procesos de curado o secado.

Sin embargo es esencial tener en cuenta que algunos de los productos que han sido utilizados contienen principios activos seriamente contestados por las organizaciones ecologistas, como el cromo, el mercurio o el *Lindane*[®], e incluso potencialmente cancerígenos, como el Heptachlor, por lo que deben exigirse el correspondiente certificado de que cumpla las condiciones de sanidad y protección a la naturaleza pertinentes.

En cualquier caso, el procedimiento de impregnación debe asegurar que el producto penetre en profundidad, para evitar su eliminación por el deterioro de la madera producido por el uso, pues una vez que el ataque comienza en alguna zona de la superficie, por limitada que sea, puede proseguir por el interior de la pieza sin ser afectado por una protección superficial.

Con el fin de mantener la humedad en el interior de la madera, un procedimiento sencillo consiste en pintar o barnizar su superficie. En la mayor parte de los casos este procedimiento resulta poco eficaz, al verse afectado por los cambios dimensionales de la madera producidos por las variaciones estacionales de la humedad de equilibrio, contra las cuales resultan inútiles, lo que produce el cuarteado de la película de protección. Actualmente existen ceras, resinas, compuestos orgánicos de aluminio, siliconas y otras sustancias hidrófobas; que dan resultados muy superiores, aunque es preciso asegurarse de su estabilidad frente a la radiación ultravioleta al emplearse en exteriores.

Para incrementar la resistencia al fuego, se emplean retardadores que impiden, o al menos retrasan, la formación de la llama. Estos productos pueden ser inorgánicos, como las mezclas de cloruro de Zinc, fosfatos y sulfatos amónicos, boratos, etc.; u orgánicos, como los cloronaftalenos. Estos tratamientos encarecen notablemente el producto, y son poco usados, salvo para aplicaciones muy concretas en que se precisa una notable exigencia en la seguridad contra incendios.

8. ERRORS IN THE SELECTION OR CALCULATION OF REINFORCEMENT

The two most common types of wooden floor reinforcement are the placing of mid-span joists or the replacement of the floor.

With regards to the first of these methods, wooden floors have the advantage of high conformability when compared with concrete floor slabs, and, therefore, it is not necessary to make a detailed study of the compatibility of the deformations. However, while the concrete or steel floor can be reinforced to eliminate the problems of excess stress, it is clear that a mid-span joist will not prevent the process of biological decay and, therefore, it is necessary to treat it against any possible attack which might lead to decay, ensuring that it is thoroughly damp-proof, and this is an aspect which is frequently forgotten.

With respect to the replacement of the floor, one must consider the different deformability of the elements at hand with regards to the wood as this frequently offers no additional capacity. Therefore the most efficient solution is to design a new floor for the total load and either remove the previous floor or simply leave it as a decorative element.

One variation to the substitution of the floor may be applied when the wooden joists are easily capable of bearing the loads with sufficient safety but which, due to their deformability, lead to an unacceptable level of deflection. In these cases the stiffness of the assembly can be increased by converting the wooden floor into a composite concrete-wood floor by placing a collaborating light concrete slab beneath the wooden floor and simply connecting the two by way of bolts set in to the concrete slab. In these cases it is possible to use removable formwork thereby maintaining the appearance of a traditional wood joist floor from the outside.

From a technical point of view there is no reason why the concrete slab should not also be considered with regards to its strength contribution, but it is necessary to make a detailed study of the compatibility of deformations between the two elements in order to study the shear at the interface. The most satisfactory method is to verify this through load testing in a laboratory using suitable measuring devices.

