

CONFERENCIA EUROPEA SOBRE ESTRUCTURAS DE MADERA CELEBRADA EN LUXEMBURGO, SEPTIEMBRE 1988

EUROCODIGO 5: REGLAMENTO UNIFICADO PARA EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

Francisco Arriaga Martitegui, Dr. Arquitecto de AITIM. ESPAÑA

660-5

NOTA:

El interés y características del presente trabajo han hecho que el Comité de Redacción de la Revista haya considerado conveniente publicarlo en la Sección "CUADERNOS DE INFORMES", aunque se aparte ligeramente de las normas habituales de la misma, en la que no se publican trabajos de autor.

CONFERENCIA EUROPEA SOBRE ESTRUCTURAS DE MADERA CELEBRADA EN LUXEMBURGO, SEPTIEMBRE 1988

INTRODUCCIÓN

Durante los días 14, 15 y 16 de septiembre de 1988 se celebró en Luxemburgo, por primera vez, una conferencia europea sobre estructuras de madera, cuyo objetivo principal era la presentación del Eurocódigo 5, en el que se tratan las reglas para el cálculo de estructuras de madera.

Este código forma parte de un conjunto de nueve normas de cálculo, entre las que se encuentran las de estructuras de acero y de hormigón, orientadas a la armonización de las normativas de cálculo en los países europeos.

En la conferencia participaron como ponentes, entre otros, los expertos que redactaron el Eurocódigo. La finalidad perseguida era aportar la información necesaria sobre los fundamentos de la redacción de esta norma, así como abrir unas sesiones de discusión y comentarios sobre la misma.

Además se presentaron diecisiete comunicaciones de expertos de varios países, en las que se exponían trabajos relacionados con la investigación, la enseñanza, la situación de la construcción con madera en los países europeos, etcétera.

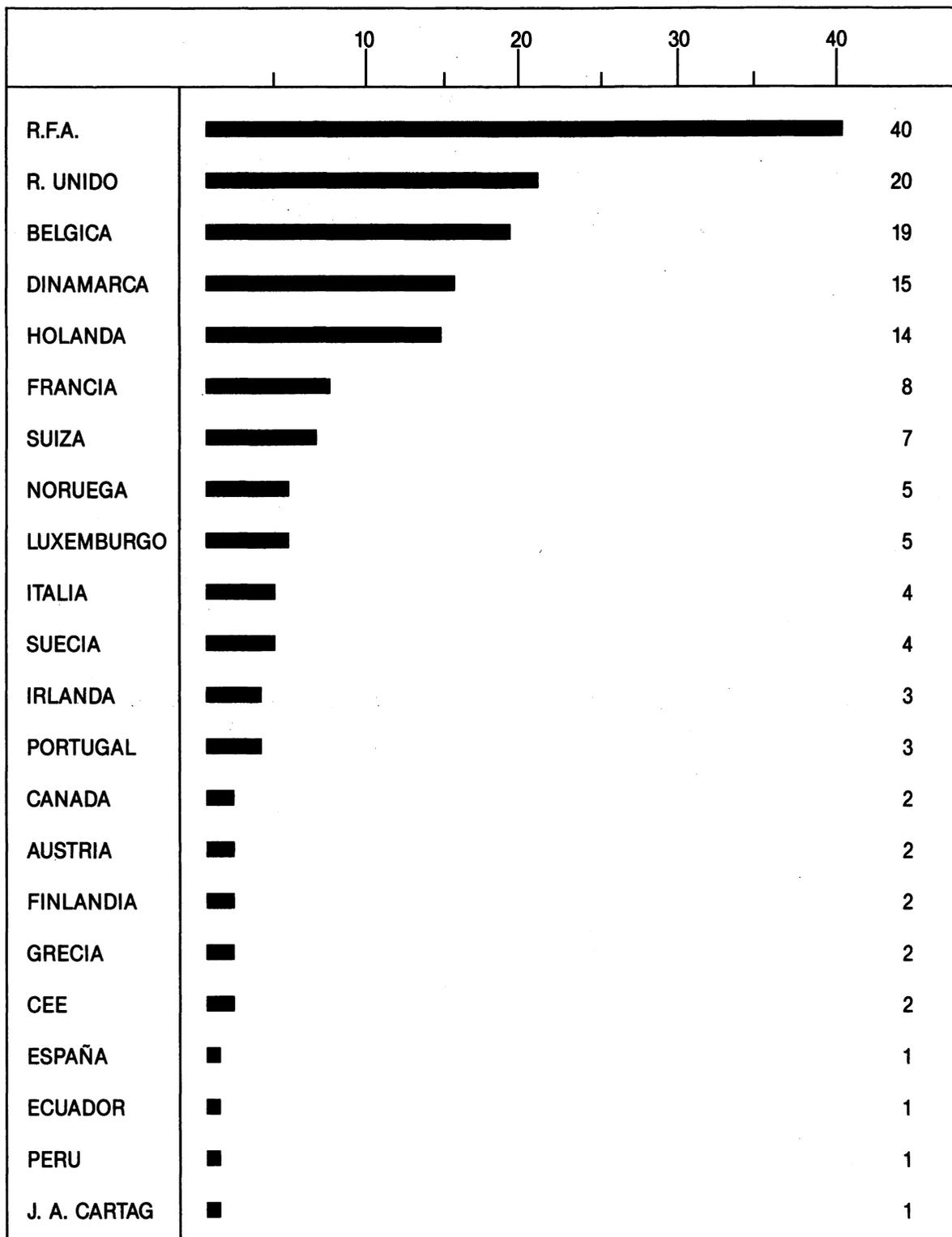
PARTICIPACIÓN

La asistencia a la conferencia fue numerosa, más de 160 participantes de 20 países diferentes, lo que refleja el interés suscitado por el tema. En el cuadro 1 de la página siguiente se resume el número de participantes de cada país en orden decreciente.

Como puede verse en el cuadro asistieron países no pertenecientes a la CEE, incluso del continente americano; alguno de éstos, como es el caso de Canadá, participaron en las ponencias exponiendo su punto de vista sobre el Eurocódigo, teniendo en cuenta que ellos también están involucrados en un cambio de su normativa.

Con gran diferencia la mayor representación era de la República Federal Alemana, seguidos por países próximos al lugar de la conferencia.

CUADRO 1. Asistencia por países



PONENCIAS PRESENTADAS DURANTE LA CONFERENCIA

A continuación se exponen las diversas ponencias que se presentaron con un breve resumen de su contenido, así como las cuestiones fundamentales suscitadas en los coloquios que seguían a cada exposición.

PRESENTACIÓN GENERAL (F. Braun Director General para Mercado Interior y Asuntos Industriales de la Comisión de las Comunidades Europeas).

Destacó el hecho de que temas que tan sólo hace unos años eran tabúes en el ámbito de la Comunidad Europea, en la actualidad están a la orden del día, sin plantear otros problemas. Esta tendencia representa una buena dirección de los trabajos emprendidos dentro de la Comunidad.

La creación de puestos de trabajo (entre 2 y 5 millones), el crecimiento económico y una mayor competitividad frente al mercado exterior, como USA y Japón, son las principales ventajas que se derivarían de la supresión de las barreras aduaneras en Europa.

Dentro de la idea general de la armonización, como es el planteamiento de los Eurocódigos, su opinión era que no es preciso armonizar al 100 %; hay temas que funcionan sin llegar a la armonización total.

Finalmente avanzaron las dos grandes partes de la Conferencia: La primera trataría sobre el Eurocódigo 5 y, a lo largo de los debates, se derivarían objeciones y comentarios que servirían a la Comisión para mejorar este código. Recordó, también, que el origen del EC.5 se encuentra en los primeros trabajos emprendidos en el CIB y en el RILEM. La segunda parte consistirá en la exposición de trabajos de investigación de varios países.

EL EUROCÓDIGO 5 COMO UNA PARTE DEL SISTEMA DE LOS EUROCÓDIGOS. (H. J. Larsen, Director del Instituto Danés de Investigación de la Construcción (SBI) Dinamarca).

El sistema de los Eurocódigos contiene un conjunto de normativa de cálculo de estructuras que se desglosa en varios temas: el primero (E.1) contiene la filosofía general del cálculo y sirve de pauta a los demás. Y los restantes tratan temas concretos: hormigón (E.2), acero (E.3), estructuras mixtas de acero y hormigón (E.4), madera (E.5), fábricas (E.2) y cimentaciones (E.7), acciones, sismos (E.8) y fuego.

Además se pretende desarrollar Eurocódigos que cubran los diversos aspectos de la construcción como seguridad frente al fuego, acondicionamiento acústico y aislamiento térmico. El Eurocódigo 5 es la norma relativa a estructuras de madera.

Los objetivos de este conjunto de normativas son:

- promocionar el mercado interior eliminando obstáculos al comercio que pueden producir las diferentes regulaciones de la construcción de cada país,
- reforzar la competitividad de la industria de la construcción europea,
- constituir una base de reglas comunes para los productos de la industria de la construcción.

Estado legal de los Eurocódigos

Por el momento la intención de la Comisión, respecto a la aplicación de los Eurocódigos, es simplemente proveer de normas de cálculo opcionales a las de los respectivos países miembros dejando, no obstante, a los países individuales la prescripción de los niveles de seguridad deseados y las medidas de control en el cálculo y la ejecución.

Las previsiones del avance de los trabajos del Eurocódigo 5 prevén la terminación del borrador final a partir de los comentarios recibidos en marzo de 1989. La versión definitiva se espera que esté lista a mediados de 1990.

