

INSPECCIÓN

de una estructura antigua en la c/San Marcos de Madrid



1. ANTECEDENTES

El 24 de diciembre de 2001, el arquitecto de la empresa encargada de la rehabilitación solicita a AITIM la elaboración de un estudio sobre un edificio de la calle San Marcos de Madrid. El 27 de diciembre se desplazan a la obra dos técnicos de AITIM para realizar una visita previa. Como resultado de dicha visita se detallan las catas que se han de realizar en el edificio para su posterior inspección cuya localización y forma de realización se seña en planos. Una vez realizadas las catas se acuerda la inspección del inmueble el día 17 de enero de 2002.

2. OBJETO DEL INFORME

El objeto de este informe es la inspección de la estructura para identificar y estimar el alcance de los posibles daños de origen biótico sobre la madera. Además se pide una primera estimación de la capacidad resistente de las estructuras que se encuentren en buen esta-

do y de las cuales se pueda recopilar suficiente información, con el objeto de facilitar la toma de decisiones sobre su conservación, refuerzo o sustitución. Partiendo de la información aportada por el solicitante del informe, la estimación de cálculo se lleva a cabo bajo el supuesto de que todos los solados y entrevigados van a ser retirados. La comprobación realizada parte de un supuesto de carga permanente habitual en este tipo de forjados, por lo que el resultado de cálculo será sólo un indicador de la capacidad resistente de las vigas de madera.

Como conclusiones al informe se propondrán algunas medidas de actuación. El alcance del informe depende de las posibilidades de la inspección llevada a cabo, fundamentalmente de la existencia de catas suficientes en número y tamaño no siendo objeto del mismo la definición completa de las medidas de actuación.

3. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio consta de sótano, planta baja, tres plantas y un ático y bajo cubierta. La planta del edificio es irregular. Cabe destacar la presencia de un patio principal central y un segundo patio interior, en el extremo opuesto a la fachada.

Los forjados se encuentran organizados en cinco crujeas, los cuales se numeran del I al V empezando por la crujía paralela a la fachada principal del edificio (fachada a la calle San Marcos).

El patio central, que se encuentra entre la segunda y tercera pasamano, está ocupado y cubierto a la altura de planta baja. El hueco de escaleras ocupa parte de la tercera crujía.

La estructura original de los muros del edificio consiste en entramados de madera y relleno de ladrillo macizo para los muros, aunque en ocasiones esta estructura ha sido parcialmente sustituida con estructura metálica.

La estructura de los forjados estaba formada originalmente por viguetas de madera y un entrevigado con material de relleno diverso que, en ocasiones, se dispone a modo de revoltón. En la actualidad los solados se encuentran bastante alterados respecto a su configuración original, en algunos puntos han sido completamente sustituidas y en la mayoría de los casos han sido recrecidos considerablemente. En algunas zonas del edificio toda la estructura de los forjados ha sido sustituida por estructura metálica con bovedilla cerámica. En algunas zonas se ha colocado una losa de hormigón con mallazo.

La cubierta, que parece haber sido totalmente reconstruida se distribuye vertiendo aguas según la ubicación de fa-



chadas y patios. La estructura, toda ella de madera, está formada por parecillos apoyados en una viga de cumbrera y en los muros de carga exteriores o perimetrales.

3.2. PATOLOGÍA DE ORIGEN BIÓTICO Y ALCANCE DE LOS DAÑOS

Se han localizado daños de origen biótico, fundamentalmente pudriciones, concentrados en las siguientes zonas:

• Sótano, planta baja

Prácticamente toda la estructura del techo del sótano, que constituye el forjado de la planta baja, es metálica. En la zona cercana a la fachada a la calle San Marcos (segunda crujía) se han encontrado restos de una estructura de madera antigua, con ataques intensos por hongos de pudrición e insectos xilófagos de la familia de anóbidos. Esta estructura en la actualidad ya no es funcional en la zona donde ha habido sustitución.

Los únicos elementos de madera localizados en el sótano lo constituyen algunas piezas de la escalera y un pequeño forjado constituido por viguetas y entablado. En la escalera existe un cargadero de dimensiones 200 x 275 mm en el que se ha medido un contenido de humedad de 16,3 %.

• Planta primera

En el forjado de madera de la primera crujía aparecen pudriciones superficiales en los apoyos de la vigueta sobre el muro de fachada. En una zona del mismo se ha detectado un ataque puntual de termitas (apoyo de las viguetas sobre el muro de fachada al patio central) localizado e inactivo en la actualidad.

No se ha podido inspeccionar el forjado de la segunda crujía, en el que parece probable que la disposición de las viguetas sea paralela a la fachada del patio.

