

Aplicación de la técnica de los ultrasonidos en la evaluación del estado de la madera. El Palacio de los Marqueses de la Algaba de Sevilla

INTRODUCCIÓN

La madera aparece como elemento constituyente de las estructuras de forjados y cubiertas de la mayoría de los edificios que se construyeron antes del siglo XX. Es frecuente en los trabajos de rehabilitación y restauración de estos edificios históricos tener que determinar el estado de conservación de las vigas de forjados de madera para determinar el alcance del tratamiento a realizar. También es necesario obtener la capacidad resistente de la madera en relación a las cargas a las que está o va a estar sometida, todo ello para establecer la necesidad de una sustitución de elementos, además de fijar las sobrecargas admisibles en caso de un cambio de uso.

Los trabajos de investigación que hemos realizado nos demuestran que una técnica adecuada de evaluación del estado de la madera en obras de rehabilitación es la de los ultrasonidos¹. En este artículo exponemos la evaluación mediante esta técnica de un artesonado del siglo XV en el Palacio de los Marqueses de la Algaba de Sevilla.

EL EDIFICIO

Este palacio está situado en el casco histórico de Sevilla en la antigua collación de Omnium Sanctorum, junto a la iglesia del mismo nombre y al mercado de la calle Feria, dando sus fachadas a la plaza de Calderón de la Barca y a la calle Arrayán.

La edificación tiene dos plantas con fachada en esquina a dos calles y medianera en el resto del edificio.

El origen de este palacio está en 1440 cuando D. Juan de Guzmán y Torres se constituye en "Primer Señor de la Algaba" al adquirir esta propiedad y otras posesiones.

Coetáneo con la Casa de Pilatos, con el Palacio de las Dueñas y con la Casa de los Pinelo² tiene abundantes similitudes en sus elementos constructivos y decorativos con estos edificios. Todo ello nos permite deducir en algunos casos cómo sería en su esplendor, ya que actualmente sólo quedan unos pocos elementos que han sobrevivido a los distintos destinos de la edificación.

La planta del palacio es de forma trapezoidal y la construcción se organiza en torno a un patio porticado y al jardín del fondo (fig. 1). Hoy día parte de este jardín trasero ha pasado a ser patio privado de unos bloques de viviendas de moderna construcción (calle Arrayán, 9 y 11). El patio ejercía como organizador de las principales habitaciones aunque actualmente las galerías de dicho patio de gran riqueza en mármoles se han perdido totalmente como consecuencia de los expolios sufridos a lo largo de la historia, como comenta González de León.³

La fachada principal tiene dos entradas correspondientes a distintas épocas, la primitiva bajo una portada gótico mudéjar y otra de época renacentista (s. XVI) más centrada en la fachada (fotografía 1). Así mismo hay varias entradas auxiliares menores en el costado de la calle Arrayán.

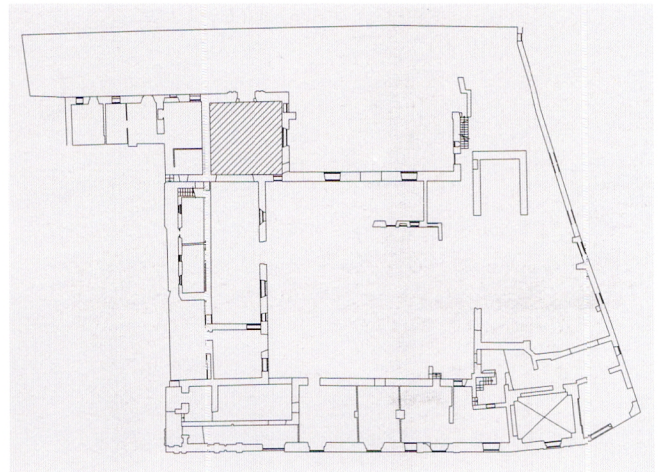
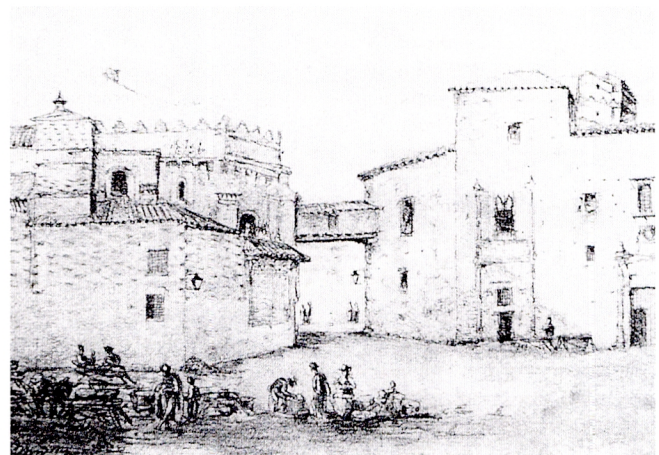