BIBLIOGRAPHY

1. APLIN, N y ELDRIDGE, Th. Quelques faits sur le lamellé-collé, Canadian Wood Council, Ottawa, 1987.
2. BULLETT, W et Al. "Steel-Reinforced Glued Laminated Timber", Journal of Structural Engineering,(ASCE), Vol. 115, N° 2, (Feb. 1989)
3. DE CEULENEER, A et Al. "Le traitement curatif du bois dans le bâtiment", Centre Scientifique et Technique de la Construction, N° 180, Brussels (1990)
4. EUROCODE 5: "REGLAS UNIFICADAS PARA ESTRUCTURAS DE MADERA". REPORT of The European Community. October 1986
5. HUET, C. et Al. "Le bois en structure. Son comportement différé", ANNALES de L'ITBTP, N° 469, (December 1988)
6. JAGJIT, Singm. "The ecology and environmental control of timber decay in buildings", Construction repair, (April 1989)
7. LOZALO APOLO,G y LOZALO MARTINEZ-LUENGAS,A. Curso: Tecnicas de intervención en el patrimonio arquitectónico, Vol. 1, Consultores Técnicos de Construcción C.P., Gijón, 1995
8. RICHARD AVENT R. "Factors defflecting Strength of Epoxy-Repaired Timber", Journal of Structural Engineering,(ASCE), Vol. 112, N° 2, (Feb. 1986)
9. RICHARDSON, BARRY. Wood in construction; Construction Press Ltd., Lancaster (U.K.), 1976
10. RICHARDSON, BARRY. Wood preservation; Construction Press Ltd., Lancaster (U.K.), 1978
11. VAN GEHERT, D.Y VAN DEN BOSCH, M. "Structural restoration of wooden beams by means of epoxy resin". Material and Structures (RILEM). N°20, (1987)

8. ERRORES EN LA ELECCION O EL CALCULO DE LAS TIPOLOGIAS DE REFUERZO

Las dos tipologías más usuales para el refuerzo de forjados de madera son la disposición de cortaluces y la sustitución del forjado.

Con respecto a la primera de ellas, los forjados de madera tienen la ventaja de su elevada deformabilidad, en comparación con los forjados de hormigón, por lo que no suele ser necesario realizar un estudio detallado de compatibilidad de deformaciones. Por el contrario, mientras que en un forjado de hormigón o metálico disponiendo el refuerzo se eliminan los problemas, motivados por el exceso de solicitaciones, es obvio que la disposición de cortaluces no detiene los procesos de degradación biológica de la madera, por lo que es preciso completarla con un tratamiento que elimine las causas que producen aquélla, aislando a la madera de los aportes de humedad, lo que muchas veces se olvida.

Con respecto a la sustitución de los forjados, hay que tener en cuenta la diferente deformabilidad de los elementos que dispongamos, con respecto a la madera, que con frecuencia hará que sus capacidades no sean aditivas. Por ello la solución más eficaz consiste en diseñar el nuevo forjado para la totalidad de las cargas y bien eliminar el anterior, bien referirlo al nuevo de forma que quede simplemente como elemento decorativo.

Una variante de la sustitución del forjado puede aplicarse cuando las viguetas de madera son ampliamente capaces de soportar las cargas con seguridad suficiente, pero su deformabilidad hace que las flechas resulten inadmisibles. En estos casos, ya se sabe que puede incrementarse la rigidez del conjunto transformando el forjado de madera en una estructura mixta hormigón-madera, disponiendo una losa de hormigón ligero colaborante en situación de servicio mediante la colocación de conectadores, que consisten simplemente en tirafondos atornillados a las viguetas y cuyo vástago y cabeza se empotran en la losa de hormigón. Puede utilizarse en estos casos un encofrado recuperable y con ello la apariencia al exterior continúa siendo la misma que la de un forjado tradicional de vigas de madera.

Desde el punto de vista técnico no existe inconveniente en que la losa de hormigón se considere también colaborante a efectos resistentes, pero en este caso es necesario realizar un estudio detallado de la compatibilidad de deformaciones entre ambos elementos, para estudiar las tensiones rasantes en la interfaz, y lo más recomendable es comprobar su valor mediante la realización de ensayos de carga en laboratorio, con instrumental de medida adecuado.

