



Patronato de la Alhambra y Generalife
CONSEJERÍA DE CULTURA

La presente colección bibliográfica digital está sujeta a la legislación española sobre propiedad intelectual.

De acuerdo con lo establecido en la legislación vigente su utilización será exclusivamente con fines de estudio e investigación científica; en consecuencia, no podrán ser objeto de utilización colectiva ni lucrativa ni ser depositada en centros públicos que la destinen a otros fines.

En las citas o referencias a los fondos incluidos en la investigación deberá mencionarse que los mismos proceden de la Biblioteca del Patronato de la Alhambra y Generalife y, además, hacer mención expresa del enlace permanente en Internet.

El investigador que utilice los citados fondos está obligado a hacer donación de un ejemplar a la Biblioteca del Patronato de la Alhambra y Generalife del estudio o trabajo de investigación realizado.

This bibliographic digital collection is subject to Spanish intellectual property Law. In accordance with current legislation, its use is solely for purposes of study and scientific research. Collective use, profit, and deposit of the materials in public centers intended for non-academic or study purposes is expressly prohibited.

Excerpts and references should be cited as being from the Library of the Patronato of the Alhambra and Generalife, and a stable URL should be included in the citation.

We kindly request that a copy of any publications resulting from said research be donated to the Library of the Patronato of the Alhambra and Generalife for the use of future students and researchers.

Biblioteca del Patronato de la Alhambra y Generalife
C / Real de la Alhambra S/N. Edificio Fuente Peña
18009 GRANADA (ESPAÑA)
Tel. (+ 34) 958 027 944
(+ 34) 958 027 945
Fax. (+34) 958 210 235
biblioteca.pag@juntadeandalucia.es

ESTUDIO DE LOS MATERIALES Y DE LAS FABRICAS DE LA TORRE DE COMARES DE LA ALHAMBRA

T. GONZALEZ LIMON* / M. ALVAREZ DE BUERGO B.* / A. DE LAS CASAS GOMEZ**

El estudio de los materiales y las fábricas de la Torre de Comares de la Alhambra, en Granada, ha sido realizado por el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), dentro del marco de actuación: "Caracterización geotécnica de las condiciones de cimentación del conjunto monumental de la Alhambra y Generalife" coordinado por el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX.

El objetivo principal del trabajo es caracterizar mecánicamente los materiales que componen la Torre de Comares, así como su ubicación, con el fin de proporcionar los datos necesarios para el estudio del comportamiento tanto estático como dinámico de la misma. Como complemento a este estudio también se ha llevado a cabo la caracterización física de los principales materiales de construcción de la Torre.

La Torre de Comares es uno de los elementos más relevantes de todo el conjunto de la Alhambra. Las dimensiones de la Torre en planta son 16'40 x 18'80 m. Los muros, de aproximadamente 3 m de espesor, son de fábrica de tapial en la mayoría de los casos, exceptuando zonas puntuales en las que existe fábrica de ladrillo.

CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

Se han caracterizado los distintos materiales que constituyen las fábricas de la Torre: tapial de cimentación, tapial de la estructura, y fábrica de ladrillo. En las muestras de tapial de la cimentación se han concretado los correspondientes ensayos físicos y mecánicos, y en el tapial de la estructura los ensayos

mecánicos. También se han realizado ensayos físicos y mecánicos en el ladrillo.

TAPIAL

Frente a otros materiales de uso difundido en construcción, la tierra presenta un vacío en cuanto a normativas que permitan su caracterización y su comprobación. Solamente algunos países han puesto a punto ensayos sobre ciertos tipos específicos de uso de este material. Estas normas ofrecen los valores mínimos de resistencia y la durabilidad del material permitiendo asegurar las garantías necesarias en un esquema de producción controlada.

Así, en EE.UU. existen los siguientes ensayos normalizados para construcción en adobe estabilizado: ensayo de compresión, resistencia a la flexión, absorción, erosión y ciclos de humedad-sequedad (ASTM D 559-44 Y D 560-44).