Fig. 1. Planta del Palacio, estado actual (Cortesía de la GMU de Sevilla)



Fotografía 1. El Palacio de los Marqueses de la Algaba según Ford

Estado de la edificación

Este edificio ha sido objeto de numerosas modificaciones a lo largo del tiempo, desde su construcción en 1440 hasta nuestros días. Lamentablemente en la actualidad se halla en un estado ruinoso, pero de las trazas de su planta y por los pocos restos que aún perviven podemos suponer que fue en su época un edificio notable.

De la primitiva edificación quedan los muros de fachada, cerramiento de las naves principales y el torreón de uno de los ángulos del patio. Dentro de estas estructuras de cerramiento se conservan algunas vigas de madera de los artesonados que fueron los techos de la planta baja, restos de frisos de arcos decorativos y algunos restos

¹ Rodríguez Liñán et al. "Evaluación del estado de la madera en obras de rehabilitación y determinación de parámetros resistentes". *Informes de la Construcción* Vol. 47. Nº 440. Madrid, Nov/Dic 1995 pp. 5-22

² Gestoso, J. *Sevilla Monumental y Artística*. Tomo III. Sevilla 1892. pp. 40-42

³ González de León. *Noticia Artística de Sevilla*. Sevilla 1844. pp. 44-45

de estructuras de actuaciones posteriores que supusieron un cambio de uso. Sólo se conserva íntegro el artesanado del salón de planta baja que se ubica bajo el torreón. De las cubiertas quedan restos del par que constituía la estructura de la nave con fachada al exterior.

En otras construcciones adyacentes a este núcleo y con fachada al jardín de fondo se conservan hermosos forros de madera (fotografía 2) a modo de falsos artesanados que ocultan estructuras toscas de rollizos de madera; tirantes en techo de planta baja, par y nudillo en cubierta. El conocimiento de los palacios sevillanos coetáneos a éste como es el de Pilatos, nos hace plantear la hipótesis de que algunos de estos forros han sido trasladados de otras zonas del palacio, concretamente de los techos de las galerías del patio que han desaparecido.



Fotografía 2. Forros de madera a modo de falsos artesanados

Estructura de los techos

En cuanto a los forjados o techos de alfarje del edificio, por los restos que se conservan, podemos suponer cómo era la rica decoración y ornamentación de la estructura de madera del palacio. En el trabajo realizado nos hemos centrado en el único que se conserva completo y sobre el que hemos efectuado una evaluación y diagnóstico y que será el que describimos a continuación.

Artesonado de la sala bajo el torreón

Este artesanado constituye el techo de una sala de planta trapezoidal aunque con intención de ser cuadrada; su base tiene unas dimensiones de 8,40 x 8,34 m, siendo la altura de suelo techo de 8,34 m. Las vigas salvan una luz de 8,34 m. que corresponden a una medida exacta de 30 pies castellanos (fig. 2).

El cerramiento es de muros de fábrica de ladrillo y tapial de argamasa, de 2 1/2 pies, con espesor total de 80 cm (ladrillo de 14 x 28).

Se trata de una techumbre de estructura plana con vigas vistas. Posee un primer orden de 8 vigas principales que subdividen el espacio en nueve franjas de iguales dimensiones. No existe viga paredaña. Estas jácenas salvan una luz de 8,34 m y están apoyadas sobre unos canes de 85 cm de vuelo. Circundando el espacio entre los canes y las vigas se dispone un arrocabe. Perpendicularmente a las jácenas existen unas solivas que constituyen el segundo orden. Tapando los huecos que quedan entre solivas se colocan las tabicas.

