



# Acústica

## en edificios de madera de media altura

SEMINARIO ORGANIZADO POR LA ACCIÓN COST E5  
DUBLÍN, IRLANDA  
MIGUEL ESTEBAN HERRERO Y FRANCISCO ARRIAGA MARTITEGUI

Los días 3 y 4 de diciembre de 1998 se celebró en Dublín este seminario de la Acción Cost E5 a la que asistieron 72 personas, sobre todo técnicos relacionados con la construcción entramada de madera y acústica. El seminario se celebró en la sede de Enterprise Ireland ([www.enterprise-ireland.com](http://www.enterprise-ireland.com)), una agencia establecida por el gobierno en julio de 1998

para ayudar a las empresas irlandesas en su mejora y crecimiento. Combina los recursos del antiguo Irish Trade Board, el Forbait y la división de formación en empresas del FAS, con la financiación del Gobierno. A continuación se resumen de las comunicaciones más importantes.

# ¡PAM!

### Influencia de las características modales del local en el aislamiento acústico

SOPHIE MALUSKI Y BARRY GIBBS, UK.

El aislamiento acústico en bajas frecuencias es difícil de medir con precisión y tiene baja reproductibilidad. La utilización de métodos numéricos o analíticos con la ayuda de los ordenadores nos permite comprender el fenómeno de la transmisión del sonido en esas frecuencias. En esta investigación se ha

comprobado que existe una gran influencia en la capacidad de aislamiento de un tabique en función de las características modales acústicas de los locales que separa y de las propias características modales del tabique. El aislamiento entre locales de similar configuración dan un resultado peor comparado con locales de diferente configuración. El aislamiento acústico depende en alto grado de las dimensiones del local, su tamaño, tipo y condiciones de apoyo del tabique separador.

### Reglamentaciones sobre

### acústica en los países de la UE

J. AMORIM FARIA Y A.P. OLIVEIRA CARVALHO, PORTUGAL.

Este artículo presenta una primera aproximación a las regulaciones sobre acústica en algunos de los países de la UE, limitando su campo al caso del uso residencial y a la comparación de los diversas unidades que se emplean para evaluar el comportamiento acústico. La conclusión principal es que existe una dispersión enorme en la filosofía y en los requisitos de las normativas que se han analizado. Como conclusión se cita la necesidad de unificar este aspecto en una normativa común en Europa. Al comparar las diferentes normas se observan

las siguientes diferencias:

- Las unidades empleadas para valorar el aislamiento acústico son diferentes en cada país y no son comparables directamente.
- Los criterios de aislamiento también son diferentes, algunos utilizan los valores máximos de intensidad sonora y otros indican especificaciones de aislamiento para los elementos constructivos separadores (tabiques, muros y forjados).
- Las especificaciones utilizadas para evaluar los índices de aislamiento no son los mismos en todos los países.

*Definiciones*  
*Índices de aislamiento estándar ( $D_p$ )*

Este índice expresa la diferencia entre la



## ARQUITECTURA



presión sonora en el local de emisión y la del local receptor. Se aplica para mediciones in situ. Índices de aislamiento ( $R_p$ ) Este índice se aplica a elementos constructivos que separan dos locales diferentes (muros, tabiques, forjados). Se evalúa en el laboratorio y define las propiedades de aislamiento de un producto específico. Índices de aislamiento al ruido por impacto estándar ( $L_n$ ) Es la presión sonora medida en un local cuando en la planta superior se aplican impactos mediante una máquina de impacto normalizada. Se evalúa en el laboratorio. Índices EN-ISO Este índice es un valor que se obtiene utilizando la metodología definida en la norma EN-ISO 717. Resulta del ajuste de los valores obtenidos en un ensayo mediante una curva

definida en las normas EN-ISO 717.1, EN-ISO 717.2 e ISO 717.3 (para aislamiento a ruido aéreo, impacto y fachadas, respectivamente). El índice de dB(A) Se trata de otro valor obtenido de un ensayo en el que los valores para frecuencia se ponderan con determinados pesos y se suman logarítmicamente, para obtener un valor único. No es posible encontrar una correlación fácil entre los índices de la norma EN-ISO y los dB(A). Ruidos producidos por equipos e instalaciones Para su evaluación se emplean los dB(A), pero algunas normas especifican valores máximos y otros valores medios para periodos de tiempo representativos. Algunas normas consideran un tiempo de reverberación estándar o un área de absorción equivalente para el local donde se instala el equipo.