BIBLIOGRAFIA

1. APLIN, N y ELDRDGE, Th. Quelques faits sur le lamellé-collé, Canadian Wood Council, Ottawa, 1987.
2. BULLETT, W et Al. "Steel-Reinforced Glued Laminated Timber", Journal of Structural Engineering.(ASCE), Vol. 115, N° 2, (Feb. 1989)
3. DE CEULENEER, A et Al. "Le traitement curatif du bois dans le bâtiment", Centre Scientifique et Technique de la Construction, N° 180, Bruselas (1990)
4. EUROCODE 5: "REGLAS UNIFICADAS PARA ESTRUCTURAS DE MADERA". REPORT de las Comunidades Europeas. Octubre 1986
5. HUET, C. et Al. "Le bois en structure. Son comportement différe", ANNALES de L'ITBTP, N° 469, (Diciembre 1988)
6. JAGJIT, Singm. "The ecology and environmental control of timber decay in buildings", Construction repair, (Abril 1989)
7. LOZALO APOLO,G y LOZALO MARTINEZ-LUENGAS,A. Curso: Tecnicas de intervención en el patrimonio arquitectónico, tomo 1, Consultores Técnicos de Construcción C.P., Gijon, 1995
8. RICHARD AVENT R. "Factors defflecting Strength of Epoxy-Repaired Timber", Journal of Structural Engineering.(ASCE), Vol. 112, N° 2, (Feb. 1986)
9. RICHARDSON, BARRY. Wood in construction; Construction Press Ltd., Lancaster (U.K.), 1976
10. RICHARDSON, BARRY. Wood preservation; Construction Press Ltd., Lancaster (U.K.), 1978
11. VAN GEHERT, D.Y VAN DEN BOSCH, M. "Structural restoration of wooden beams by means of epoxy resin". Material and Structures (RILEM). N°20, (1987)

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Jalvo García, Jaime
Luzón Cánovas, José M^a

Ingenieros de Caminos

Acón Robleda, Miguel Angel
Arroyo Pérez, José Alberto
Calavera Ruiz, José
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Cuesta Martín, José Ignacio
Díaz Lozano, Justo
Fernández Gómez, Jaime Antonio
González González, Juan José
González Valle, Enrique
Hostalet Alba, Francisco
Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jordán de Urríes de la Riva, Jorge
Ley Urzaiz, Jorge
Penón Molins, Eduardo
Rodríguez Escribano, Raul Rubén
Rodríguez Moragón, Julio
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen
Verges Coll, David

Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo

Ingenieros Industriales

Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bueno Bueno, Jorge
Durán Boldova, José Miguel
Santos Olalla, Francisco
Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Telecomunicación

San José Arribas, José

Licenciados en Ciencias Geológicas

Blanco Zorroza, Alberto
Massana Milá, Joan
Rodríguez Duque, Josu

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciada en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Arquitectos Técnicos

Alvarez Begega, José Manuel
Cervera García, Eduardo
Custodio Sánchez, José M^a

Díez García, Francisco Javier
Fuente Rivera, Jesús de la
Miranda Valdés, Javier
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel

Diplomada en Ciencias Empresariales

De la Mano Calvo, Isabel M^a

Diplomado en Informática

Escudero Leiva, Juan Manuel

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Moraño, Antonio
Sánchez Orgaz, Miguel Angel

Ingeniero Técnico de Minas

Ballesteros Peinado, Luis Alberto

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Alañón Juárez, Alejandro
Aranda Cabezas, Lluís
Blanco García, Fernando
Carrero Crespo, Rafael
Esteban García, Juan José
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Peña Muñoz, Roberto
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Carreras Ruiz, Francisco
García Martín, M^a Mercedes
Molero Vicente, M^a Isabel

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampedro Portas, Arturo

Técnico en Administración de Empresas

González del Olmo, M^a de la Peña de F.