La madera utilizada para las jácenas es el Pino Flandes (*Pinus Sylvestris*), madera que se adquiría en Cádiz y Sanlúcar de Barrameda y era traída a Sevilla por el río hasta el Arenal. Para escuadrías menores se solía utilizar otro pino silvestre, el Pino Segura, que se adquiría en Badajoz, Úbeda o Villar y también se transportaba a través del río hasta la ciudad.

Aspectos constructivos

Sobre el muro preparado para recibir el forjado se embuten a una distancia de una vara uno de otro y con una longitud de pie y medio, unos maderos llamados nudillos. Sobre ellos se clava la solera, madera de un pie de ancho y que corre longitudinalmente alrededor del muro. Con base en la solera y empotrados en el muro se sitúan los canes donde apoyan las jácenas del forjado (fig. 3).

El despiece de la viga principal está realizado mediante corte al hilo. La escuadría de la viga es $h/b = 1,5$. La relación lleno/vacío es $b/3,5 b$. Las uniones de unas vigas con otras se realizan apoyadas y clavadas como es propio de la época.

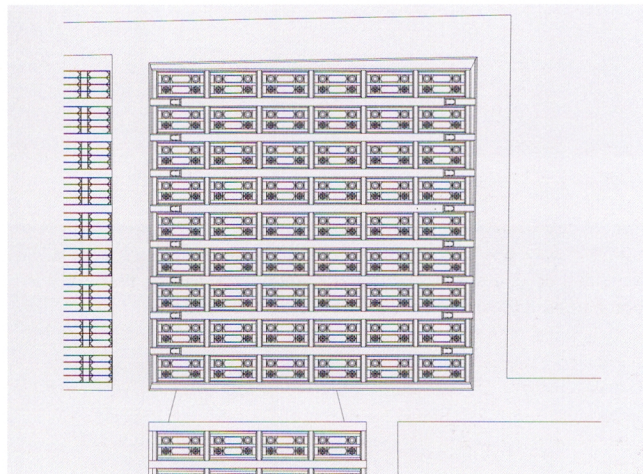


Fig. 2. Planta de techos del artesanado estudiado

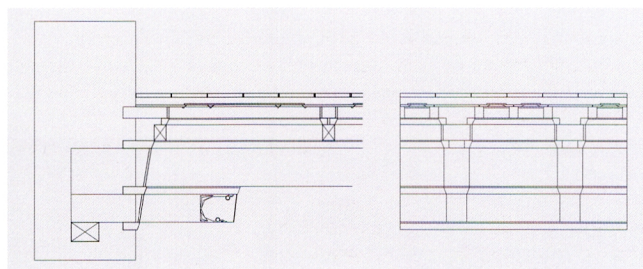


Fig. 3. Secciones del artesanado estudiado

Decoración del artesanado

Todo este techo aparece policromado con motivos renacentistas: florales, de fauna fantástica y temas heráldicos (fotografías 3 4 y 5. Artesonado y decoración). Frecuentemente en el s. XVI figuraban como motivos ornamentales de casas y palacios los escudos de armas del matrimonio que ostentaba un título nobiliario. Hay numerosos ejemplos de techos planos de alfarje policromados de esta época en España, sobre todo en el que fue antiguo Reino de Aragón (Cataluña Valencia y Navarra)⁴.

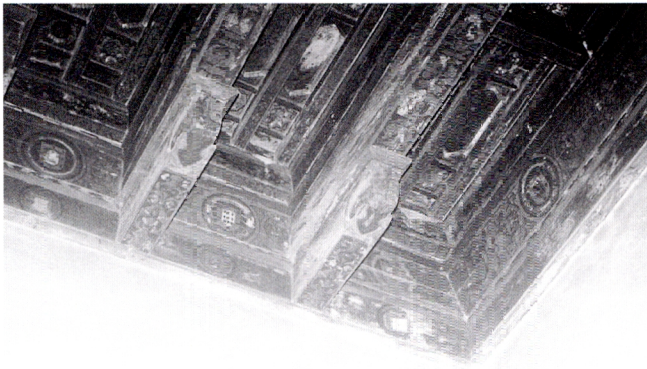
Es a través de los escudos heráldicos como se ha podido fechar la decoración del artesanado y también podríamos afirmar que ésta coincide con la fecha de construcción del mismo, ya que la estructura fue pintada y posteriormente colocada; como hemos podido comprobar, ya que existen partes pintadas ocultas en los solapes de unas piezas con otras.