El apoyo de las viguetas de la tercera crujía que tiene lugar sobre el muro del patio presenta signos de pudrición, aunque aparentemente la madera se encuentra seca. La intensidad de este ataque y su extensión no se pueden determinar debido al pequeño tamaño de la cata.

En la inspección de los forjados de crujías IV y V sólo se ha encontrado estructura metálica.

• Planta segunda

La estructura del forjado de la primera crujía ha sido parcialmente sustituida por viguetas metálicas. En las catas inspeccionadas las cabezas de las vigas se encuentran aparentemente en buen estado.

En la segunda crujía una pequeña cata permite ver una viga de madera paralela a la fachada del patio que se encuentra en buen estado, aunque no han podido ser inspeccionadas las zonas de apoyo.

En el apoyo de las viguetas de la tercera crujía sobre el muro del patio aparecen daños intensos por pudrición que llegan a destruir completamente la sección resistente. En esta zona existen algunos elementos metálicos cuya intención debió ser la de reforzar la zona deteriorada, aunque en la actualidad no son eficaces.

En la cuarta crujía se ha inspeccionado una parte del forjado de madera que se encuentra en aparente buen estado de conservación. En esta zona las viguetas tienen dimensiones medias de 125 x 145 mm, con una separación entre ejes de 280 mm. Otra zona de este forjado está formada por viguetas metálicas. En toda la crujía existe una losa de hormigón con mallazo.

La quinta crujía está completamente reconstruida con estructura metálica.

• Planta tercera

Los apoyos de las viguetas del forjado de la primera crujía sobre el muro de fachada se encuentran en relativo buen estado, con algunas pudriciones localizadas que sólo son superficiales. Sin embargo, en el apoyo sobre el muro interior las pudriciones llegan a ser intensas en algunas zonas. En una zona de este forjado se han tomado medidas de las piezas, con secciones medias de 120 x 150 mm y separación entre ejes de 320 mm.

En la segunda crujía aparecen pudriciones en elementos del entramado de madera del muro más cercano a la fachada, afectando también a las viguetas del forjado.

En la tercera crujía existen pudriciones importantes en el forjado que apoya sobre el muro del patio.

En la cuarta crujía existe una zona en la que las viguetas de madera han sido sustituidas por estructura metálica. En el muro que la separa de la crujía ante-



rior aparecen sustituciones parciales de la estructura de madera, conformando en la actualidad una estructura mixta de madera y acero. Las viguetas de madera que han podido ser inspeccionadas se encuentran en buen estado, aunque localmente aparece alguna vigueta con pudrición cúbica que afecta hasta unos 30 mm de profundidad. En una zona del forjado en la que las viguetas se encuentran en buen estado, las dimensiones medias son 130 x 150 mm cada 305 mm.

• Ático

En la primera crujía el forjado se encuentra en bastante mal estado por pudriciones en las cabezas de las viguetas y el durmiente, así como en otros elementos del entramado del muro de fachada. También existen pudriciones en los apoyos de algunas viguetas sobre el muro interior de la crujía. En esta zona las dimensiones medias de las vigas son 120 x 120 mm cada 280 mm.

En la cuarta crujía existe una parte del forjado que ha sido sustituido por estructura metálica, pero la parte que se conserva de madera parece encontrarse en buen estado, como mucho aparecen indicios de pudrición superficial de poca importancia. Las dimensiones medias de las viguetas en esa zona son 130 x 138 mm, con una separación entre ejes de 273 mm.

• Cubierta y bajo cubierta

El bajo cubierta está formado por una estructura ligera cuya única función es

la de soporte de un falso techo. La estructura en general parece encontrarse en buen estado.

4. PERITACIÓN ESTRUCTURAL

Hay que destacar que está previsto el vaciado completo de los solados y entrevigados en todo el edificio, dejando vista la estructura de madera. También está previsto el vaciado de la parte de la tercera crujía entre el patio y el hueco de escaleras para albergar la caja del futuro ascensor, por lo que dicho forjado no ha sido comprobado.

4.1. BASES DE CÁLCULO

La peritación llevada a cabo se basa en las siguientes condiciones:

• Normativa

El cálculo se lleva a cabo con la norma UNE EN 1995 Eurocódigo 5, Proyecto de Estructuras de Madera.

• Acciones

Las acciones a considerar en el cálculo tienen en cuenta una situación de carga que puede considerarse normal en un edificio de este tipo, suficiente para valorar el estado de agotamiento de la estructura actual. Una configuración de cargas diferente debe comprobarse aparte. Estas acciones son las siguientes:

- Carga permanente: incluye el peso propio y los materiales que formen el solado y el forjado en el estado refor-



mado. Duración permanente.
 - Sobrecarga de uso: 200 kp/m². Duración media.
 - Tabiquería: 100 kp/m². Duración permanente.