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

CUADERNOS INTEMAC

CUADERNOS INTEMAC es una publicación trimestral, bilingüe en español e inglés, en forma de monografías que recogen trabajos realizados por los técnicos del Instituto o presentados en los Cursos y Conferencias organizados por el mismo.

Los temas tratados cubren tanto el campo de las Obras Públicas como el de la Edificación y sus Instalaciones.

• Tarifa de suscripción anual 2.800 ptas.



ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno Nº 20
 "Métodos para dosificar mezclas de hormigón".
 Autor: Prof. VITERBO A. O'REILLY DIAZ.
 Dr. Ingeniero Civil.

Cuaderno Nº 21
 "Patología de estructuras de madera".
 Autor: J. M^º. IZQUIERDO BERNALDO DE QUIROS.
 Ingeniero de Caminos.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno Nº 22
 "Un resumen de investigaciones realizadas por INTEMAC sobre armaduras de hormigón armado".
 Autores: Prof. J. CALAVERA RUIZ.
 Prof. J. FERNANDEZ GOMEZ.
 Dres. Ingenieros de Caminos.

Cuaderno Nº 24
 "Ensayos a alta velocidad de puentes de ferrocarril".
 Autores: Prof. Ramón ALVAREZ.
 Dr. Ing. Industrial. J. DIAZ LOZANO.
 Ing. Caminos.
 Prof. J. FERNANDEZ GOMEZ.
 Dr. Ing. Caminos.
 Francisco SANTOS OLALLA.
 Ing. Industrial.
 Julián SANTOS MESA.
 Ing. Caminos.
 J. LEY.
 Ing. Caminos.

Cuaderno Nº 23
 "Proyecto de estructuras de hormigón frente al fuego".
 Autor: J. M^º. IZQUIERDO BERNALDO DE QUIROS.
 Ingeniero de Caminos.

VIDEOS TECNICOS

INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la formación, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS, analizando distintos campos de la construcción.



SERIE OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

| REFERENCIA | TITULO | CONTENIDO | DURACION | PRECIO |
|-------------|--|---|----------|------------------------------|
| Nº 8801 (1) | FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON | Contempla, de forma completa y detallada, el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, medida de consistencia con el cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, reftrentado y ensayo a compresión. | 27 min. | 80.000 ptas* IVA INCLUIDO |

EN PREPARACION

| REFERENCIA | TITULO | REFERENCIA | TITULO |
|-------------|--|-------------|--|
| Nº 8802 (2) | MUESTREO Y ENSAYO DE ARMADURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO | Nº 9002 (6) | EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (II) |
| Nº 8901 (3) | PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE... | Nº 9101 (7) | PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A ESFUERZO CORTANTE |
| Nº 8902 (4) | PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A COMPRESION | Nº 9102 (8) | PIEZAS DE HORMIGON PRETENSADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE |
| Nº 9001 (5) | EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (I) | | |

* PRECIO para entregas dentro del territorio español

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

El BOLETIN BIBLIOGRAFICO incluye:

- Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo.
- Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.
- Secciones de Bibliografía y Cursos.
- Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.
- Tarifa de suscripción anual (6 números) 18.000 ptas.



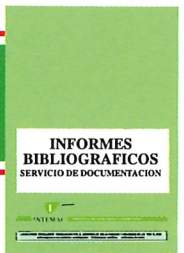
CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS

EL INSTITUTO tiene un SERVICIO DE DOCUMENTACION, que pone a su disposición y que le puede informar sobre cualquier tema relacionado con la Edificación, Instalaciones, Obra Civil y Urbanismo. Se efectúan CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS sobre cualquiera de los temas indicados anteriormente, de acuerdo con las siguientes tarifas:

| | |
|--|-------------|
| Apertura de expediente | 2.000 ptas. |
| Cantidad a abonar por referencia | 60 ptas. |
| Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento | 15 ptas. |

Además de la Consulta Bibliográfica correspondiente, el INFORME BIBLIOGRAFICO contiene un breve documento redactado por un especialista en el tema, miembro de INTEMAC, con una serie de recomendaciones sobre la Bibliografía básica, así como los comentarios correspondientes.

Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 15.000 ptas. más la tarifa de la consulta.

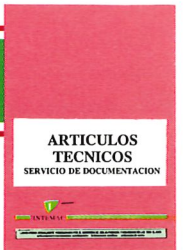


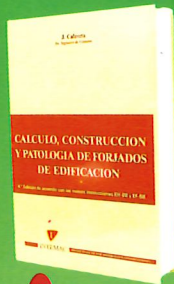
ARTICULOS TECNICOS

INTEMAC dispone de una amplia serie de trabajos publicados por nuestros técnicos en diferentes revistas. A continuación incluimos la lista de los últimos. Si está Vd. interesado, solicite relación completa de títulos.

- 55 DEFECTOS DE ESTANQUEIDAD Y ADECUACION TECNICA AL MEDIO DE UN EDIFICIO DOCENTE. Arrechea Veramendi, F.; Cortés Bretón, J. M^º; Jordán de Urries, J.
- 56 ASPECTOS HUMANOS Y PSICOLOGICOS EN LA IMPLANTACION DEL CONTROL DE CALIDAD DE CONSTRUCCION. Calavera, J.
- 57 ALGUNOS COMENTARIOS A LA EH-91. Calavera, J.
- 58 PROYECTOS DE DOSIFICACION DE UN HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA. Calavera, J.; Fernández Gómez, J.; Jai, J.
- 59 EVOLUCION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA CON DIFERENTES TIPOS DE CURADO. Calavera, J.; Fernández Gómez, J.; Jai, J.
- 60 WELDED METAL STRUCTURE BUILDINGS IN SPAIN. LATEST DEVELOPMENTS. Cortés, J. M^º; Jordán de Urries, J.; Díaz Trechuelo, A.
- 61 HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA. EL PUENTE SOBRE EL RIO EO. Delibes, A.; Fernández Gómez, J.; Fernández Molina, E.
- 62 FORJADOS MIXTOS DE CHAPA Y HORMIGON. Jordán de Urries, J.
- 63 RECIENTES EXPERIENCIAS Y TRES CASOS SIGNIFICATIVOS DE INSPECCION, DIAGNOSTICO Y REPARACION DE DAÑOS DE VIGUETAS PREFABRICADAS CON CEMENTO ALUMINOSO. Delibes, A.; Díaz Lozano, J.; González Valle, E.; Ley, J.; López Sanchez, P.

P.V.P. 300 ptas: / ejemplar.

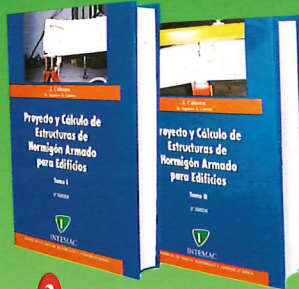




1



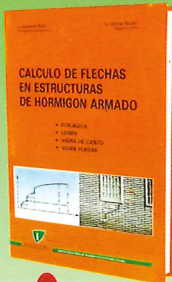
2



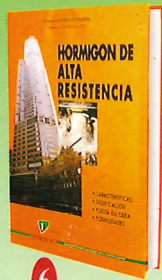
3



4



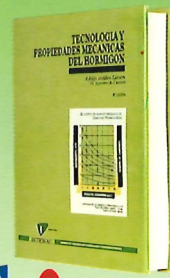
5



6



7



8

NUEVAS PUBLICACIONES

1 CALCULO, CONSTRUCCION Y PATOLOGIA DE FORJADOS DE EDIFICACION

- Autor: *J. Calavera*
- 4ª edición, 1988.
- 678 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 344 figuras. 93 tablas y ábacos. 188 detalles constructivos. 16 ejemplos resueltos. 159 referencias bibliográficas.
- Precio: 7.900 ptas.