Otra serie de normas y recomendaciones existentes son: UBC-1958; REEF-CSTB; recomendaciones de la O.N.U. y las recomendaciones para el adobe estabilizado de Perú.

El presente estudio de las características mecánicas y físicas se aborda con métodos similares a los empleados para el hormigón u otros materiales de construcción: norma española UNE, recomendación italiana NORMAL, norma americana ASTM.

Caracterización física

El tapial de la Alhambra presenta características muy similares a la denominada "formación Alhambra", terreno sobre el que se asienta. Dicha formación está compuesta de una matriz arcillosa con inclusiones de cal de diverso tamaño, así como zonas en las que existe una mayor concentración de arcilla; en

cuanto a los áridos, silíceos y calizos, son de forma redondeada y de gran variedad de tamaños, siendo menor el tamaño de árido del tapial que constituye la estructura que en el de la cimentación.

Para la caracterización física del tapial se ha determinado la densidad aparente, la distribución porosimétrica y la capilaridad.

Los ensayos de densidad y distribución porosimétrica nos permiten conocer la proporción de huecos o poros, así como la distribución del tamaño de los mismos.

El ensayo de capilaridad determina la capacidad del material para absorber agua. Hay que tener en cuenta que el agua es un factor muy importante debido a que es la principal causa de deterioro, provocando la pérdida de cohesión de la fábrica y la separación de los áridos de la matriz arcillosa, lo que finalmente conduce a la reducción en el espesor del muro. Por ello suele ser normal, para evitar este fenómeno en este tipo de construcciones, que se realice un zócalo de piedra o fábrica de ladrillo, lo cual no ocurre en esta Torre, siendo frecuente el tener que reparar los morteros de revestimiento exterior cercanos al terreno.

La DENSIDAD APARENTE se determinó en doce probetas antes de refrentarlas, siguiendo la norma UNE 83.312-90: *Ensayos de hormigón. Hormigón endurecido. Determinación de la densidad*. Los datos obtenidos variaron entre 2'14 y 2'31 g/cm³. El valor medio obtenido fue de 2'25 g/cm³.

El RADIO DE PORO MEDIO obtenido mediante la técnica de porosimetría por intrusión de mercurio varía de 0'013 a 0'022 μm, con un valor medio de 0'0174 μm.

La ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD se ha determinado siguiendo la recomendación italiana NORMAL 11/85. La cantidad de agua absorbida a las 48 horas fue de 1'17 g/cm².

Caracterización mecánica

Con objeto de caracterizar las propiedades mecánicas del tapial de la Torre de Comares, se han estudiado los siguientes parámetros: resistencia a compresión, resistencia a tracción indirecta (ensayo brasileño), módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson.

La RESISTENCIA A COMPRESION se ha determinado en nueve probetas de tapial de la cimentación y en dos probetas de tapial de la estructura. El ensayo de rotura a compresión se ha realizado de acuerdo con la norma UNE 83.304-84: *Ensayos de hormigón. Rotura por compresión*. En dichas probetas se ha mantenido una relación altura/diámetro superior a 1. Las probetas se refrentaron por las caras pa-

rales a los platos de carga con un mortero de cemento de dosificación 1:3, en peso.

Los valores medios obtenidos fueron de 115 Kp/cm² en el tapial de cimentación y de 25 Kp/cm² en el tapial de la estructura. En función del muestreo llevado a cabo, de las características de las probetas y del material, se han considerado los siguientes valores: 25 Kp/cm², para el tapial de la estructura y 80 Kp/cm², para el tapial de la cimentación (valor mínimo 60 Kp/cm²).

Como complemento al valor de resistencia a compresión, se ha determinado el valor de RESISTENCIA A TRACCION de la fábrica de tapial. Señalar, sin embargo, que, estos materiales no se diseñan para soportar esfuerzos a tracción.