Orígenes del Eurocódigo

Está basado en el Código de Cálculo de Estructuras de Madera del Consejo Internacional de la Construcción, Conseil International du Bâtiment (CIB). El anexo 3, relativo a la fabricación de madera laminada encolada, ha sido redactado en colaboración con el subcomité de Madera Laminada de la FEMIB. Las normas de ensayo están fundadas en las recomendaciones propuestas por RILEM.

El borrador actual del Eurocódigo 5 ha sido elaborado por un grupo de trabajo formado por miembros de Dinamarca, Francia, Reino Unido y la República Federal Alemana. También se han recibido contribuciones de los Países Bajos, Italia y Portugal. Los miembros fueron nombrados por la Comisión en razón a su capacidad individual como expertos y no están sometidos a la obligación de la aceptación de las propuestas de carácter nacional.

Para asegurar que los puntos de vista nacionales pueden tener cabida se propuso que el E.5 fuera sometido a los comentarios públicos durante el período de un año. Todos los países miembros fueron requeridos para nombrar una persona de contacto, quien sería regularmente informada del estado de trabajo y consultada sobre las decisiones principales.

Normas auxiliares

El Eurocódigo hace referencia, en numerosas ocasiones, a normas de ensayo ISO, DIN, recomendaciones del CTBA, etc. Su interés es sustituir estas referencias por las normas CEN equivalentes, motivo por el cual pide urgencia en la elaboración de esta normativa en los Comités de Normalización CEN.

Contenido del Eurocódigo 5

1. *Introducción*: Objetivos, unidades, notación, definiciones, referencias.
2. *Bases de cálculo*: Estados límites de cálculo, acciones y combinaciones, propiedades del material, coeficientes parciales, durabilidad, clases higrométricas, clases de duración de la carga.
3. *Materiales*: Madera, madera empalmada con unión dentada, madera laminada, tablero contrachapado, otros tableros, colas, herrajes.
4. *Estados límites de servicio*: Deformaciones, vibraciones.
5. *Cálculo. Comprobación de secciones*: Tracción, compresión, flexión, cortante, vigas de madera laminada, torsión, tensiones combinadas, columnas, vigas de canto variable, vigas curvas, estructuras mixtas, tablero-madera, medios de unión mecánicos, cerchas, arriostramientos, pórticos, uniones.
6. *Control y detalles estructurales*: Materiales, uniones encoladas, uniones mecánicas, transporte y montaje, control.

Anexos:

- 1) Ejemplos de propiedades del material.
- 2) Clases resistentes y de densidad para madera aserrada y laminada.
- 3) Requisitos de fabricación de madera laminada.
- 4) Nombres botánicos y densidades medias para algunas coníferas.
- 5) Ejemplos de coeficientes para el cálculo cortante.
- 6) Aproximaciones analíticas a Km y Kt.

- 7) Cálculo de la abolladura.
- 8) Geometría de los tirafondos.
- 9) Ensayo de estructuras de madera.

Comentarios

Cuestiones planteadas en el coloquio

De momento el E.5 tiene carácter opcional a las normativas nacionales. Hay un período de adaptación de 4 a 5 años y después reemplazarán a las normas nacionales.

En versiones anteriores del borrador del E.5 aparecía un capítulo 7 dedicado al fuego; en la última versión se ha eliminado (lo cual parece en opinión de algunos un paso atrás) por la existencia de un futuro Eurocódigo relativo a la seguridad contra el incendio. Es posible que la versión definitiva de los Eurocódigos recoja ciertos aspectos del fuego para cada material y, además, se plantee un análisis más completo en el Eurocódigo del fuego.

Otra de las cuestiones inquiría sobre los aspectos de materiales y uniones que trata el Eurocódigo 8 del Sismo y qué relación tiene con el E.5. En este sentido se comentó que, próximamente, habrá una conferencia en Madrid o Lisboa para presentar el borrador del E.8 y recibir comentarios. Básicamente el E.8 tiene dos partes:

- La primera trata sobre los métodos de cálculo de las construcciones en zonas sísmicas, independientemente del material.
- Y la segunda parte está referida a cada material. Dentro de ella hay una sección muy breve dedicada a la madera en la cual se habla de la ventaja de la corta duración de la carga para este material.

El sistema moderno de cálculo sísmico introduce un factor llamado de comportamiento que es función del material y reduce el efecto de la acción del sismo. En el acero toma un valor de 4 a 6 y sin embargo en la madera, por falta de información, se adopta la unidad a favor de la seguridad. Futuros trabajos de investigación al respecto permitirán emplear valores mayores.

EUROCÓDIGO 5 - PRINCIPIOS GENERALES DE CÁLCULO. (H. J. Larsen, Dinamarca).

Todos los Eurocódigos comparten reglas comunes respecto al cálculo, sistemas constructivos y control de calidad. Las diferencias sólo se producen al tratar de las propiedades específicas de cada material.

En esta ponencia se describen las bases comunes de cálculo y se citan las particularidades del E.5.

Estados límites: las estructuras se comprueban según unos estados llamados límites:

- Estados límites últimos: correspondientes al colapso o a situaciones equivalentes de gravedad.
- Estados límites de servicio: correspondientes a situaciones en las que las condiciones de deformación o vibración de la estructura no permiten el uso normal de la construcción.

Seguridad: está basado en el método llamado de los coeficientes parciales. Éste difiere del método de las tensiones admisibles que, por el momento, es el más extendido en estructuras de madera.

El método de los coeficientes parciales incluye dos grupos:

- Coeficientes parciales para las acciones que, generalmente, mayoran su valor. En principio cada país decidirá el nivel de seguridad a adoptar. Sin embargo, bajo el sistema de los Eurocódigos, estos coeficientes deben ser independientes del material.

- Coeficientes parciales para el material, que minoran la resistencia de la madera, y depende del sistema de clasificación y de fabricación.
- Factor corrector de la resistencia: para tener en cuenta la influencia de la humedad y de la duración de la carga se introduce este factor. Se distinguen tres clases higrométricas y cuatro escalones de duración de la carga.

Cuestiones planteadas en el coloquio

El Eurocódigo de acciones incluye las cargas de viviendas, nieve, sismo, ferrocarril, carreteras, puentes, influencia del incendio independientemente del material y silos.

Se comenta que el E.5 no dice nada acerca de los ataques xilófagos, a pesar de ser un tema de gran importancia. La justificación que se daba era que su complejidad hace aconsejable no incluirlo dentro del cálculo.

Participantes de la RFA preguntaron si el cálculo realizado, siguiendo las normas DIN o el E.5, ofrecían diferentes resultados o no. La respuesta del ponente fue que en los extremos pueden existir diferencias.

Una propuesta de un participante francés señalaba cómo en los coeficientes de seguridad del E.5 no tenían en cuenta factores dependientes de la calidad de la fabricación. En su opinión el nivel de control de calidad de la fabricación debería estar presente en los coeficientes de seguridad.

EURCÓDIGO 5: MATERIALES. (J. G. Sunley, Ex-Director de Timber Research and Development Association (Trada), High Wycombe, United Kingdom).

Esta ponencia presentaba dos aspectos relativos al material y sus requisitos expuestos en el E.5 para madera aserrada, laminada, tablero contrapachado y otros productos derivados. Las ideas más destacables fueron: El E.5 acepta cualquier especie para uso estructural si se ha controlado su calidad y especificaciones de fabricación. Este código está pensado para cubrir las necesidades de 12 países con sus propias especies; a su vez éstos pueden importar madera de muchos más países. La combinación de especies y grados daría lugar a una gama de resistencias excesivamente numerosa. Por esta razón en el E.5 se adopta el sistema de clases resistentes para la madera aserrada y laminada.

En el caso de la madera aserrada se diferencian diez clases resistentes, que abarcan a las coníferas y frondosas. En la madera laminada se distinguen seis combinaciones de calidades de madera.

Es esencial para el cálculo de estructuras de madera conocer los valores característicos de resistencia y rigidez y la calidad. Para ello los grupos de trabajo del CEN están trabajando en la elaboración de normativa de ensayo y de clasificación que permitan operatividad al E.5.

Coloquio

Ante el posible planteamiento de sistemas diferentes al de las clases resistentes, el ponente aboga por este último, que significa una simplificación y conduce más fácilmente a la difusión de la madera.

Se hizo la objeción de que en la sección dedicada a colas en E.5 no aparecen todos los tipos. Igualmente se comentó la próxima adopción de normas CEN para la clasificación de la resistencia de las colas.

EUROCÓDIGO 5: REGLAS DE CÁLCULO Y DISEÑO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES. (H. Brüninghoff, Universidad de Wuppertal, República Federal de Alemania).

El Eurocódigo 5, en su versión de octubre de 1987 que ahora se comenta, básicamente adoptó las propuestas contenidas en el Código de cálculo de estructuras de madera del CIB, en lo relacionado

con la comprobación de secciones. Además se han tenido en cuenta los desarrollos teóricos y técnicos habidos desde la aparición del código del CIB, en 1983.

En esta comunicación se explican los procesos de comprobación de secciones sometidas a diferentes solicitaciones y la sección correspondiente al arriostramiento. A continuación se comentan brevemente los aspectos más relevantes.

Las comprobaciones de tracción paralela a la fibra y flexión siguen la formulación habitual en la normativa de cálculo, apareciendo con subíndices "d" (design-cálculo), que indican la inclusión de los coeficientes parciales de seguridad.