Aislamiento de cerramientos exteriores La mayoría de los países emplean un índice ISO medido in situ de acuerdo con las normas ISO 140.5 e ISO 717.3. Fuentes sonoras Para el aislamiento a ruido aéreo de tabiques interiores la norma ISO 140 define como fuente sonora en el local emisor el ruido producido por uno o más altavoces de acuerdo con varias situaciones. Algunas reglamentaciones utilizan fuentes de ruido rosa (igual presión sonora para todas las bandas de octava). Algunos países emplean para los cerramientos exteriores fuentes específicas de "ruido de tráfico". También en este nivel la dispersión de las normas en cada país es muy elevada. Parámetros utilizados en los países de la UE En relación al aislamiento a ruido aéreo la mayoría de los países de

la UE utilizan el índice EN-ISO y realizan medidas in situ para la evaluación del aislamiento entre locales. España junto con Bélgica y Francia emplean los dB(A). Las especificaciones de aislamiento son muy variables. En algunos países se definen varias clases, por ejemplo en Suecia existen 5 clases para uso residencial, que van desde 48 a 60 dB. El aislamiento a ruido por impacto se realiza de manera casi homogénea mediante una máquina de impacto según el método de la EN-ISO 717-2, aunque con diferentes áreas de absorción equivalentes para los locales. En España al igual que en Francia y Bélgica se emplea el índice de dB(A). Las especificaciones varían desde 43 hasta 66 dB. La idea principal que puede extraerse de esta comunicación es que las



## ARQUITECTURA

regulaciones acústicas en la UE son un perfecto ejemplo de las enormes diferencias que existe entre los países que la integran. Algunos países tienen regulaciones más estrictas que conducen a mayores costos de la construcción. Es realmente difícil comparar resultados y soluciones por los diferentes criterios y unidades empleadas, pero también se aprecia que las normas EN-ISO 140 y la EN-ISO 717 son las más comunes a todos los países. Una aproximación o unificación de la normativa en estos aspectos sería de gran beneficio para la UE y se sugiere la inclusión de un nuevo grupo de trabajo dentro del CEN TC 126 para establecer unas Regulaciones consensuadas que deberían tener varias clases de especificaciones que se ajusten a las demandas de cada país.

### **Método de la bola para la medición del aislamiento en baja frecuencia y vibraciones**

ANDERS HOMB, NORUEGA.

Esta comunicación presenta las posibilidades de desarrollo de un método de medida que combina el aislamiento a ruido de impacto y las vibraciones inducidas por el tránsito de personas en forjados en bajas frecuencias. Se exponen diferentes técnicas de excitación, incluyendo la máquina de impacto ISO. Se desarrolla un método que emplea un balón de

goma cuyo impacto es similar al salto de un adulto.

### **Experiencias de estimaciones por cálculo y mediciones in situ en edificios de madera de varios pisos**

ANDRÉ LAPPERT, SUIZA.

Las técnicas que se han desarrollado para el aislamiento acústico para los edificios tradicionales de mampostería, hormigón o yeso no son necesariamente adecuados en el caso de la construcción con madera. Por tanto se proponen nuevos enfoques para la reducción del ruido en construcciones de madera o mixtas de madera y hormigón dirigidas principalmente a la rehabilitación de edificios antiguos. Especialmente se han estudiado las soluciones que no son tradicionales, como los cerramientos de forjados o de muros con entablados clavados. De momento los resultados obtenidos son bastante esperanzadores. En este estudio se presentan resultados de soluciones de forjados reforzados con capas de hormigón y con la utilización de arena para aumentar el aislamiento acústico, que satisfacen ampliamente las especificaciones de la normativa Suiza.