En la decoración pictórica aparecen alternados los escudos de armas de los Guzmanes (fig. 4) conjuntamente con el escudo de los Acuña, tras estudiar la línea genealógica de los Marqueses de la

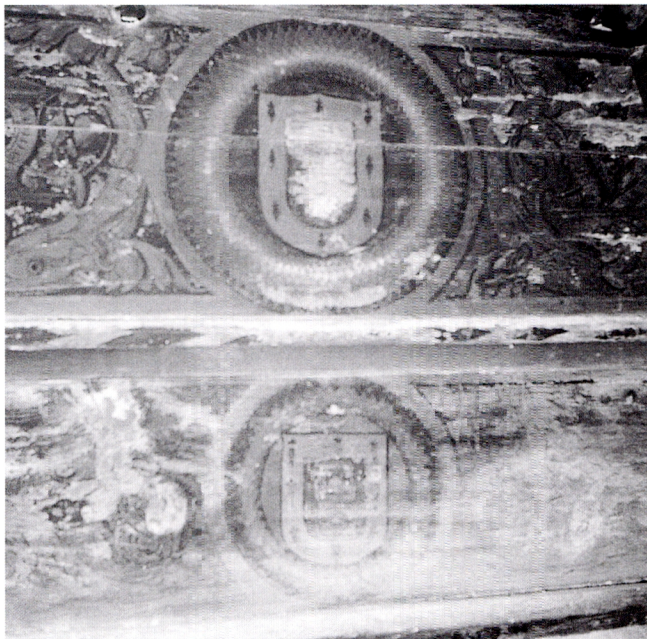
Algaba⁵ se deduce que corresponden el matrimonio de D. Rodrigo de Guzmán y Ponce de León y Doña Leonor de Acuña y Enríquez, terceros Señores de la Algaba⁶.



Fotografía 3. Detalle del artesanado estudiado



Fotografía 4. Detalle del artesanado estudiado



Fotografía 5. Arrocabe decorado con motivos heráldicos

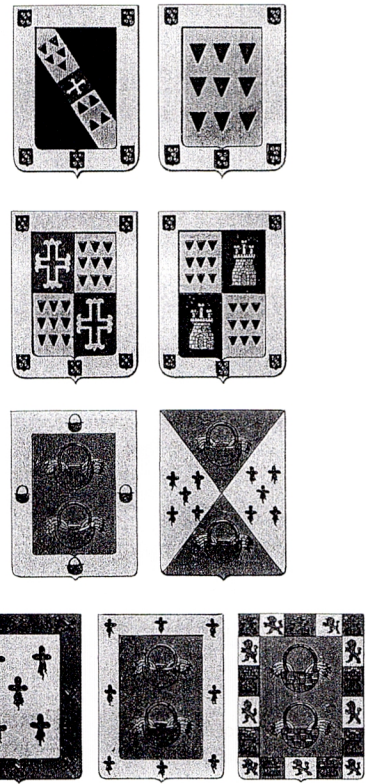


Fig. 4. Escudos de Guzmán y Acuña

MÉTODO DE ENSAYO

La aplicación realizada para el estudio del estado del artesanado tiene como antecedente un importante trabajo de investigación⁷. Una gran parte de este trabajo se ha desarrollado en laboratorio trabajando sobre madera del mismo tipo de la que estudiamos. Estos estudios permiten abordar los trabajos in situ con un conocimiento adecuado de las características resistentes de la madera en relación a la técnica de ensayo realizada. El objetivo de la investigación ha sido desarrollar una metodología experimental mediante técnicas no destructivas (ultrasonidos y determinaciones de humedad), que aplicada a estructuras de madera nos permitan determinar estados de deterioro o pudrición y estimaciones de resistencia. El objetivo último y conclusión de la aplicación es determinar la necesidad de sustituir, sanear o reparar dicha estructura en la rehabilitación.