En cuanto a la tracción perpendicular a la fibra en la expresión de comprobación aparecen dos coeficientes: uno que depende del volumen de la pieza que está sometida a esta tensión; es por tanto un factor de tamaño; y el otro es función de la ley de distribución de estas tensiones. Un procedimiento similar se utiliza para el cálculo de las tensiones de cortante en vigas de madera laminada.

La comprobación a compresión con pandeo y la inestabilidad lateral en flexión de vigas considera las tensiones originadas por las deformaciones iniciales debidas a imperfecciones existentes en el eje geométrico de la pieza.

Para el cálculo del pandeo de pórticos se dan unas hipótesis de deformaciones iniciales.

Por último, en el apartado relativo al arriostramiento el E.5 aporta ciertas reglas que en otras normas no es frecuente encontrar.

EUROCÓDIGO 5: LA VISIÓN DE ULTRAMAR. (G. A. Dring, presidente del Canadá Standard Association (CSA), Boissevain, Manitoba, Canadá).

G. A. Dring, presidente del CSA 086 (Comité Técnico de Ingeniería y cálculo de estructuras de Madera), aportó en su comunicación la opinión de Canadá sobre el borrador del Eurocódigo 5. Previamente expuso en líneas generales el marco de las normativas y códigos en su país.

Canadá tiene una longitud medida en la dirección Este-Oeste de 5.800 km, y en la dirección Norte-Sur una longitud ligeramente menor. Estas dimensiones hacen posible una gran variabilidad del clima: desde semidesértico a bosque húmedo y templado, y desde templado hasta ártico. Por este motivo las variables del cálculo presentan una amplia gama: la pluviometría varía de 60 mm a 3.300 mm por año; la temperatura desde +35 a -50 °C; la aceleración sísmica de 0 a 0,4 g, etcétera.

Se puede decir, por tanto, que los problemas de cálculo a los que se enfrenta Canadá tienen fácil coincidencia con los que se refiere a Europa.

Canadá tiene dos códigos nacionales: El Código Nacional de Incendios y el Código Nacional de la Construcción. El primero trata de la prevención y la extinción de incendios, y el segundo del cálculo de construcciones y medidas de higiene y seguridad. Su carácter legal es de modelos no obligatorios que pueden ser adoptados en parte o en la totalidad por los diversos niveles de gobierno para cubrir sus jurisdicciones. En la mayor parte de los casos son adoptados en su totalidad.

El Comité del National Building Code, NBC, opera a través de siete subcomités. Uno de ellos es el Comité de Cálculo Estructural. Éste presentó el sistema de cálculo en estados límites, en 1975, y supervisa el material aportado por los diversos comités técnicos de la CSA, relativos al cálculo. Estos comités técnicos (madera, acero, hormigón) elaboran estados límites, mientras que los coeficientes parciales relativos a las acciones son competencia del Comité de Cálculo de Estructuras.

Eurocódigos

El sistema de los Eurocódigos, que actualmente se está desarrollando, constituye un código similar en naturaleza al NBC de Canadá.

La primera observación que debe hacerse es la necesidad y prioridad que debe darse al desarrollo de los códigos "básicos", como es el Eurocódigo 1. En éstos se especifican los factores relativos a las acciones y requisitos de incendio que podrían tomar caminos en los que la madera quedara discriminada. En este caso recuperar terreno perdido es tarea difícil.

Los códigos canadienses dependen en alto grado de la normalización de los productos. Únicamente aquellos productos que tienen normas CSA o equivalentes son referenciados en los códigos de materiales. Esta medida fuerza a los fabricantes a la normalización o a editar especificaciones de calidad propias.

El reconocimiento que se hace en E.5 respecto al nivel de seguridad reducido es importante para el desarrollo en áreas como la construcción agrícola donde los propietarios tienen una menor tolerancia a las regulaciones.

Igualmente es una buena idea el reconocimiento del nivel del Control de Calidad, en los coeficientes de seguridad, que Canadá todavía no ha explorado.

Es positiva la tendencia de los Eurocódigos hacia la reducción del número de factores de modificación; sin embargo, la proliferación de subíndices puede crear confusión.

En el E.5 existen dos temas que en Canadá son omitidos o despreciados: deformación bajo la compresión perpendicular y tensiones de torsión. En el cálculo de columnas Canadá decidió la adopción del método Buchanan John Madsen.

El ponente Mr. Dring, felicita especialmente por el esfuerzo que supone la elaboración de la sección de los sistemas de arriostramiento. Este tema ha sido omitido en Canadá por considerarse más allá de sus posibilidades.

La sección dedicada a pórticos planos en Canadá aparece en literatura técnica especializada, considerando impropia su inclusión dentro de la normativa de cálculo.

La sección de uniones del E.5 presenta un nuevo planteamiento del cálculo de estos medios. Las uniones son, probablemente, la parte más difícil y de mayor consumo de tiempo en el cálculo de estructuras de madera y, por tanto, cualquier simplificación es bienvenida.

El comentario de más relevancia sobre las uniones en el EC.5 es la ausencia de un medio de unión: remaches de madera laminada (glulam rivets). Este sistema de clavos especiales se ha utilizado con éxito en Canadá desde hace 20 años y es uno de los medios de unión más investigados en la actualidad.

Por último, la sección relativa a las propiedades del material se considera acertada principalmente por su simplificación.

¿USARÉ ALGÚN DÍA EL EUROCÓDIGO 5? El punto de vista de un ingeniero consultor del Reino Unido. (R. F. Marsh, de Ove Arup & Partners, Londres, Reino Unido).

En esta comunicación se daba lugar al punto de vista de un usuario sobre las normas de cálculo, con gran experiencia en trabajos realizados en diversos países, y aporta la perspectiva práctica del ingeniero proyectista.

En el comienzo de su exposición, el señor Marsh se presentó como un técnico "no experto" en la ingeniería de la madera, y como un usuario de diversas normativas de cálculo (acero, hormigón, madera).

La introducción del E.5, en su opinión, se ve con cautela por muchos ingenieros, en particular por aquellos que son proyectistas prácticos en general y no especialistas en la madera. Para que el E.5 tenga

éxito deben cumplirse dos requisitos: primero que sea entendido y segundo que sea aceptado en cada uno de los países miembros. En relación al primer requisito, es esencial que el ingeniero pueda reconocer su propia experiencia aprendida dentro del texto del Código. Su experiencia exigirá que el código conduzca a cálculos que no difieran significativamente de los que se obtendrían utilizando los códigos nacionales y a un costo competitivo.

Origen de las reglamentaciones de cálculo.

A medida que la construcción crecía en complejidad, se desarrollaban nuevos materiales y se conocía mejor el comportamiento de los materiales tradicionales y se hacía necesario exponer la experiencia adquirida de forma que pudiera ser rápidamente asimilada por otros ingenieros. Esta es la base de los Códigos de Práctica.

En el Reino Unido las instituciones profesionales de ingenieros introdujeron los primeros códigos "nacionales", en los años treinta, como reacción a la intensa competencia en los métodos de cálculo que eran utilizados por casas comerciales y que ellos juzgaban que podrían conducir a niveles muy escasos de seguridad e incluso al desastre.

Las instituciones mantuvieron este papel hasta el año 1971, cuando la responsabilidad de todos los códigos y normas pasó a ser competencia del British Standard Institution, BSI. Este hecho aumentó ampliamente el número de organizaciones que fueron invitadas a participar en la elaboración de los códigos y dejaron al ingeniero en minoría. Aunque no intencionadamente, el resultado de este proceso fue que los códigos iban progresivamente incrementando su complejidad y a menudo se introducían métodos procedentes de trabajos de investigación y que no habían ido suficientemente verificados en la práctica.

Eurocódigo 5

El E.5 aparece para reducir la complejidad que ha alcanzado el Código Británico, pero tendrá un formato poco familiar para los ingenieros británicos y es posible que ocurra lo mismo para otros europeos. En él se definen una serie de principios que deben ser respetados. Los coeficientes parciales propuestos son idénticos a los del acero y hormigón y se introducen unos coeficientes particulares para el material madera.

La adopción del sistema de clases resistentes es bienvenido por la mayor simplificación que aporta al proyectista, aunque este sistema esconde algunos inconvenientes. Por ejemplo especies diferentes dentro de una misma clase resistente pueden tener diferentes durabilidades y aptitud para aceptar protectores químicos, pero lo más significativo pueden ser las diferencias dimensionales de maderas procedentes de orígenes diversos aparentemente con las mismas dimensiones nominales.

Es fácil comprobar la gran diversidad de grados de complejidad de diferentes normas de cálculo en función del tamaño físico de sus publicaciones. Desde formatos amplios como BS. o E.5 hasta las normas danesas de tamaño reducido.

Uno de los aspectos criticados, en la comunicación, fue la sección dedicada al cálculo de uniones en E.5; en éste se proponen un conjunto de fórmulas de comprobación, procedimiento que parece más complejo que el sistema de tablas de cálculo para medios de unión especificado en la BS. En esta última norma no aparecen apenas ecuaciones.

Otra llamada de atención se realizó en relación a la terminología y los idiomas en que se expresa el texto. Deberá cuidarse que los conceptos de la norma se traduzcan correctamente en su significado, y no en la forma.

Finalmente se pueden resumir como conclusiones que los aspectos más positivos de E.5 se centran en los planteamientos y definiciones iniciales y en la observación de que es el ingeniero usuario quien deberá entenderlo.