Se ha realizado el ensayo en tres probetas de tapial de la cimentación. La resistencia a tracción indirecta se realizó, de acuerdo con la norma UNE 83.306-85: *Ensayos de hormigón. Rotura por tracción indirecta*.

Si comparamos el valor medio obtenido (15'33 Kp/cm²), con el de resistencia a compresión (115 Kp/cm²), se puede señalar que la resistencia a tracción del tapial es 1/8 de la resistencia a compresión. Teniendo en cuenta los mismos condicionantes que para la resistencia a compresión, se adopta como resistencia característica a tracción los valores de 7'5 Kp/cm² en el tapial de cimentación y de 3 Kp/cm² en el tapial de la estructura.

El valor del MODULO DE ELASTICIDAD aunque es un valor de poca influencia en el cálculo del comportamiento estático de la estructura, sin embargo, sí tendrá importancia para el cálculo dinámico de la misma.

El módulo de elasticidad se ha determinado en tres probetas de tapial de la cimentación y en dos de la estructura. El ensayo se realizó siguiendo la norma ASTM C-469-87a: *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. Para cada intervalo de carga, se determinaron las medidas de deformaciones, colocando bandas extensométricas de 60 mm de longitud. Los resultados se han medido bajo una sollicitación equivalente al 40% de la carga de rotura.

En los ensayos se ha obtenido un valor medio de 63.000 Kp/cm² en el tapial de la cimentación y de 9.400 Kp/cm² en el tapial de la estructura.

El COEFICIENTE DE POISSON se ha determinado en tres probetas de tapial de la cimentación. Cabe destacar, en este ensayo, la dificultad en la precisión de la obtención de los valores medidos con bandas extensométricas, que si bien dan resultados aceptables en el caso del acero para hormigones, en este caso, para tapial, proporcionan valores de medida que deben aceptarse con cierta precaución.

El ensayo se realizó siguiendo la norma ASTM C-469-87a: *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. Se observa una gran disparidad de resultados. Además, el valor medio que se obtiene es bastante bajo si tenemos en cuenta que en el hormigón se considera un valor de 0'15. Por tanto, se tomará un valor de 0'2 en el tapial de cimentación y 0'3 en el tapial de la estructura.

FABRICA DE LADRILLO

La fábrica de ladrillo está constituida por ladrillo de arcilla cocida y mortero. Este último varía de composición, siendo en algunos casos de barro y en otros de cal o bien mezcla de ambos.

En cuanto a la disposición de las piezas, en la fachada sur, ésta es irregular predominando el aparejo a tizón, con algunas hiladas o ladrillos aislados dispuestos a soga.

Sólo se han realizado ensayos en el ladrillo, ya que al ser la cohesión del mortero muy baja no se ha conseguido extraer muestras prismáticas de fábrica que permitieran realizar el ensayo mecánico correspondiente.

Caracterización física

Para la caracterización física de los ladrillos se ha determinado la DENSIDAD APARENTE, previamente a la determinación de la resistencia a compresión. El ensayo se ha realizado siguiendo la norma UNE 67-019-86: *Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Definición. Clasificación y especificaciones*. Hay que tener en cuenta que a la hora de realizar el ensayo, el volumen normalizado se obtiene midiendo el eje de cada una de las superficies del ladrillo, operación poco exacta cuando se trata de ladrillos antiguos con aristas poco definidas y escasa planeidad en las superficies. El valor medio de densidad aparente obtenido fue de 1'44 g/cm³.

Caracterización mecánica

La RESISTENCIA A COMPRESION DEL LADRILLO se ha desarrollado siguiendo la norma UNE 67.026-86: *Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Determinación de la resistencia a compresión*.

Los valores obtenidos variaron de 137-225 Kp/cm², siendo el valor medio de 181 Kp/cm². La dispersión de resultados obtenida es un hecho frecuente cuando se estudian ladrillos antiguos. Consideraremos un valor de resistencia característica a compresión de 150 Kp/cm², ya que estos ladrillos no tienen sus superficies totalmente paralelas y hay que tener en cuenta una disminución de resistencia debido a la irregularidad en la forma del ladrillo.