En resumen, la metodología se basa en lo siguiente:

- 1 Toma de datos, inspección visual de los elementos.
- 2 Medidas de transmisión de ultrasonidos en sentido transversal a la viga según un programa de ensayo en secciones de las vigas.
- 3 Medidas y determinaciones de humedad.
- 4 Corrección de las medidas de velocidades de transmisión para que estén referidas a idénticos valores de humedad y posición de la fibra.
- 5 La estimación del deterioro se realiza teniendo como base los datos obtenidos en laboratorio para el mismo tipo de madera estudiada que relacionan velocidad de transmisión con pérdidas de densidad de la madera.

Con el fin de tener una herramienta que ordene y opere con los datos que se obtienen in situ, se ha realizado un programa de ordenador. Éste trabaja bajo entorno Windows, apoyándose en ficheros

⁵ Hay que señalar que el Marquesado de la Algaba nombre por el que se conoce la casa, fue título concedido por Felipe II en 1500 al quinto Señor de la Algaba.

⁶ García Carrafa, A. y A. *Diccionario heráldico y genealógico de apellidos españoles y americanos*. Salamanca 1933

⁷ La investigación que da origen a este trabajo está contenida en la tesis doctoral de P. Rubio de Hita (Dto. Construcciones Arquitectónicas I, E.T.S. Arquitectura, Universidad de Sevilla)

de datos gráficos DXF, generados por cualquier programa de C.A.D.

La salida de resultados puede ser gráfica o tabulada. Las salidas gráficas, mediante un código de texturas, presentan diferentes "mapas" por forjado estudiado, que aportan una información visual de los siguientes aspectos: humedad, deterioro o pudrición, sobrecargas máximas y tensiones básicas.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

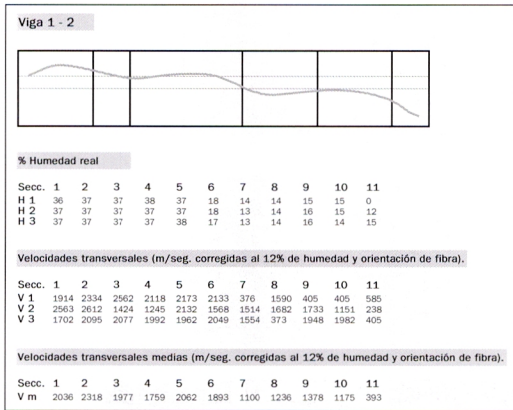


Fig. 5. Viga 1-2, resultados de los ensayos

En este caso, el estudio pormenorizado (según la metodología expuesta) viga a viga del artesonado (fig. 5) nos permite establecer:

- 1ª La humedad de la madera está comprendida en el 65% del forjado entre un 12% y 28%, en el resto puede llegar hasta el 50% (fig. 6).
- 2ª Las vigas presentan deterioro debido a la acción de hongos de pudrición parda o cúbica y por la acción de organismos xilófagos de ciclo larvario. También existen en algunos casos fendas longitudinales.
- 3ª Que la madera de estas vigas según el rango de velocidades obtenidos esta deteriorada por la acción de los agentes bióticos ya citados. Este deterioro corresponde con pérdidas de densidad comprendidas entre 35% y 20% (fig. 7. Mapa de deterioro).
- 4ª El estado de tensiones básicas de tracción es el que se representa en la fig. 8.
- 5ª Del estado de tensiones básicas y de las características de peso propio del forjado se deducen las sobrecargas máximas (Fig. 9).