EUROCÓDIGO 5: DISCUSIÓN GENERAL

A continuación de la última comunicación expuesta se produjo un coloquio sobre el Eurocódigo 5, en general incluyendo cuestiones particulares a esta última intervención. Los temas principales suscitados fueron:

- Sunley, ponente del E.5, aclaró que este Eurocódigo debe considerarse únicamente como un marco normativo que cada país deberá completar. No se pueden tener en cuenta las diferencias de cada país.
- Larsen, también ponente del E.5, recordó que los medios informáticos actuales permiten, sin ninguna complicación adicional, la utilización de fórmulas de cálculo complejas y, por tanto, las objeciones en este sentido carecen de fundamento. Otros comentarios sobre este tema indicaban que aun teniendo en cuenta lo anterior no debe olvidarse el fin práctico que debe tener el E.5.
- El señor Sagot del SNCCLC indicaba la necesidad de incluir unas correcciones en los coeficientes de seguridad, en función del nivel de control de calidad de fabricación, ya que un control mayor incluye una mayor seguridad. La contestación del señor Larsen fue en el sentido de no creer necesario modificar el coeficiente parcial en función del nivel de control, sino obligar a los fabricantes a tener un cierto nivel de control de calidad.
- Un participante de Dinamarca señaló que el E.5 no da ninguna referencia a la temperatura a la cual se refieren los valores resistentes de la madera, ni tampoco cuáles son los límites de temperatura de trabajo. El señor Sunley le dio la razón e indicó que lo expuesto en el E.5 debe aplicarse a temperaturas normales. La resistencia de la madera depende de la temperatura. El límite superior de uso debe ser los 65 °C, ya que la madera expuesta durante largo tiempo a esta temperatura puede sufrir daños.

Sobre este tema se aportaron otros datos como que en el Código de California se aplican reducciones en la resistencia para temperaturas superiores a los 50 °C. También se comentó que el verdadero problema es el choque térmico que puede conducir a tensiones de tracción perpendicular a la fibra. Sunely concluyó el tema indicando la necesidad de incluir una nota en el E.5 referente a la temperatura elevada.

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE MADERA EN EL PASADO. (D. T. Yeomans, Escuela de Ingeniería de la construcción y Arquitectura de la Universidad de Liverpool, Reino Unido).

Dada la limitación del tamaño de las piezas de madera la historia del desarrollo de la carpintería de estructura es, en gran parte, la historia de la técnica de uniones en madera. Sin embargo es importante reconocer que las técnicas antiguas de carpintería evolucionaron de diferente manera según las diversas regiones. Estas diferencias vienen dadas por la variabilidad de los requisitos funcionales entre los que se encuentra el factor clima y que puede conducir, por ejemplo, a cubiertas de mayor o menor pendiente.

De esta forma el desarrollo de la tecnología tiene una parte de propia evolución de los diseños primitivos y otra parte de la copia directa de ideas de otros países y su adaptación a las circunstancias locales. En esta comunicación se muestran tales caminos a través del ejemplo de Gran Bretaña.

La carpintería medieval seguía una tecnología para la construcción de cubiertas en la que los tirantes se encontraban sometidos a flexión y su rendimiento por tanto era menor.

Esta limitación fue superada en Inglaterra, en el siglo XVII, cuando los arquitectos adoptaron los esquemas de las cerchas o celosías de la arquitectura italiana. En estos sistemas el tirante únicamente se encuentra sometido a tracción y era posible empalmar dos o más piezas para conseguir mayores luces.

Cuando esta técnica llegó a Gran Bretaña los detalles de unión de las piezas fueron adaptadas continuando con los métodos propios y se hizo uso extensivo de los herrajes para reforzar las uniones. A finales del siglo XVII el roble, material nativo, fue sustituido por el importado, pero los cambios preci-

sos para la reducción de secciones fueron adoptándose gradualmente. Un ejemplo de estos cambios se puede ver en el Whitbread en Londres o en el teatro de Seldom en Oxford de Christopher Wren.

Durante el siglo XVIII los esquemas estructurales de las cerchas fueron evolucionando, pero los mayores cambios tuvieron lugar en el siglo XIX con el más extensivo uso del hierro. Estos cambios fueron estimulados por el desarrollo industrial en Gran Bretaña. Los herrajes servían de medios de unión entre piezas de madera y las piezas traccionadas eran sustituidas por tirantes metálicos. Este cambio permitía no sólo mayores luces sino también facilitaba el diseño de nuevas formas de cubierta y la construcción de puentes de ferrocarril. Sin embargo en este período el hierro comenzó a ir sustituyendo progresivamente a la madera en las grandes estructuras.

También se introdujeron, principalmente en Francia, nuevos sistemas estructurales para la construcción de arcos en madera como alternativa al hierro. La madera laminada vertical, ya propuesta mucho antes por De L'Orme en el siglo XV —pero ahora de factura más sencilla, utilizando como medio de unión el clavo—, se empleó en algunas cubiertas en forma de arco de gran luz.

Los arcos de madera laminada horizontal, desarrollados por Emy, se emplaron en grandes luces y en estructuras de puentes. Un ejemplo es la cubierta de la estación de King Cross, en los que la sección del arco se forma con doce láminas de madera atornilladas.

La madera laminada encolada aparece en Alemania y se extiende a otros países, con gran influencia en Suiza, pero su uso declinó en Alemania después de la introducción de los elementos de unión mecánicos estimulada por la escasez de madera en los años siguientes a la Primera Guerra Mundial.

Aunque Europa se adelantó a América en esta tecnología, la madera laminada parece haber sido reimportada de allí en los años cincuenta.

Las dos técnicas, madera laminada y de uniones mecánicas, fueron las que conformaron la historia de las estructuras de madera. Si hay alguna lección de esta historia es que las estructuras de madera en cada país han sido influenciadas por diversas circunstancias, pero las ideas que surgen en un determinado país pueden ser retomadas en cualquier otro lugar.

Coloquio

Las estructuras antiguas demuestran su durabilidad y diseño adecuado, pero hay que tener presente que no todas han tenido la misma suerte, ya que perduran aquéllas correctamente diseñadas.

Se pidió información y opinión al ponente sobre el tema de la restauración de estructuras antiguas y, en concreto, respecto a las técnicas de consolidación. En su respuesta el señor Yeomans comentó que existen dos posibilidades: una es reparar la estructura utilizando técnicas tradicionales, lo más parecidas a la original, y sustituir las piezas deterioradas por madera nueva. Y la otra posibilidad consiste en mantener la estructura sin modificación y realizar pequeñas sustituciones o refuerzos empleando resinas epoxi. Esta técnica que emplea materiales plásticos recientes puede tener el inconveniente de no conocer su durabilidad a largo plazo.

Los participantes de Grecia ofrecieron información sobre construcciones de madera con antigüedad superior a los 1.000 años, así como análisis de estructuras de madera petrificadas con 3.500 años de antigüedad.

CRITERIOS DE CALIDAD PARA LAS ESTRUCTURAS DE MADERA - Aspectos de clasificación y diseño estructural. (J. Natterer y W. Winter, IBOIS - Construcción en madera. Escuela Politécnica Federal de Lausanne, Suiza).

A pesar del importante papel que la madera jugó en el pasado de la construcción en Centro Europa y a pesar de tener probada su eficacia en las sociedades modernas industrializadas (por ejemplo Norteamérica y Escandinavia, donde más de dos tercios de las viviendas son construidas en madera), la

construcción de viviendas de madera supone solamente de un 5 a un 10 % del mercado en Centro Europa. Y no más de un 2 a un 5 % en el caso de construcciones industrializadas.

El sector de la construcción en madera necesita saber si tal limitación de mercado está justificada, y si no es así qué puede hacerse para su desarrollo.

Si se analiza la situación de los métodos de construcción predominantes (principalmente hormigón y acero) puede juzgarse que contienen los desarrollos técnicos y arquitectónicos habidos en este siglo así como los desarrollos sociales y económicos de Centro Europa. Es decir, fueron capaces de coincidir con los requerimientos de la sociedad y del individuo.

El sector de la construcción en madera debe mirar al futuro. Debe estudiar los criterios que la sociedad y el individuo usarán para elegir los métodos de construcción e intentar desarrollar y enfatizar aquellas características suyas que coinciden con los requerimientos nuevos.

Nuestro punto de partida es que la madera, en la construcción, no ganaría adeptos basándose simplemente en el reclamo de "una manera barata de construir". Este extremo no puede mantenerse indefinidamente, en términos de costo, contra los métodos de construcción principales, los cuales han optimizado y racionalizado sus tecnologías de producción, maquinaria, materiales y técnicas de diseño. La estrategia a seguir por el sector de la construcción en madera debería tender hacia su conversión en método masivo de construcción, apoyándose en los beneficios de la racionalización. Hasta ese momento debería intentar ganar confianza principalmente a través de la imagen de calidad y de su gran flexibilidad para ajustarse a las necesidades individuales, mejor que por una simple idea de ahorro económico.

La calidad de la construcción con madera se puede examinar desde cuatro perspectivas:

La primera se basa en el hecho de que el mercado de la construcción desde mediados de los años setenta disputaba con los cambios económicos y sociales. Conceptos como "crisis energética", "jungla de asfalto", "vuelta a la naturaleza", "medio ambiente", "mejor calidad que cantidad", etcétera, reflejan caminos nuevos, los cuales también repercuten en los métodos de construcción.