Como se ha comentado anteriormente, no se han podido realizar ensayos en prismas de fábrica, debido a la poca adherencia del mortero. El valor dado se ha obtenido a partir de las características tanto del ladrillo como del mortero.

La RESISTENCIA A COMPRESION DE LA FABRICA se ha determinado según la NBE FL-90: *Muros resistentes de fábrica de ladrillo*, en función de la resistencia del ladrillo (150 Kp/cm²) y la resistencia del mortero (se ha estimado en 10-20 Kp/cm²), obteniendo un valor de resistencia característica de 40 Kp/cm². También se puede determinar mediante la fórmula propuesta en el Eurocódigo EC-6: *Common unified rules for masonry structures*, obteniendo un valor de $f_k = 3'88 N/mm^2 = 38'0 Kp/cm^2$.

La RESISTENCIA A HIPOCOMPRESION DE LA FABRICA (en la dirección de los tendeles) puede estimarse según el EC-6 como $f_{bk} = 0'49 N/mm^2 = 4'9 Kp/cm^2$.

La RESISTENCIA A TRACCION DE LA FABRICA, paralela a los tendeles, según la NBE FL-90, puede tomarse como: $f_{tk} = 0'1 f_k$. Si $f_k = 40 Kp/cm^2$, $f_{tk} = 4 Kp/cm^2$.

La resistencia a tracción de la fábrica puede estimarse según el EC-6, obteniéndose el valor: $f_{tk} = 0'19 N/mm^2 = 1'9 Kp/cm^2$.

El MODULO DE ELASTICIDAD DE LA FABRICA DE LADRILLO, según la norma FL-90, si no se realizan ensayos, puede estimarse mediante la fórmula: $E = f_d / \epsilon$, siendo $\epsilon = 0'80-0'63$, obteniendo un valor $E = 30.000-38.000 Kp/cm^2$.

El módulo de elasticidad en el EC-6 da el valor: $E = 1.000 f_k$. Considerando una $f_k = 40 Kp/cm^2$, obtenemos un valor de $E = 40.000 Kp/cm^2$.

El módulo de elasticidad transversal G , según el EC-6 es: $G = 0'4 E$, que corresponde a un COEFICIENTE DE POISSON $\nu = 0'25$.

TABLA RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA LA FABRICA DE LADRILLO

CARACTERISTICA	NORMA		UNIDADES
	FL-90	EC 6	
COMPRESION	40	38	Kp/cm ²
HIPOCOMPRESION	-	4'9	Kp/cm ²
TRACCION INDIRECTA	4	1'9	Kp/cm ²
MODULO DE ELASTICIDAD	30.000 38.000	40.000	Kp/cm ²
COEFICIENTE DE POISSON	-	0'25	adimensional

ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS FABRICAS

APLICACION DE LA TECNICA DE ENDOSCOPIA

La endoscopia consiste en la observación indirecta del interior de una construcción a través de una perforación practicada en la misma, o de fisuras existentes. No se trata por lo tanto de una técnica totalmente no-destructiva, aunque las perforaciones pueden rellenarse posteriormente, quedando únicamente una pequeña alteración visual en la superficie.

El aparato a utilizar, un endoscopio, está compuesto por una carcasa rígida que protege un conjunto de fibras ópticas en cuyos extremos se encuentran, por un lado, una lente y un ocular y, en el otro un punto de luz que ilumina el elemento. La lente del endoscopio recorre la perforación, y, mediante el punto de luz es posible observar la imagen en el ocular.

El endoscopio constituye una herramienta adecuada para inspecciones internas pudiéndose detectar y observar las distintas tipologías constructivas y distintos materiales, así como conocer el espesor de un muro, los huecos internos o separaciones entre ladrillos.