### **Mediciones in situ de aislamiento acústico en techos de madera**

E. U. KOHNKE, ALEMANIA.

Desde una larga expe-

riencia en trabajos de inspección y control de las principales empresas de Alemania relacionadas con la industria de la construcción con madera, se puede decir que son muy frecuentes los problemas derivados de una insonorización deficiente. En contra de los problemas relativos a la seguridad frente al fuego, los problemas de una deficiente insonorización se detectan inmediatamente. La pobre imagen general del aislamiento acústico en las construcciones de madera es difícil de comprender. La razón de esto está, por un lado, en la gran vulnerabilidad de las estructuras de madera cuando se producen fallos de la mano de obra y, por otro lado, en la inadecuada especialización de los constructores o su falta de sensibilidad para considerar el correcto comportamiento acústico de su trabajo. Las crecientes mejoras de calidad en las estructuras de madera solo tiene pleno significado si se puede estar seguro de que se van a poner en práctica de forma impecable. Cuando se han analizado muchas mediciones y se ha acumulado mucha experiencia en el control de construcciones, se hace evidente un grupo de puntos débiles típicos en fallos de montaje que se encuentran con gran frecuencia. Investigación y educación son, por tanto, necesarias.

### **Modelos de predicción de aislamiento a ruido por impacto de estructuras de forjados de madera**

JONAS BRUNSKOG Y PER HAMMER, SUECIA.

Para el desarrollo de nuevos tipos de construcción de muros ligeros y forjados debe profundizarse en el conocimiento de los procesos de transmisión y radiación tanto para el paso del sonido directo como para la transmisión a través de los bordes del elemento constructivo. Para ello son de gran utilidad los modelos basados en determinaciones teóricas u estadísticas. En esta comunicación se incluyen varias estrategias de utilidad para su elaboración. Como conclusión se cita que en bajas frecuencias las variaciones de transmisión del sonido pueden ser muy significativas según los tipos de construcciones de muros ligeros o forjados. La solución más adecuada para establecer los modelos parece encontrarse en una mezcla entre los teóricos y los estadísticos.

### **Predicción del aislamiento acústico en edificios con entramados de madera. Posibilidades y problemas**

EDDY GERRETSEN, HOLANDA.

Para el estudio del aislamiento acústico a ruido aéreo y de impacto existen modelos prácticos basados en sistemas constructivos con elementos homogé-



neos. En este estudio se discute sobre las posibilidades y problemas de aplicación de estos modelos a los sistemas constructivos de entramados ligeros en madera. Sus conclusiones son que estos modelos son aplicables en la construcción ligera con madera, aunque con ciertos problemas relacionados con las juntas específicas de estos sistemas de construcción. Se precisa más experiencia sobre estos aspectos.

### **Calidad acústica e insonorización entre viviendas**

JENS HOLGER RINDEL, DINAMARCA.

Durante años ha habido muchos grandes campos de investigación en diferentes países con el ánimo de encontrar una relación entre el aislamiento acústico entre viviendas y el grado subjetivo de molestia. Este documento presenta un repaso de los resultados y una discu-

sión de la dificultad en comparar las distintas conclusiones. Se ha intentado establecer una relación causa-efecto entre el nivel de aislamiento acústico frente al ruido aéreo o de impacto según la norma ISO 717 y el porcentaje de personas que son molestadas por el ruido de sus vecinos. La pendiente de las curvas de causa-efecto (correlación) varían de unas investigaciones a otras, sin embargo, muchos de los resultados muestran una pendiente en torno al 4% por decibelio. Los resultados pueden usarse para evaluar el nivel de calidad acústica de unos determinados requisitos para el aislamiento acústico, o pueden usarse como base para determinar el nivel deseado de calidad acústica en futuras construcciones. Basándose en más de una investigación se ha demostrado que un aislamiento acústico para

sonido aéreo entre viviendas en torno a 56 dB es evaluado como pobre por un 20 % de los habitantes, y es evaluado como bueno por el 50 %. Esto puede asumirse como aceptable pero no como satisfactorio. Se puede considerar satisfactorio cuando al menos el 67 % de los habitantes evalúa las condiciones como buenas. Esto significa que la exigencia de aislamiento acústico aéreo debe ser como mínimo de 60 dB.