La segunda tiene que ver con aspectos de la calidad que afectan a la aportación general de los métodos de construcción en madera. Existe un reconocimiento de los arquitectos de que la construcción en madera tiene en términos de estética, trabajabilidad y aislamiento una posición superior a los restantes sistemas constructivos, aunque con algunas reservas respecto a su costo, mantenimiento y durabilidad.

Los sistemas constructivos en madera tienen gran ventaja en relación a costos energéticos. Construir una vivienda utilizando métodos de construcción con madera requiere 30 % menos de energía primaria que los métodos convencionales (y un 70 a 80 % menos que los sistemas de acero/hormigón en el caso de estructuras de grandes luces).

Sin embargo esta gran diferencia todavía no se refleja en el precio, donde la construcción en madera presenta un costo parecido a los tradicionales, en el mejor de los casos.

Hay otros aspectos como el ecológico, debido a que los bosques deben ser aprovechados y conservados para garantizar la materia prima; y el económico donde las ventajas que aporta la construcción en madera creando centros de trabajo descentralizados y sin necesidad de grandes inversiones.

La tercera perspectiva está relacionada con los requerimientos de calidad para el diseño y cálculo de estructuras resistentes, es decir, la elección del material y su clasificación resistente.

En este aspecto debe ponerse especial atención a la elección del material más adecuado entre la gran gama disponible y, principalmente, en lo relativo a las técnicas de clasificación por resistencia.

Entre los sistemas actuales de clasificación de la madera el visual, hasta el momento el más extendido, ha quedado superado por otros más tecnificados. El método basado en la aplicación de ultrasonidos tiene buena relación con el módulo de elasticidad, aunque peor con la tensión de rotura (se alcanzan coeficientes de correlación de 0,7). Un sistema comercializado en USA para comprobar el estado de los postes de tendidos aéreos llega a correlaciones de 0,8 mediante el análisis del espectro de ondas vibráticas.

Por último la cuarta perspectiva concierne al diseño constructivo de las estructuras de madera, como el uso a que se destina, forma, ligereza, ventilación, integración de las instalaciones y factores necesarios para garantizar la calidad de la estructura.

Finalmente se puede deducir que la construcción con madera está potencialmente preparada para cumplir las expectativas de la sociedad en el futuro de la construcción. A corto y medio plazo la construcción en madera no podrá tener éxito si sólo se orienta hacia un método barato de construir; para su éxito deberá proyectarse como un sistema constructivo que aporte adaptabilidad, versatilidad, fácil trabajabilidad y agradable apariencia para crear soluciones a medida.

LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA DE LA MADERA - PROPUESTAS PARA EL CAMBIO. (P. A. Palmer, Politécnico de Brighton. Reino Unido).

Situación de la enseñanza de la madera en el Reino Unido

Un estudio realizado en 1986 para determinar la cantidad de tiempo dedicado a la ingeniería de la madera, dentro de los cursos de Ingeniería Civil en las Universidades Británicas y Politécnicas, demostró que los alumnos pasan menos de un uno por ciento del tiempo de las clases dedicados a temas relacionados con la madera.

Otro estudio, llevado a cabo pocos años antes, examinó la relación existente entre el tiempo dedicado a diferentes materiales, en los cursos de Universidad, y el tiempo correspondiente dedicado a estos materiales en una oficina típica de proyectos. Se evidenció un desfase para el caso de la madera, que resultaba tener dieciséis veces más tiempo de atención en la oficina de proyectos que en los cursos de la universidad (Cuadro 2).

CUADRO 2: Porcentaje de tiempo dedicado a cada material en los cursos de universidad y en la práctica profesional

Material	Acero	Hormigón	Suelos	Ladrillo	Madera
Universidad:	23	32	43,5	0,5	1 (%)
Práctica profesional	17	24	21	19	16 (%)

De lo anterior se deduce que muchos profesionales han recibido una formación insuficiente en el campo de la ingeniería de la madera.

Soluciones propuestas

Las acciones para el remedio de esta situación se pueden dividir en dos líneas: una dirigida hacia las necesidades del profesional y la otra dirigida a los estudiantes.

Para la formación de los profesionales debería actuarse mediante conferencias y cursos de corta duración dentro de un programa de formación continuada. Estos cursos deberían estar coordinados nacionalmente y distribuidos geográficamente.

Además debería aumentarse la producción de sistemas expertos que vayan más allá de los paquetes de cálculo estructural y sirvan de ayuda al diseño. Como ejemplo, puede citarse un proyecto de investigación en el Politécnico de Brighton, que desarrolla un sistema experto que sirve de guía al proyectista en la elección de la mejor forma estructural y sistema de unión para estructuras de cubierta industrial.

En la línea de acciones, dirigida a los estudiantes, debería procurarse un aumento de las horas de clase dedicadas a la madera en los cursos existentes. Se evitarán los cursos especiales de Ingeniería de la madera en los niveles de estudiantes de universidad; la madera deberá ocupar su lugar en los cursos entre los demás materiales de construcción.

Otra línea de difusión que ayuda en esta tarea es la labor realizada por Asociaciones del tipo de TRADA (Timber Research and Development Association).

Propuestas a largo plazo

Los métodos clásicos de enseñanza de la construcción están basados en una división por materiales. Normalmente las asignaturas de cálculo y diseño de estructuras incluyen hormigón armado y acero, estudiados independientemente, y después si sobra tiempo se puede dedicar al estudio del ladrillo y la madera.

Quizás se obtendría un mejor aprovechamiento procurando una enseñanza del cálculo desde sus bases fundamentales e introduciendo las adecuaciones de los materiales. Este sistema probablemente obligaría a ser precedido por un curso básico de materiales.

Debería, por tanto, tenderse hacia el estudio por elementos de construcción y no por materiales. En este sistema los materiales aparecen de forma integrada por elementos, al contrario de la dispersión del método clásico.

En el Reino Unido ha habido un fuerte movimiento desde los cursos basados en el cálculo estructural hacia los cursos de diseño estructural. Este cambio conduce a poner mayor énfasis en los fundamentos del diseño estructural y coincide con la descarga de trabajo que suponen los medios informáticos actuales. Antiguamente los estudiantes concentraban su atención en el análisis de determinadas formas estructurales y en el dimensionado de sus piezas, y dedicaban muy poco tiempo a las razones que conducen a la elección de esas formas estructurales.

Un proyectista debe tener un buen conocimiento de las propiedades del material y también desarrollar un sentido e intuición para comprender el comportamiento estructural. Esto último se adquiere con la experiencia, pero también puede acelerarse este proceso mediante el estudio de modelos estructurales experimentales.

Esta es precisamente la base del método adoptado en el Politécnico de Brighton, empleando modelos sencillos fabricados con madera de balsa y papel. Los estudiantes trabajan en grupos de cuatro personas y realizan las siguientes experiencias:

- El pandeo por compresión en columnas; se compara el comportamiento de soportes compuestos con y sin presillas. La flexión de paneles sandwichs (2 paramentos de madera y un alma de espuma); se compara el comportamiento de la estructura con y sin encolado en una o dos superficies de contacto paramento-alma. Flexión de láminas plegadas.

A estas experiencias se añaden visitas a obras y sesiones de diapositivas sobre temas relacionados con los ensayos, y sesiones de discusión sobre los resultados.

Finalmente se realiza una práctica en la que se fabrica una estructura completa en modelo reducido (por ejemplo un puente colgante), que con un peso propio de 12 g deberá resistir una carga uniformemente distribuida de 15 a 20 kg), y su dimensionado debe ser tal que sometido a ensayo se cumpla un criterio de deformación admisible, resistencia a la carga lateral especificada y colapso para una carga comprendida entre unos límites superior e inferior.

Quizás, en el futuro, la enseñanza del diseño y cálculo estructural se base en el concepto de que un conocimiento intuitivo más un conocimiento de los materiales produce un buen resultado. Después de un curso sobre las propiedades de los materiales, podría seguir una división por elementos constructivos mejor que por materiales. En este sistema todos los materiales tendrían cabida en los niveles de la enseñanza universitaria.

Cuestiones planteadas en el coloquio

Una primera cuestión se planteó sobre los sistemas educativos que utilizan prácticas experimentales, como el presentado en la comunicación, y el enorme consumo de tiempo y dinero que podría represen-

tar. El señor Palmer afirmó que estas prácticas, al contrario de lo que puede parecer en un principio, no suponen mucho tiempo ni son caras.

Gran parte del coloquio se centró sobre la necesidad de la enseñanza de la madera en la Universidad, principalmente dirigida a los estudiantes de arquitectura que son los que suelen tomar decisiones antes de la actuación del ingeniero.

En concreto participantes de Finlandia indicaban la necesidad de dirigirse al arquitecto y preguntaban si conocía cuál era el nivel de enseñanza de la madera en las escuelas de arquitectura. El señor Palmer dijo que no era profesor de arquitectura y, por tanto, no podía precisar ese extremo, pero que algún intento de hacer trabajar unidos a arquitectos e ingenieros no había resultado bien, ya que tienen diferentes criterios y visiones.

Un participante de Grecia aportó su punto de vista al respecto, comentando que en su país tienen experiencias positivas sobre la enseñanza de la madera en conjunto a arquitectos e ingenieros. El primer año no funcionó pero los restantes sí. Sobre el mismo asunto un asistente de Copenhague señaló que, en su país, arquitectos e ingenieros estudian en escuelas independientes pero utilizan los mismos planes de estudio en la enseñanza del cálculo y diseño estructural.