Las combinaciones de acciones tienen en cuenta las posibilidades más desfavorables para la estructura.

• Clase Resistente

La determinación de la clase resistente mediante la aplicación de la norma UNE 56.544 no es posible por no estar visibles las cuatro caras de las vigas de madera. No obstante, por la experiencia de otros trabajos anteriores en la mayoría de los casos estudiados las propiedades resistentes de la madera se corresponden con las de una clase resistente C18. Esta aproximación, si es posible, debe ser contrastada con el resultado de futuras inspecciones si se procede a vaciar los forjados hasta dejar la madera vista.

• Clase de servicio

La clase de servicio considerada en el cálculo es la 1, correspondiente a una situación de interior en la que el contenido de humedad de equilibrio higroscópico de la madera no supera el 12 %.

• Geometría de la estructura

La geometría de la estructura han sido tomada del levantamiento de planos realizado por el solicitante del informe. Las secciones de cálculo son las seccio-

nes medias de las piezas en estado sano o con daños de poca importancia, sin tener en cuenta la pérdida de sección que suponen los daños de origen biótico.

4.2. RESULTADOS DE CÁLCULO

A continuación se resumen los resultados del cálculo realizado a partir de los datos disponibles. En la tabla que se acompaña a continuación quedan recogidos los datos relativos a los forjados comprobados, su geometría y los resultados de cálculo (índice de agotamiento por tensiones y deformaciones).

El nivel de agotamiento de la estructura de madera se expresa como un índice en relación a la unidad, de tal manera que un valor de 0,75 indicaría un nivel de agotamiento del 75 % o, lo que es lo mismo, que la estructura se encuentra al 75 % de su capacidad según la norma. Un índice superior a la unidad indica un nivel de tensiones superior a lo admisible.

Las deformaciones se expresan como valor máximo de flecha, incluida la fluencia, y referida a la proporción sobre la luz de cálculo del forjado.

El resumen de resultados figura en la tabla siguiente.

Planta	Crujía	Sección	Separación (mm)	Luz (mm)	Índice (m)	Flecha (cm)	Relación
2	IV	125 x 145	280	4,16	0,790	2,41	I / 171
3	I	120 x 150	320	4,38	0,970	3,15	I / 138
3	IV	130 x 150	305	4,40	0,876	2,88	I / 152
Ático	I	120 x 120	280	4,40	1,272	5,45	I / 80
Ático	IV	130 x 138	273	4,15	0,805	2,60	I / 159

Como conclusiones a esta peritación cabe destacar que el nivel de agotamiento por tensión en la mayoría de los forjados comprobados es aceptable, aunque relativamente alto, y que sólo en el forjado del ático correspondiente a la primera crujía sobrepasa los niveles de agotamiento recomendados por la norma. En concreto se encuentra a un 27 % por encima de dicha recomendación. En cuanto a las deformaciones en todos los forjados se producen deformaciones superiores a las recomendadas por la norma, especialmente en el mismo forjado de la primera crujía del ático. Por tanto, puede concluirse que los forjados no cumplirán las especificaciones de flecha recomendadas en la norma (I / 200 a I / 300).

5. CONCLUSIONES

• Patología de origen biótico

Desde el punto de vista de la patología de origen biótico los ataques se encuentran repartidos de manera irregular en todo el edificio. La mayoría de los daños se deben a hongos de pudrición y se encuentran asociados a lugares donde se ha producido una acumulación persistente de humedad. Este es el caso de la cercanía a los aleros de la cubierta en la fachada principal y en la del patio, en la primera crujía, o en algunos puntos de la misma fachada principal, normalmente bajo los balcones. En algunos de estos casos los daños son importantes, llegando a destruir completamente la sección de madera, pero en otros casos los daños son ligeros.

Otra zona donde los daños son intensos y repetidos en todas las plantas se corresponde con el forjado de la tercera crujía que se sitúa entre la escalera y el patio central.

En las plantas primera y segunda ha existido un hostal en el que cada habitación contaba con un lavabo. Como consecuencia se han producido constantes aportes de humedad a la estructura que han dado lugar a pudriciones de diversa consideración en diversos puntos de los forjados.

• Peritación estructural

En cuanto a los niveles de tensión que los forjados pueden alcanzar una vez retirados todos los solados y los rellenos de los entrevigados es, en la mayoría de los casos estudiados, admisible según la norma aunque cercanos al agotamiento. Sólo en uno de los casos se alcanzarían tensiones superiores a lo recomendado por la norma.