### **Insonorización frente al sonido de impacto en suelos de madera: interacción entre el origen, el revestimiento del suelo y la estructura del forjado**

W. SCHOLL, ALEMANIA.

Es bien conocido que la simulación del sonido de impacto en suelos de madera contiene grandes incertidumbres que surgen, en parte, de la interacción dinámica

entre la causa del impacto y los elementos del suelo, lo cual hace difícil caracterizar de una forma acertada el comportamiento de los distintos elementos de un suelo. Se presentan los primeros resultados de un proyecto sobre este tema recientemente iniciado en el Fraunhofer Institut für Bauphysik. Los cálculos revelan grandes influencias del origen del impacto y de la estructura del forjado en el comportamiento acústico de los cerramientos del suelo. Hay diferencias considerables entre suelos de hormigón y de madera. La máquina de impactos de la Norma ISO y los pasos humanos interactúan de forma completamente diferente con los suelos y los revestimientos, llevando a modificaciones en la mejora del sonido de impacto del recubrimiento de los suelos. Para aclarar el diferente comporta-



## ARQUITECTURA

miento de los suelos, los cerramientos del suelo y la causa del impacto es necesario detallar información sobre sus diferentes propiedades mecánicas. Especialmente con las moquetas se esperan efectos no lineales. Los resultados del proyecto deberían ser útiles para diseñar un método de medición en laboratorio para mejorar el sonido de impacto en suelos ligeros, y en el diseño de suelos con un mejor aislamiento acústico frente a sonido de impacto.

### **Comparación del aislamiento de sonidos de impacto de baja frecuencia en diferentes suelos de construcciones ligeras nórdicas**

S. HVEEM, NORUEGA.

Se acepta generalmente que el trastorno del ruido de las pisadas es uno de los grandes retos en el desarrollo de casas de madera de varias alturas. Este documento se centra en el aislamiento del sonido de impacto de baja frecuencia en construcciones con suelos ligeros de madera. El proyecto del programa nórdico de Investigación y Desarrollo "Edificios de varias plantas con entramados de madera" ha promovido un gran número de proyectos de construcciones piloto durante los últimos 2 ó 3 años. Aquí se comparan los resultados de algunas de las diferentes soluciones elegidas, y también se debaten los parámetros

importantes para ser considerados en desarrollos futuros. La comparación muestra que se puede tratar el problema de forma relativamente satisfactoria, pero que todavía se necesita para construcciones alternativas, especialmente para que sean más rentables.

### **Comportamiento acústico mejorado en construcciones con entramado de madera**

G. PITTS, UK.

El objetivo del proyecto que se presenta es desarrollar soluciones que mejoren el comportamiento acústico para las construcciones con entramado de madera considerando la transmisión del sonido entre y dentro de los edificios. El comportamiento mejorado quiere decir un aumento del aislamiento acústico de 3 dB respecto a lo reglamentado en UK. Las soluciones se proponen y miden para tabiques y suelos entre viviendas mejoradas para el sonido aéreo y, donde sea necesario, de impacto; para muros entre viviendas y pasillos comunes, y para paredes y suelos dentro de la vivienda. Las mediciones se han llevado a cabo en edificio de 6 plantas con entramado de madera construido en el BRE de Cardington.

### **Soluciones estructurales para mejorar el aislamiento acústico en casas con entramados de madera**

ASKO KERONEN, M. KYLLÄINEN, FINLANDIA.