El señor Marsh, consultor del Reino Unido, manifestó su oposición a la forma de trabajo del arquitecto independiente o solo. Apoyaba el trabajo en equipo ingeniero + arquitecto, ya que ambos se enfrentan a un mismo problema. En particular le molesta la idea de que el ingeniero sólo "construye" lo ideado por el arquitecto.

El señor Stabholz, del SNCCLC de Francia, comentaba que la enseñanza y difusión de la madera, por el momento, es una función que recae en organizaciones no oficiales. Debería incluirse dentro de los planes de estudio de las escuelas técnicas. También se mostraba preocupado por el hecho de que el sector de la madera no dispone del apoyo financiero de grupos fuertes como el hormigón armado o el acero.

Cabe hacer una observación respecto a la polémica que se produce en la concepción del ingeniero y del arquitecto, en el sentido de que en varios países europeos (no en el caso de España) los arquitectos no tienen competencia plena en el cálculo de estructuras dentro de su actividad y se precisa la figura del ingeniero civil.

REQUISITOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA. (U. A. Meierhofer, Eidgenössische Materialprüfungsanstalt (EMPA), Departamento de la Madera, Dübendorf, Suiza).

Los factores más importantes que aparecen en la construcción en madera y sobre los cuales habría que basar la enseñanza son los siguientes: economía, seguridad, facilidad de mantenimiento, durabilidad, versatilidad.

Algunos factores son más difíciles de definir como los siguientes: confort, cualidades estéticas, ambiente, imagen, por ejemplo de prestigio.

En todo caso, en la mente del consumidor están siempre presentes las ideas de armonía con el entorno, seguridad y aspectos económicos.

La estadística de los fallos y deficiencias en la construcción demuestra que los requisitos anteriores, algunas veces incompatibles, son a menudo descuidados o mal coordinados.

Está suficientemente probado que la construcción en madera no tiene mayores riesgos que otros sistemas. Sin embargo, la madera es más vulnerable y reacciona con mayor rapidez a un diseño o uso inadecuado que otros materiales de construcción. Por ejemplo su posible degradación por agentes xilófagos cuando se descuidan las recomendaciones de diseño.

Dentro de los proyectos de construcción intervienen varias figuras que, por falta de coordinación, pueden originar defectos en la construcción.

El arquitecto suele tender a centrarse exclusivamente en la esencia de su trabajo y prefiere delegar los problemas técnicos a los expertos. El ingeniero de la construcción se centra en su papel de experto en el análisis estructural de la construcción y está contento si puede despreocuparse de otros problemas como la durabilidad, físicos, etcétera.

Una figura crucial en la construcción es el coordinador del proyecto, cuya importancia es generalmente infravalorada y a veces es llevada a cabo por personas no cualificadas. Incluso en personas cualificadas, a menudo están sometidas a gran presión de sus tareas administrativas y no tienen tiempo suficiente para otros aspectos importantes de su trabajo.

Por último los carpinteros están frecuentemente sobrecargados a diferentes niveles: tiempos y costos, tareas de organización y planeamiento del trabajo.

Mejoras sugeridas

El proceso y producto de la construcción en madera podría mejorarse considerablemente si se llegara a institucionalizar una profesión híbrida entre las diferentes que intervienen. El nombre de "ingeniero de construcción con madera" podría resultar apropiado si no fuera por su fuerte connotación con el cálculo de estructuras. Por esta razón el título más adecuado podría ser "experto en construcción con madera".

El perfil profesional de esta figura debería ser altamente interdisciplinario: su trabajo sería suplementario al del arquitecto, ingeniero, coordinador, carpintero, experto en conservación de la madera, etcétera.

La formación de este experto no debería concentrarse exclusivamente en la madera como material resistente, sino abarcar también otras funciones como elemento separador de espacios, aislamiento y aspectos formales y estéticos. Los temas principales de su formación podrían ser:

- Diseño del proyecto como un todo (componentes estructurales o no resistentes).
- Tecnología de los materiales: madera y productos derivados de la madera, herrajes, colas, protectores, etcétera.
- Durabilidad.
- Seguridad.
- Física de la construcción.
- Fabricación, montaje, control de calidad.
- Coordinación del proyecto y ejecución.

Este perfil profesional es totalmente realista como queda probado por numerosos cursos de formación que apuntan en la misma dirección.

OBJETIVOS Y RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN DE LA EEC. (W. Hanssens, Dirección General de Ciencia, Investigación y Desarrollo de la Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, Bélgica).

En enero de 1974, el Consejo adoptó una resolución concerniente a la implicación de la Comunidad en el campo de la ciencia y la tecnología. Según esta resolución, la Comisión sería responsable de la coordinación de las políticas de investigación nacionales y debería proveer las ayudas necesarias para el desarrollo de los proyectos de investigación en áreas de interés común, tales como energía y materiales renovables, etcétera.

El programa marco de trabajo tiene dos vertientes en sus objetivos: interior y exterior. El objetivo dirigido al exterior es mantener la competitividad de Europa en el sector de alta tecnología frente a EE.UU. y Japón. Y en el interior se pretende la cohesión económica y social dentro de la Comunidad y la reducción de las disparidades tecnológicas entre diversos estados miembros. En la actualidad las tres mayores potencias industriales de Europa, Reino Unido, Francia y Alemania acaparan el 80 % de los recursos de la CEE para Investigación y Desarrollo.

El programa marco de trabajo es un instrumento para el aprovechamiento del potencial que tiene la Comunidad: un mercado de 325 millones de personas y 1,1 millones de científicos y técnicos, incluyendo 420.000 investigadores.

En 1986 la Comisión diseñó un programa de trabajo para los años 1987 a 1991, donde se especifican unos campos prioritarios. Las iniciativas financieras ayudarán a traducir los desarrollos de investigación y tecnología en aplicaciones industriales.

Programa de investigación sobre lo forestal y las industrias relacionadas

Su esquema es el siguiente:

1983: Estudios y simposio sobre el reciclaje del papel usado.

1982/85: 1.º programa de la madera como material renovable.

1986/89: 2.º programa de la madera y corcho.

1990/93: 3.º programa de la madera y corcho.

En el primer programa se incluían tres secciones: pasta de papel, madera y temas forestales. En el segundo se cubría también el corcho. Aproximadamente se seleccionaron 117 propuestas para su financiación, junto con cuatro proyectos de coordinación concernientes a:

- reproducción in vitro del spruce,
- aserrado del eucalipto,
- secador solar de la madera aserrada,
- comparación de métodos de muestreo para inventarios forestales.

Se aceptaron 54 propuestas relativas a madera y corcho, junto con tres programas de coordinación. Las propuestas pueden agruparse en las siguientes categorías principales (el número de participantes aparece entre paréntesis):

- Clasificación estructural en aserradero y Eurocódigo 5 (todos los estados miembros).
- Calidad de la madera de especies de crecimiento rápido (8 estados miembros).
- Conservación del spruce (4 estados miembros).
- Incremento de la estabilidad y durabilidad de la madera (7 estados miembros).
- Desarrollo de paneles estructurales (3 estados miembros).
- Plantas de secado de madera aserrada (5 estados miembros).
- Fluencia y refuerzo de las estructuras de madera (13 participantes).
- Aplicaciones del corcho (2 estados miembros).

La Comisión está diseñando las líneas generales del tercer programa en madera y corcho para 1990/1993.

A continuación se citan los temas más importantes que se incluirán en este programa:

- Procesado mecánico de la madera y mejora de la calidad de los productos finales (conocimiento de la relación existente entre los tratamientos selvicultores y la calidad de la madera).
- Mejora de las técnicas de procesado de la madera aserrada. Técnicas de aserrado.
- Tecnología del secado.
- Productos compuestos. Durabilidad a largo plazo de estructuras encoladas.
- Nuevos productos compuestos con derivados de la madera para usos estructurales.
- Nuevos productos compuestos derivados del corcho.

CONSTRUCCIÓN MODERNA DE MADERA EN SUIZA: LA CALIDAD DE UN DISEÑO SENCILLO. (J. Kolb, Asociación Suiza de las Industrias de la Madera —Lignum— Zürich, Suiza).

En esta comunicación el ponente hizo una exposición general de la construcción con madera en su país apoyada por numerosos ejemplos de construcciones a través de diapositivas.

Suiza es un país con alta densidad de población, alrededor de siete millones de habitantes; la superficie cubierta por bosque es del 27 %. Anualmente consume cerca de cinco millones de metros cúbicos de madera descortezada frente a una producción potencial de siete millones de metros cúbicos.

Es difícil juzgar si Suiza es un país que hace uso sistemático de este material renovable, pero es cierto que desde hace algunos años ha habido una demanda creciente de madera para la construcción. Este desarrollo se ha producido, principalmente, como resultado de la aplicación de la madera como material de construcción. El mayor problema en el orden de la producción forestal suiza y la economía de la madera es, en la actualidad, la integración dentro del Mercado Europeo de la madera. La introducción de maderas de otros países europeos, dentro del mercado interior, fuerzan a la producción propia a salir fuera. A pesar de ello, Suiza está a favor de la eliminación de barreras entre países como medida de protección a su propia producción.

En relación a la normativa de este campo cabe citar que la revisión de la norma de construcción suiza en madera (The Swiss Engineers and Architects Association, SIA, standard 164, timber construction) estará con toda probabilidad basada en el Eurocódigo 5.

La actualidad de la construcción en madera, en Suiza

La exposición nacional Expo 64 en Lausanne sirvió de guía para la ingeniería moderna de la madera y determinó la forma de expresión de su época y de las décadas siguientes. El hall de la Expo 64 fue construido con una estructura singular de tablero contrachapado, con una luz de 86 m, que causó gran admiración entre el público y círculos especializados. En las décadas siguientes se consiguieron grandes avances en las construcciones masivas.