3 PROYECTO Y CALCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO PARA EDIFICIOS

- Autor: *J. Calavera*
- 2ª edición, 1991, de acuerdo con las Instrucciones EH-91 y EF-88, con referencia al EUROCODIGO EC-2, Model Code CEB-FIP 1990 y ACI 318-89.

TOMO I: CALCULO DE ESFUERZOS

- 568 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 73 figuras. 90 gráficos y tablas auxiliares.

TOMO II: DIMENSIONAMIENTO Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

- 871 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 61 figuras. 142 gráficos y tablas auxiliares.
- Precio de la obra completa: 17.500 ptas.

5 CALCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO

- Autores: *J. Calavera* • *L. García Dutari*
- Edición 1992.
- De acuerdo con las Instrucciones EH-91 y EF-88, el EUROCODIGO EC-2, el Model Code CEB-FIP/1990 y la Norma Norteamericana ACI 318-89.
- 336 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 312 tablas de comprobación de forjados, losas, vigas de canto y vigas planas.
- Diskette conteniendo tres programas informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera.
- Precio: 7.400 ptas.

7 MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN OBRAS DE HORMIGON ARMADO

- Autor: *J. Calavera*
- Edición 1993.
- 506 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 210 detalles constructivos con comentarios y recomendaciones.
- Además del libro se ha editado un Paquete informático consistente en 6 diskettes de 3,5" con ficheros en AutoCAD versión 10 (compatible con las versiones AutoCAD 11 y 12) conteniendo los 210 Detalles Constructivos, para su salida por impresora o plotter después de adaptar, si se desea, cada Detalle a las condiciones de cada proyecto concreto y un Manual de Instrucciones. No contiene las páginas de Comentarios y Recomendaciones incluidas en el libro.
- Precio del libro: 16.000 ptas.
- Precio del paquete informático (manual de instrucciones y diskettes): 30.000 ptas.

2 MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SOTANO

- Autor: *J. Calavera*
- 2ª edición, 1989.
- 308 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 26 gráficos y tablas auxiliares. 22 tablas para el dimensionamiento directo.
- Precio: 7.000 ptas.

4 CALCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACION

- Autor: *J. Calavera*
- 3ª edición, 1991, de acuerdo con la Instrucción EH-91 con referencia al EUROCODIGO EC-2, Model Code CEB-FIP 1990 y ACI 318-89.
- 418 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 40 tablas para el dimensionamiento directo de zapatas corridas y aisladas.
- Precio: 8.000 ptas.

6 HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA

- Autor: *G. González - Isabel*
- Edición 1993.
- 316 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- 34 ejemplos de dosificaciones tipo. 111 figuras. 87 tablas auxiliares. 189 referencias bibliográficas.
- Contenido: características, dosificación, puesta en obra y posibilidades del Hormigón de Alta Resistencia.
- Precio: 6.500 ptas.

8 TECNOLOGIA Y PROPIEDADES MECANICAS DEL HORMIGON

- Autor: *A. Delibes*
- 2ª edición, 1994.
- 416 páginas.
- Encuadernación en guaflex.
- Precio: 7.500 ptas.

BARCELONA

Antón Fortuny 14-16. Esc. C. 4.º 2.º
Tel. (93) 473 85 00 • Fax: (93) 473 79 32.
08950 Esplugues de Llobregat

MADRID

Monte Esquinza, 30, 4.º D.
Tel.: (91) 310 51 58 • Fax: (91) 308 58 65.
28010 MADRID.

SEVILLA

Héroes de Toledo, s/n. Edif. Toledo, 2, pl. 3ª, módulo 10.
Tel.: (95) 465 64 11 • Fax: (95) 465 65 04.
41006 SEVILLA.

VALLADOLID

C/Pirita; Parcela 221, Nave A-6 Polígono de San Cristóbal.
Tel.: (983) 29 22 44 • Fax: (983) 29 23 78.
47012 VALLADOLID.



INTEMAC