Se presentan diferentes soluciones estructurales y componentes para mejorar el aislamiento acústico en construcciones de apartamentos de madera. Se han estudiado las estructuras de las paredes y los elementos constructivos de conexión para reducir la transmisión perimetral entre apartamentos colindantes. El sistema de suelo con viguetas cruzadas desarrollado consiste en viguetas y largueros perpendiculares que son conectados mediante un material amortiguante. Un suelo resiliente puede ser sustituido mediante la combinación del nuevo sistema de suelo con estructuras que reducen la transmisión perimetral. Con todo, el conjunto de los componentes estructurales desarrollados forman un nuevo sistema estructural que está basado en un entramado de viga y pilar.

### **Desarrollos recientes en el aislamiento frente a sonidos de impacto en suelos de madera**

PROF. F. HOLTZ, ALEMANIA.

A pesar de los recientes avances del aislamiento acústico de casas de madera, todavía existen deficiencias acústicas en muchos suelos de madera, especialmente respecto al aislamiento del sonido de las pisadas. En este artículo se resume la situación especial de Alemania,

relativa a las exigencias acústicas y la simulación del aislamiento acústico. Se presentan posibles acciones encaminadas a mejorar el comportamiento de los suelos de madera (vigas de madera y tableros laminados) y su eficiencia.

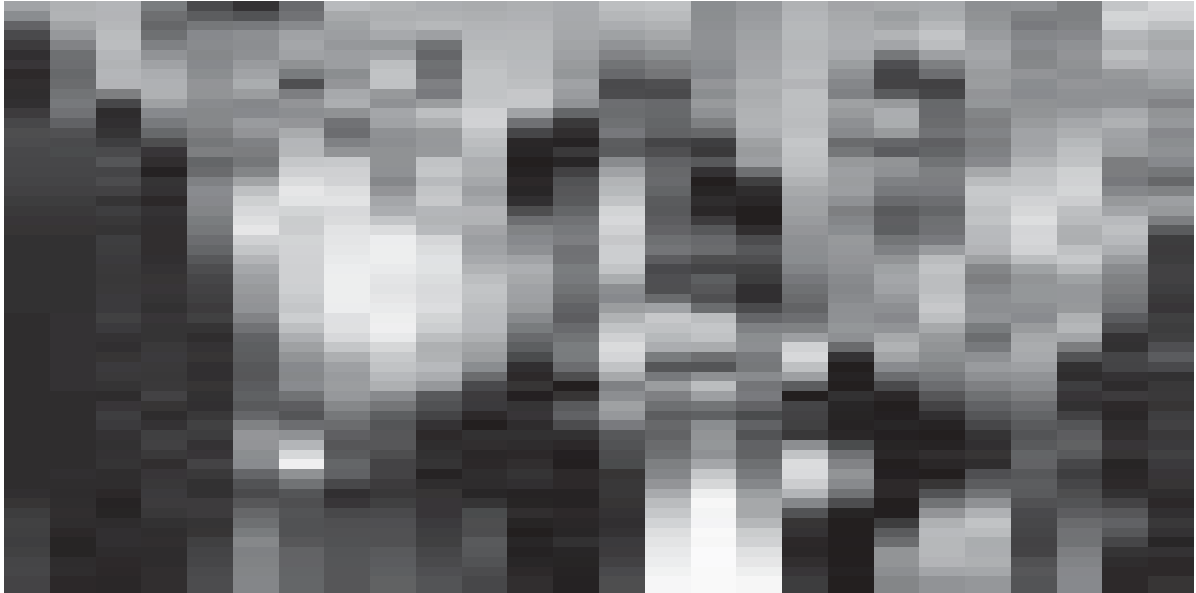
### **Aislamiento acústico de casas de varias alturas. Resumen de resultados finlandeses de insonorización frente a sonidos de impacto**

PEKKA SIPARI / JUHANI PARMANEN, FINLANDIA.