Ahora, sin embargo, esta tendencia se está conteniendo por el incremento de la situación crítica del medio ambiente y la escasez de suelo. La construcción en madera en el futuro deberá basarse en criterios diferentes. Deberá centrarse en el desarrollo en aquellas áreas necesitadas de construcción a gran escala, como podría ser el sector de la construcción de viviendas, y también en la construcción industrial, comercial y agrícola, en construcciones de nueva planta o de renovación.

Finalmente el ponente expuso los esfuerzos que deben hacerse para la promoción del uso de la madera en Suiza, que se basaban en la mejora de los métodos de clasificación resistente, en la investigación sobre tecnología de la madera laminada y en las acciones dirigidas a la enseñanza y difusión de la madera en la construcción.

NUEVAS TENDENCIAS EN EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE MADERA EN REGIONES SÍSMICAS. (A. Ceccotti, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Florencia, Italia).

El método semiprobabilístico en los estados límites es el más común en los códigos de cálculo modernos para la seguridad de las construcciones en zonas sísmicas. Como ejemplo están el Eurocódigo n.º 8, la norma italiana CNR-GNDT y la norma neozelandesa NZS 4203.

En la primera parte de esta ponencia se hizo una exposición sistemática del problema de las estructuras de madera sometida a acciones sísmicas.

Por un lado, el método semiprobabilístico requiere un conocimiento del efecto de la actividad sísmica en el cálculo de la estructura. Y por otro lado exige un completo conocimiento del comportamiento de los materiales y de la estructura como conjunto en los estados últimos. La capacidad de una estructura para desarrollar deformaciones plásticas, sin llegar a la rotura, es un factor esencial para resistir los movimientos sísmicos. Cuanto mayor sea la ductilidad del material (relación entre la deformación de rotura y la deformación en el límite elástico) mayor será la energía que puede disipar durante el terremoto, sin llegar a la rotura.

La acción sobre la estructura provocada por un movimiento sísmico depende entre otras cosas del peso propio de la misma. La madera es un material ligero —cerca de cinco veces menos que el hormigón— y tiene una relación resistencia/peso equivalente al del acero. Además cuenta con una resistencia excelente a la tracción y compresión, que se ven aumentadas con cargas de corta duración.

Por estas razones la madera sería un material ideal para la construcción en zonas sísmicas, pero tiene un inconveniente y es su posibilidad de rotura frágil. Es decir, mientras que la madera de pequeña sección y libre de defectos puede flexionar con deformaciones plásticas considerables antes de la rotura, los inevitables nudos y otros defectos en la madera estructural, con su tamaño real, tienden a causar roturas en la zona traccionada de las fibras, generalmente antes de la plastificación de las fibras comprimidas.

Sin embargo, si consideramos la estructura como conjunto, y no el material aislado, se puede ver que se alcanzan niveles satisfactorios de ductilidad gracias a los elementos semirrígidos que unen las piezas de madera. Esto puede conseguirse con uniones diseñadas para resistir pequeños sismos sin deformación importante, pero capaces en caso de un movimiento sísmico mayor, de disipar energía deformándose la estructura pero sin llegar al colapso completo. Posteriormente la construcción puede repararse sin grandes costos.

En este sentido resultan especialmente indicados, por ejemplo, los sistemas constructivos entramados con paneles de tablero contrachapado.

Coefficiente de comportamiento estructural

En la mayoría de las normas de cálculo de estructuras en zonas sísmicas se tiene en cuenta la capacidad de resistir movimientos sísmicos sin llegar al colapso, mediante la introducción de un coeficiente denominado "de comportamiento estructural". Este coeficiente minorra el valor de cálculo de las acciones sísmicas, basado en el espectro de respuesta elástica, de acuerdo con la ductilidad estructural de la construcción.

Este coeficiente alcanza un valor de 2 a 4 para el hormigón armado, de 1 a 6 en el acero, y de 1 a 2 en la madera. El Eurocódigo 8, en su borrador actual, propone un valor unidad para la madera. Se deben realizar investigaciones y experimentación para llegar a conocer los valores reales del coeficiente de

comportamiento de la madera, que en opinión del ponente todavía están infravalorados por falta de conocimiento. Al respecto expuso las líneas generales de las investigaciones técnicas y experimentales desarrolladas por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Florencia.

CONSTRUCCIÓN ENTRAMADA DE MADERA - SITUACIÓN EN EL REINO UNIDO. (D. Sott, Director técnico del Consorcio de Viviendas de Madera y Ladrillo, Rickmansworth, Herts, Reino Unido).

Contexto histórico

Todavía quedan en el Reino Unido numerosos ejemplos de construcciones entramadas de madera que datan de los siglos XIV y XV. La mayoría están contruidos con grandes escuadrías de especies frondosas.

La progresiva escasez de roble, recurso básico de este sistema constructivo, condujo a la utilización de la piedra y el ladrillo como materiales principales.

Sin embargo el sistema entramado de madera continuó en algunas regiones, particularmente en el este del Reino Unido, donde era fácil la importación de madera de coníferas de Europa. Todavía hoy es posible encontrar muchos ejemplos de tales construcciones, que emplean escuadrías pequeñas (100 x 50 mm), que datan del siglo XVIII y que se encuentran en buenas condiciones.

Durante los años 1920 y 1930 la tradición de construcción entramada de madera en pequeñas escuadrías tiene una cierta recuperación para afrontar la demanda de vivienda.

El desarrollo de la tecnología moderna de la construcción entramada

A finales de los años 50 y principios de los 60 el Gobierno Británico se enfrentó a un enorme déficit de vivienda, que le obligó a construir 350.000 viviendas por año hasta 1970. La construcción tradicional no tenía capacidad suficiente y la solución se orientó hacia la construcción industrializada.

Se desarrollaron muchos sistemas constructivos para este fin, entre los cuales la tecnología de los entramados de madera tuvo un resurgimiento, pero esta vez con una diferencia: el método constructivo in situ fue abandonado en favor de la prefabricación de componentes y paneles. La construcción en madera jugó un papel importante en las viviendas construidas en los años 60. En la actualidad es considerado como uno de los dos principales sistemas constructivos en el Reino Unido.

Principios estructurales

El código británico de protección contra incendios limita el uso estructural de la madera a edificaciones de tres plantas de altura (cuatro plantas bajo circunstancias especiales), de tal forma que los problemas estructurales son sencillos.

Los componentes habituales son: para el soporte de las cargas verticales pies derechos de 100 mm x 50 mm generalmente distanciados 600 mm. Para los cerramientos se emplean paneles prefabricados con tablero contrachapado, que hacen de muros resistentes al soportar las viguetas de piso. Las estructuras de cubierta son generalmente cerchas ligeras prefabricadas.

Principios constructivos

La experiencia demuestra que es tan importante o más la atención que se debe prestar a los aspectos constructivos que a los estructurales, para lograr un producto final correcto.

En el Reino Unido se han realizado importantes avances en la investigación y desarrollo de sistemas constructivos para el cumplimiento de las exigencias de aislamiento acústico, térmico y detalles constructivos para la relación entre madera y obra de fábrica. Por ejemplo un sistema de suelo flotante para lograr aislamiento acústico, sin recurrir a la obra tradicional de grandes masas.

Ventajas

Las ventajas de la construcción de viviendas con estructura entramada de madera se extienden tanto al constructor como al consumidor o usuario final.

Para el constructor tiene la ventaja de que gran parte del trabajo es realizado en fábrica, bajo unas condiciones controladas, y puede consistir en la prefabricación de pequeños componentes hasta módulos volumétricos completos. Esto conduce a niveles de acabado muy superiores y rapidez de construcción.

Para el usuario final, la construcción en madera representa altos niveles de aislamiento térmico, y por tanto bajo consumo energético, aislamiento acústico, etcétera.

EL DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA DE VIVIENDAS EN DINAMARCA. (b.Lund Johansen, Arquitecto, Director del Danish Timber Information Council, Lyngby, Dinamarca).

Después de la Segunda Guerra Mundial la gran escasez de la vivienda, en Dinamarca, obligó al desarrollo de métodos de edificación industrializados para hacer frente de forma eficaz, racional y económica la demanda del mercado. El objetivo era crear una oferta de construcción flexible basada en la producción de una variedad de componentes con un sentido modular "prefabricación abierta".

Durante este período se desarrollaron una gama de sistemas de prefabricación basados en el concepto modular, pero estos métodos constituían sistemas "cerrados" construidos con hormigón.

Durante los años 60 y 70, caracterizados por ambiciosos programas de desarrollo urbano, fue naciendo una actitud crítica hacia la construcción sistematizada y racionalizada.

La crítica se dirigía al resultado de estos programas de construcción: monotonía y falta de valores ambientales.

A finales de los 70 disminuye la escasez de vivienda, y la producción decrece hasta llegar al nivel actual de 22.000 viviendas por año. La demanda se dirige hacia una mayor diversidad y humanidad en la construcción de viviendas. La madera ha sido uno de los materiales tradicionales en la arquitectura tradicional danesa. En la actualidad es un importante material de construcción, utilizado en estructuras, elementos constructivos y acabados.

La construcción en el futuro tenderá al incremento de los métodos industrializados que combinan los sistemas pesados con materiales ligeros como metal, yeso y madera.