Las deformaciones alcanzadas en la mayoría de los forjados son superiores a lo recomendado por la norma. Por todo ello será necesario efectuar algún tipo de refuerzo capaz de disminuir las deformaciones de la estructura y reducir los niveles de agotamiento en los forjados donde no sea admisible.

6. RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN

• Ampliación de la toma de datos

Dado que entre las actuaciones previstas se encuentran la de vaciar todos los solados y entrevigados, la primera recomendación es que la propia dirección de obra inspeccione la estructura completa una vez quede vista. Con los resultados de esta inspección se puede afrontar la toma de decisiones sobre a conveniencia de sustitución de las piezas dañadas u otras medidas.

Las observaciones más detalladas se deben realizar en las zonas donde han existido instalaciones de agua que hayan podido fallar, como sucede en las griferías y demás instalaciones de agua de las distintas habitaciones de las plantas primera y segunda, antiguo hostel, y en cualquier otra zona donde se hayan podido producir aportes de humedad a los muros o a la madera.

• Sustitución

Las viguetas de forjados dañadas por pudriciones o insectos deben ser sustituidas. Como material para sustitución parcial o total de la estructura de los forjados se puede plantear la utilización de madera de similares características a

la encontrada en la estructura actual u otros productos derivados de la madera para uso estructural.

En el caso de los muros donde algunas piezas se encuentren dañadas puede plantarse la sustitución de dichas piezas o el retacado de los muros con algún mortero o material que aporte la continuidad necesaria. En principio sería necesaria la sustitución de las piezas señaladas con daños intensos en el anexo de resultado de la inspección.

• Refuerzo

En cuanto a la necesidad de refuerzo, corresponde a la dirección facultativa decidir sobre la conveniencia de un recálculo detallado de los forjados en función de un estado de cargas más cercano al definido en el estado reformado, según el proyecto de rehabilitación, y teniendo en cuenta el resultado de una inspección más detallada una vez quede la estructura al descubierto.

Con los datos resultantes de la estimación realizada, dentro del alcance de este informe, se recomienda el refuerzo de los forjados cuyos estado de conservación sea correcto pero cuyos niveles de agotamiento o deformaciones no sean aceptables según la norma.

Las soluciones de refuerzo pueden consistir en la disposición de forjados mixtos colaborantes de madera y hormigón, mediante algún sistema de fijación que garantice la transmisión de rasantes. Para estas operaciones será necesario el apeo previo de las viguetas de los forjados mediante dos o más sopandas para evitar las deformaciones iniciales debidas al peso muerto del hormigón fresco y para garantizar la correcta entrada en carga del conjunto una vez finalizado el curado. Por otro lado, este tipo de soluciones requiere un correcto diseño del encuentro del forjado reforzado con los muros de carga, sobre una superficie de apoyo saneada y estable.

Respecto a las soluciones mixtas de forjados colaborantes de madera y hormigón, cabe mencionar que la bibliografía consultada cita un aumento de capacidad de carga del orden del 40 al 50 % y un aumento de la rigidez del orden del 100 %, según el método de cálculo descrito en el Eurocódigo 5, aunque estos datos son muy variables en función del tipo y número de conectores utilizados, espesor y tipo de la capa de hormigón,

dimensiones y estado de conservación de las piezas de madera y, sin ser menos importante, del nivel de cuidado en la ejecución.

Otras alternativas consisten en intercalar nuevas viguetas entre las actuales, aunque el entrevigado actual es escaso y puede dificultar la colocación de nuevos elementos, sobre todo en cuanto a la perforación del muro para permitir su apoyo. También se pueden reforzar las piezas actuales aumentando sus secciones resistentes. Para cualquiera de estas dos soluciones se puede emplear madera o productos derivados para uso estructural (laminado, microlaminados, etc.). En estos casos se suele recomendar la construcción de solados ligeros a base de tablero y sistemas de aislamiento térmico y acústico complementarios.

• Protección preventiva

Como recomendación general todas las maderas en obra deberán ser tratadas mediante aplicación superficial, de un producto con propiedades fungicidas e insecticidas con eficacia suficientemente reconocida. La aplicación, en caso de realizarse, debe hacerse sobre todas las superficies de madera donde sea posible, mediante pincelado o pulverizado. Conviene recordar que la mayoría de las medidas preventivas que se pueden y se deben tomar para garantizar la durabilidad de la madera son de tipo constructivo. Al tratarse de una rehabilitación integral es de suponer que quedarán correctamente resueltas las impermeabilizaciones de las cubiertas y canalizaciones, los espacios deben quedar convenientemente ventilados, las instalaciones han de funcionar correctamente y no se producirán aportes de humedad directos o indirectos sobre la madera. Estas y cualquier otra medida encaminada a mantener la madera seca se consideran indispensables para garantizar la durabilidad de la madera en todo tipo de obras 