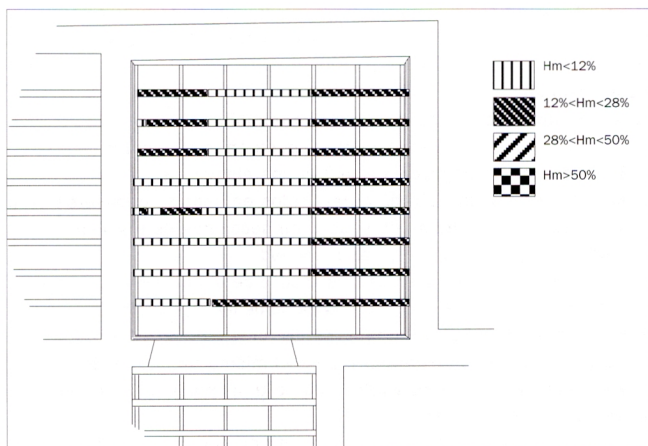


Fig. 6. Mapa de contenido de humedad

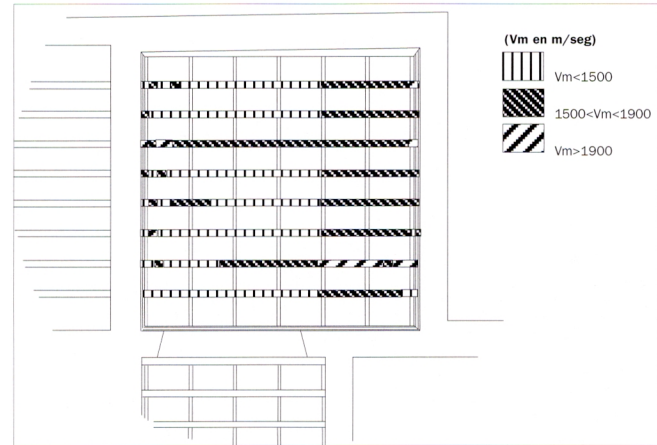


Fig. 7. Mapa de deterioro y alteraciones de densidad

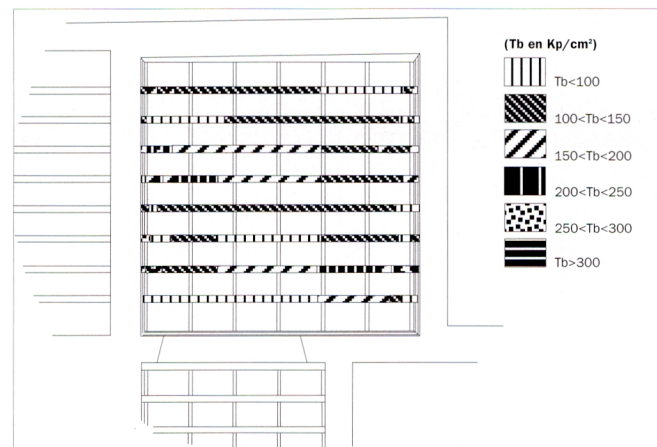


Fig. 8. Mapa de tensiones básicas

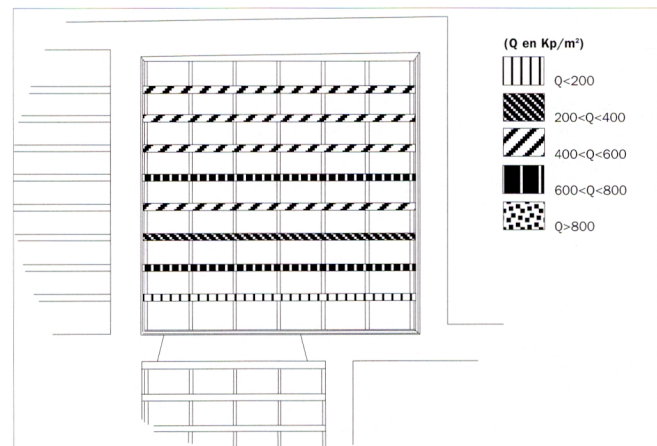


Fig. 9. Mapa de cargas máximas

Como conclusión podemos estimar la sobrecarga máxima para la reutilización de este artesonado, que en este caso corresponde a 200 Kp/m².

Independientemente de su posible utilización para ese rango de sobrecargas, habrá que someter al conjunto de las vigas del forjado a un tratamiento curativo y preventivo para eliminar los agentes xilófagos causantes del deterioro.