Los problemas relacionados con el aislamiento acústico de las construcciones de madera de varios pisos son muchos más complejos que los relacionados con la seguridad frente a incendio. Evidentemente, una casa de madera puede ser construida de manera que se pueden alcanzar con margen suficiente las exigencias modernas de aislamiento acústico frente a sonido aéreo y de impacto. No obstante, las bajas frecuencias producidas por el sonido de impacto de los pisadas pueden ser audibles o los ocupantes pueden sentirlos como vibraciones no audibles. Todavía se debate sobre cual es la forma adecuada de evaluar las bajas frecuencias y cual de los métodos de medición es más apropiado. No obstante, lo que está claro es que el método de medición ISO no es suficiente en lo que se refiere a suelos de madera ya que los



## ARQUITECTURA



resultados pueden ser erróneos subjetivamente. Por otro lado, esto no quiere decir que el sonido de impacto deba ser medido con más de un método. Por tanto, los métodos existentes deberán ser desarrollados hacia un sólo método que abarque todos los tipos de suelos.

### **Investigación del suelo en el NRC de Canadá**

A.C.C. WARNOCK, CANADÁ.

El laboratorio de acústica del IRC completó recientemente la fase de mediciones de un estudio sobre la transmisión del sonido aéreo y de impacto a través de suelos típicos usados en las construcciones de casas canadienses. Se han construido unos 190 suelos en el laboratorio de acústica del IRC durante un proyecto que ha durado los últimos tres años. Se han construido suelos con diferentes tipos de

viguetas, bases de suelos, falsos techos y sistemas de soporte para el falso techo. Los tipos de viguetas comprenden madera maciza, viguetas con celosía, viguetas en doble T y viguetas metálicas. Se han usado en los huecos fibra de vidrio, de roca y de celulosa. La transmisión del sonido de impacto se ha medido usando tres máquinas de impactar experimentales, una persona caminando y la máquina de impacto normalizada según la norma ISO. El documento resume los resultados obtenidos y debate las posibilidades para una revisión de la prueba de la máquina de impacto y los sistemas de medida.

La principal conclusión de este trabajo es la misma que la encontrada en un proyecto anterior, que no parece necesario abandonar el uso de la máquina de impactos de la norma ISO. Los dos métodos experimentales

basados en la bola de goma proporcionan una buena aproximación a los niveles de ruido producidos por los pasos de una persona. Ofrecen simplicidad de operaciones, mantenimiento nulo y facilidad de transporte, así como un abaratamiento frente a la máquina de impactar. Parece que el método de la bola puede ser una buena elección si no tuviera que competir con la existencia y larga historia de la máquina de golpear. Por tanto la elección conveniente es permanecer con la máquina de golpear pero modificando el procedimiento de ensayo, o introducir una nueva versión, de manera que los niveles sean medidos a 50 Hz y que puedan ser usados uno de los índices numéricos más sencillos utilizados en este trabajo.

El índice ISO ofrece la ventaja de la simplicidad aunque la correlación con el nivel de ruido

producido por los pasos de una persona es levemente inferior que en otros. Con un filtro apropiado, las mediciones de campo podrían llegar a ser sencillas y rápidas. Estas razones probablemente son suficientes para elegir el índice ISO para un nuevo sistema standard de medición.

### **Reunión del Comité de Gestión de la Acción COST E5**

Al finalizar el seminario sobre acústica, se celebró la 8ª reunión del Comité de Gestión en la misma sede de Enterprise Ireland, en Dublín. En esta reunión se recogieron las diversas opiniones de los miembros del Comité respecto al Seminario. El resultado del seminario se juzgaba de gran interés para la acción COST, ya que había supuesto un enfoque nuevo del tema de la



## A R Q U I T E C T U R A

construcción con madera en media altura. Hasta ahora la mayoría de las formas de acercamiento eran simplemente a través de aspectos constructivos y estructurales, con la excepción de la situación de incendio, y los aspectos acústicos representan un tema de vital importancia. El aislamiento acústico y principalmente frente al impacto, constituye el principal problema por resolver en la construcción con madera. En general puede decirse que el aislamiento a ruido aéreo está resuelto excepto en las frecuencias bajas.