En la Torre de Comares, este estudio ha permitido la zonificación de las fábricas de la misma, obteniendo las siguientes conclusiones:

- En general, los muros de tapial son homogéneos a lo largo de todo el espesor. Los que están ubicados en los semisótanos son de árido más grueso que los de las zonas altas. En los machones de la fachada Sur probablemente existan dos tipos de tapial.
- Las bóvedas están realizadas con fábrica de ladrillo y relleno de tierra.
- La fábrica de ladrillo forma parte de la concepción original del edificio para la realización de huecos y ejecución de bóvedas.
- La fábrica de ladrillo aparece en zonas reparadas:
 - En el encuentro entre la Torre antigua y la nueva.
 - En el cierre de huecos.
 - A lo largo de todo el espesor del muro de la fachada Sur.
- Aparecen cavidades (a 116 cm de la superficie) y grandes heterogeneidades en el muro interior de apoyo de la bóveda de la Sala de la Barca.

APLICACION DE LA TECNICA DE TERMOGRAFIA

Esta técnica se fundamenta en que todos los cuerpos emiten y absorben radiación infrarroja en función de su longitud de onda. La aplicación de la

termografía a las estructuras de fábrica se basa en la idea de que la temperatura de la superficie dependerá de lo que exista debajo de la misma. De esta forma podemos obtener cierta información sobre la disposición de la estructura del edificio y su historia reciente.

La radiación emitida por una estructura puede proporcionar numerosa información, destacando las siguientes aplicaciones:

- Detección de pérdida de energía debida a los puentes térmicos.
- Localización de heterogeneidades en la composición de la estructura y patologías de revestimientos.
- Determinación de zonas húmedas. La presencia de humedad se traduce en una evaporación superficial creándose puntos fríos sobre la zona considerada.
- Detección de pérdidas de cohesión en estudios de alteraciones, donde un área de menor cohesión emite una radiación infrarroja diferente de las zonas próximas, ya que la transferencia de calor a través del material se ve interrumpida.

La toma de datos ha sido realizada por la empresa CIAT (Centro de Inspección y Asistencia Técnica, S.A.). Mediante esta técnica se han estudiado las cuatro fachadas exteriores de la Torre de Comares, así como los paramentos interiores de la Sala de Embajadores. La inspección se realizó durante la noche, en ausencia de cualquier tipo de iluminación, para evitar la influencia de la radiación solar y artificial sobre los materiales.

En el edificio de estudio, dadas las características que presenta, no ha sido posible obtener grandes hallazgos debido a la inexistencia de problemas detectables con este método. Las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- PUENTES TERMICOS: la captación de puentes térmicos no ha sido posible al no existir el gradiente de temperatura necesario entre el interior y el exterior (se considera satisfactorio una diferencia de 20° C). Dado el gran volumen interior del edificio no se ha planteado el calentamiento interior para alcanzar el gradiente requerido. Por otra parte, el gran espesor del muro de 3 m aproximadamente, amortigua la temperatura a lo largo de su espesor, invalidando la eficacia de esta técnica.
- HUMEDAD: del análisis de todas las fisuras existentes en el Salón de Embajadores, sólo se ha podido determinar la presencia de humedades en uno de los casos.
- COMPOSICION DEL MURO: no han aparecido indicios de existencia de huecos

ocultos en los que se hubiera utilizado otro material de distinta emisividad. Las reparaciones se han realizado a base de revestimientos de tapial, pero este análisis no revela la presencia de desprendimientos.