CÚPULAS CON ESTRUCTURA DE MADERA "DOMOS" (A. Jorissen, Ingeniero Consultor, Bureau Lüning, Doetinchem, Holanda).

Los domos son formas estructurales tridimensionales que pueden determinarse matemáticamente. En esta ponencia se hace referencia a los domos derivados de esferas. Los domos constituyen una forma estructural que permite grandes luces libres.

La ponencia se dirigía principalmente a las cúpulas geodésicas, en las cuales la distribución de los elementos estructurales sobre la superficie esférica busca la rigidez y resistencia. Las cúpulas geodésicas fueron inventadas por Buckminster Fuller. Se mostraron ejemplos construidos y los detalles constructivos de montaje y sistemas de unión.

Todas las piezas de la estructura tienen la misma sección y se unen mediante un conector especialmente diseñado. Esta unión es rígida gracias a la capacidad del conector para transmitir fuerzas y momentos flectores. El espacio entre las piezas principales se cubre generalmente con un sistema de correas, encima de las cuales se dispone una cobertura curvada, de 21 mm de espesor. Para el montaje no se precisan andamios o sistemas auxiliares.

Las aplicaciones principales son los edificios deportivos tales como estadios de fútbol, en los cuales se pueden combinar cúpulas geodésicas con otras formas estructurales planas.

EL FUTURO DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA INGENIERÍA DE LA MADERA. (J. Ehlbeck, Universidad de Karlsruhe, República Federal de Alemania).

Aunque la industria de la carpintería ya utiliza un número avanzado de métodos de fabricación, la ingeniería en madera deberá adaptarse a los sistemas más avanzados de construcción. Esto viene condicionado por la necesidad de cubrir la demanda creciente de calidad y por la competencia con otros materiales de construcción.

La construcción con madera parece desarrollarse en varias áreas:

- Conservación de edificaciones antiguas de madera.
- Promoción de los métodos tradicionales de construcción en madera.
- Desarrollo de técnicas avanzadas y estructuras industrializadas.

La investigación de la construcción en madera deberá basarse en estas líneas. Los tres campos principales de investigación son:

- Investigación de las propiedades físicomecánicas de la madera y derivados. Aquí se incluyen los métodos de clasificación resistente de la madera.
- Profundización del conocimiento en la tecnología de las uniones en madera. Las uniones constituyen el eslabón más débil de una estructura de madera. Desarrollo de modelos de cálculo de las uniones y mejora de los métodos de ensayo. Conocimiento de la influencia de las condiciones ambientales, humedad y temperatura.
- Análisis del comportamiento de los componentes estructurales. El comportamiento no lineal de los materiales y uniones. Desarrollo de nuevos modelos de cálculo. Degradación biológica.

COMENTARIO FINAL

Como puede verse en la exposición resumida de las 18 ponencias presentadas durante esta conferencia, se distinguen dos grupos principales: un conjunto de seis ponencias cuyo tema era el Eurocódigo 5 y otro grupo más numeroso formado por el resto de las comunicaciones que trataban de aspectos diversos (la construcción con madera en diferentes países, historia de la construcción con madera y la investigación y desarrollo tecnológico).

No hay que olvidar que la finalidad de esta conferencia era principalmente la presentación del EC5, y el resto sirve de complemento para aprovechar la ocasión del intercambio entre varios países.

La conclusión que puede extraerse respecto al EC5 es que se trata de una norma todavía no acabada. Bajo este enfoque el trabajo expuesto en el EC5 resulta de gran interés.

Este borrador de norma no puede considerarse terminado, puesto que conserva partes que sólo concretan los principios o filosofía propuesta para posteriormente definirse.

Los aspectos más remarcables de esta norma son los siguientes:

- Adopta criterios semiprobabilísticos basados en los estados límites y en coeficientes parciales para material y acciones. Este método es más avanzado que el de las tensiones admisibles y además es ya común en otros materiales de construcción.

- Adopta el sistema de clases resistentes, lo cual simplifica la excesiva diversidad que tiene la madera en sus propiedades resistentes. Es una buena medida para lograr habituar al proyectista hacia la madera. La influencia de la humedad queda también incluida en forma de clases higrométricas.

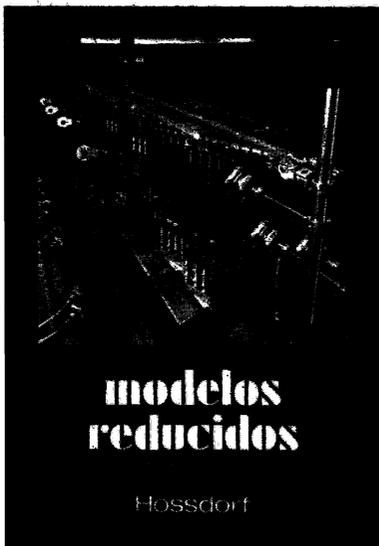
Una noticia posterior a esta conferencia es la posibilidad de que el Eurocódigo 5 pase a ser norma CEN, lo cual aceleraría el proceso de adopción.

En el caso de España, la ausencia de norma nacional de cálculo de estructuras de madera y la muy escasa actividad de construcción en madera, hasta hace poco tiempo, nos permitirá la adopción de los planteamientos de cálculo del EC.5 sin los problemas de inercia de normas anteriores.

NOTA: El Eurocódigo 5 está traducido al inglés, francés, alemán, italiano y holandés.

* * *

publicaciones del ICCET/CSIC



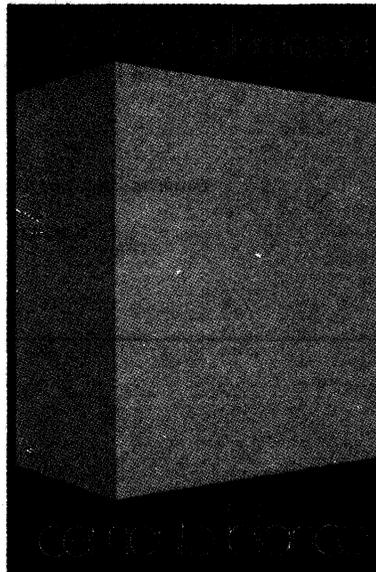
Modelos reducidos. Método de cálculo

H. Hossdorf, Ingeniero Civil

La técnica de los ensayos en modelos reducidos de estructuras sufre hoy día una decisiva metamorfosis. Hasta hace poco era un medio más bien de artesanía, que no siempre era tomado en serio por los académicos teorizantes para comprender el comportamiento resistente de las estructuras complejas y al que se acudió las más de las veces, como a un último remedio debido a sus indiscutibles insuficiencias. Sin embargo, en poco tiempo y gracias a su conexión con los ordenadores digitales, se ha transformado en un instrumento científicamente valioso, que no puede quedar a un lado en la práctica diaria del Ingeniero Proyectista.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 17 x 24 cm, compuesto de 250 páginas, 158 figuras y fotografías.

Precios: 1.800 ptas.; \$ USA 26.00.



Cemento blanco

Julián Rezola
Ingeniero Químico Dipl. I. Q. S.

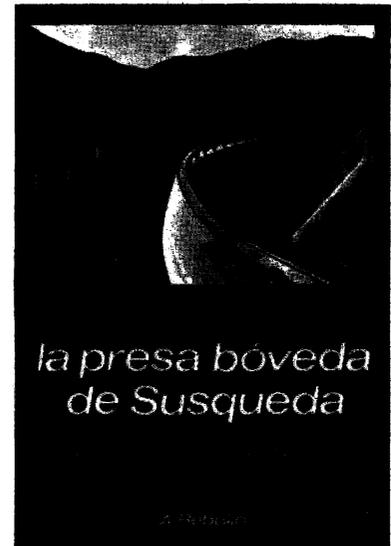
Sabido es que existe una extensa y documentada bibliografía sobre el cemento gris: en cambio, no puede decirse lo mismo acerca del cemento portland blanco, ya que los escritos existentes se refieren tan sólo a algunas peculiaridades que le distinguen de aquél.

El autor nos ofrece sus profundos conocimientos y su larga experiencia tanto en laboratorio como en fabricación.

La parte descriptiva del libro se complementa con gráficos, diagramas y fotografías de gran utilidad, destinados a conseguir la aplicación apropiada de este aglomerante.

Un volumen encuadernado en cartón policarado, de 17,4 x 24,3 cm, compuesto de 395 páginas, numerosas figuras, tablas y ábacos.

Precios: España, 1.700 ptas.; extranjero, \$ 24.



La presa bóveda de Susqueda

A. Rebollo,
Dr. Ingeniero de Caminos

El esfuerzo del constructor de presas se sitúa, por su pretensión de perennidad, a contracorriente de las tendencias de la civilización actual, caracterizada por lo fungible. Pueden evocarse las 10.000 grandes presas en funcionamiento o en construcción que están envejeciendo y reclaman los cuidados gerontológicos para mantener y perfeccionar su servicio y garantizar su inalienable pretensión de perennidad. En la medida en que todas nuevas obras, grandes o pequeñas, son portadoras de riesgos ecológicos y, a veces, catastróficos, que aumentan con el envejecimiento, la gerontología de las presas es todo un emplazo. La acción adelantada de Arturo Rebollo en este terreno marca un camino a seguir para todos los que aman su propia obra con la devoción paternal que él ha puesto en Susqueda.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 18 x 24,5 cm, compuesto de 408 páginas, 330 figuras y fotografías y 39 tablas.

Precios: 1.700 ptas.; extranjero, \$ USA 24.00.