Por otro lado, se evidencia la gran dispersión que existe entre las normas y especificaciones de cada país europeo; se hace necesario, e inevitable, la unificación de la normativa. Desde el punto de vista práctico se mencionó la necesidad de contar con una serie de soluciones tipo mejoradas acústicamente para uso del proyectista. En esta línea, en los países nórdicos se publicará un manual para las soluciones a problemas acústicos.

Brigit Ostman, de TRATEK en Suecia, expuso las actividades que realiza el grupo de trabajo sobre "Seguridad frente al incendio" en las cuatro líneas siguientes: análisis de riesgo, fachadas, muros y techos y TF2000 (Proyecto "Entramado 2000). El estudio del Análisis de

Riesgo, consiste en un estudio llevado a cabo por los países nórdicos (Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca) para definir los parámetros de evaluación del riesgo de incendio en la edificación. Se espera tener resultados disponibles en 1999 que podrían llegar a proponerse como modelo europeo. Su finalidad es unificar los criterios para determinar el riesgo de incendio en una edificación, y así establecer medidas de actuación coherentes. En la línea de trabajo sobre Fachadas presentó una tabla comparativa de los diferentes requisitos de los países europeos, donde se manifiesta una gran dispersión. Para continuar su trabajo elaborarán encuestas a los diferentes países con mayor detalle que el estudiado hasta ahora. En relación a la línea de trabajo sobre Muros y Techos se exponen las Euroclases para la reacción al fuego comparándolas con las diferentes clases de reacción al fuego de los países europeos. Y finalmente informó de la participación de los países nórdicos en el proyecto británico Timber Frame 2000 (TF2000), que presenta grandes expectativas pero tiene problemas de financiación.

Uno de los puntos del orden del día consistía en la evaluación de la Acción COST E5 en este momento en el que

ha transcurrido ya la mitad de su duración. La acción se inició el 8.11.95 y terminará el 7.11.2000. En general se observaba que esta acción es más activa y productiva que otras, al considerar el número de Seminarios que se han realizado. Se trató de la difusión de su contenido a través de publicaciones y de una posible página electrónica.

Como resultado de la encuesta realizada por Mr Toratti se distribuyó un documento titulado "Informe sobre actividades y contactos para el COST E5", que recoge una interesante información de cada país relacionada con la construcción con madera. Se expone el estado de la construcción con madera en el país, así como las necesidades de investigación que se consideran de interés y una relación de centros de investigación, universidades y otras instituciones relacionadas con la madera y con la construcción, incluyendo los datos de las personas de contacto.

Se informó de la próxima reunión sobre Estructuras Semipesadas de Madera en Stuttgart en febrero de 1999. Tomi Toratti, del VTT Building Technology de Finlandia, presentó un informe con los resultados de la encuesta realizada a los miembros del Comité que recoge los puntos de contacto de las organizaciones

nacionales de investigación y desarrollo en el campo de la construcción con madera así como sus campos de actividad.

La próxima reunión se celebrará en Delft, Holanda, durante los días 19 a 21 de mayo de 1999. El primer día tendrá lugar un Seminario sobre Los métodos de fabricación, desarrollado en cuatro sesiones: la primera para la intervención de ponentes de Norteamérica y otros países europeos; la segunda sobre las experiencias de construcción en Holanda; la tercera específica de los métodos de fabricación y la cuarta sobre productos integrales (acero-madera, paneles).

Más información:

M.L.R. van der Linden (m.vanderLinden@ctudelft.nl) o J. Van der Kuilen (j.vandeKuilen@bouwtmo.nl).

Hacia septiembre de 1999 se realizará una reunión del Comité de Gestión, probablemente en Ljubljana en Eslovenia. El siguiente seminario tendrá como tema los aspectos arquitectónicos de la construcción en madera de media altura y posiblemente se celebrará en algún lugar del sur de Francia en el año 2000. Existe un grupo de trabajo para dar forma al contenido de este seminario cuyo ponente es Christoph Sigrist de la Escuela de Ingeniería de la Industria de la Madera de Suiza. El español Miguel Angel Rodríguez Nevado, miembro del Comité, forma parte de este grupo de trabajo.