Los puntos en los que se ha observado diferencia de material son los siguientes:

- Mayor temperatura (unos 2° C) en el capitel de las columnas parteluces de los balcones.
- Punto frío por encima de una ventana debido posiblemente a la existencia de un dintel de otro material (madera).
- Discontinuidad en la fachada Sur. Coincide con la altura del forjado.
- En la fachada Sur, diferente emisividad entre el ladrillo y el mortero, así como zonas de fábrica reparadas que originan diferente emisividad.
- En la fachada Este, en la zona superior central y derecha, las zonas revestidas de un tono más grisáceo (reparación del revestimiento) presentan una mayor temperatura que el resto.
- En la fachada Este se observan las uniones de los tableros de tapial tanto en horizontal como en vertical. Estos puntos de unión presentan una temperatura algo inferior por ser los puntos de unión en donde la fábrica es menos densa.
- En la fachada Este las ventanas enmarcadas con fábrica de ladrillo presentan una menor temperatura que la fábrica de tapial. Presencia de un arco de descarga, posiblemente, sobre un hueco.
- Existencia posible de un dintel de madera en un hueco de la fachada Este.
- En la fachada Oeste, se observa una diferencia de composición de los materiales en superficie.

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE TENSION DE LA FABRICA MEDIANTE LA TECNICA DE "GATO PLANO"

Este método consiste en la liberación local de tensiones mediante la realización de una ranura, seguida de una restitución controlada del estado tensional inicial. Se realiza una ranura o corte en un plano normal a la dirección principal de la tensión a conocer. La referencia de desplazamientos se materializa mediante bases de medidas extensométricas. Posteriormente se introduce un gato plano que permite restablecer el campo inicial de desplazamientos sobre los labios de la ranura. La medida de la presión de compensación nos permite obtener un valor aproximado de la tensión de compresión.

Se han obtenido valores de tensión en tres puntos, uno en fábrica de ladrillo (3'9 Kp/cm²) y dos de ellos en tapial (3'28 y 6'15 Kp/cm²).

Respecto al desarrollo de esta técnica en la Torre de Comares, se ha de señalar la dificultad presentada a la hora de realizar el ensayo debido a las características intrínsecas de la fábrica de tapial. De los ocho puntos en los que se ha realizado el ensayo sólo en tres de ellos se han obtenido valores, lo cual es debido a diferentes motivos: el gran espesor del muro, con lo cual existen puntos en los que no se produce ninguna tensión; la existencia de revestimientos de 3 cm o más, que no permiten acceder a la zona de muro que carga; y la existencia de fisuras en los muros con la posibilidad de que el ensayo se haya realizado en zonas no cargadas.

CONCLUSIONES GENERALES

CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

CARACTERIZACION MECANICA	FABRICA LADRILLO	TAPIAL ESTRUCT.	TAPIAL CIMENT.
RESISTENCIA A COMPRESION (Kp/cm ²)	40	25	60
RESISTENCIA A TRACCION (Kp/cm ²)	4	3	7'5
MODULO DE ELASTICIDAD (Kp/cm ²)	30.000	12.000	60.000
COEFICIENTE DE POISSON	0'3	0'3	0'2

CARACTERIZACION FISICA	TAPIAL	LADRILLO
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	2'25	1'44
CAPILARIDAD (g/cm ² a 1 minuto)	0'72	-
(g/cm ² a 48 horas)	1'17	-

CONSTITUCION DE LOS MUROS RESISTENTES

Teniendo en cuenta las limitaciones que imponen técnicas como la endoscopía y la termografía, la primera por lo limitado del campo de observación y la segunda por lo superficial de su observación (muros de 3 metros de espesor) podemos establecer las siguientes conclusiones generales:

- En general, los muros de tapial son homogéneos a lo largo de todo el espesor.
- La fábrica de ladrillo no se combina con el tapial, y se utiliza en los siguientes elementos:
 - En las reparaciones de la fachada sur, en el cierre de huecos y en el encuentro de la Torre nueva y la antigua.
 - En la concepción inicial de la Torre para la realización de huecos y bóvedas.
- Aparecen cavidades y grandes heterogeneidades en el muro interior de apoyo de la bóveda de la Sala de la Barca.
- Sólo se detecta una zona de humedad en la Sala de Embajadores.
- No se han detectado nuevos huecos cegados, aunque sí numerosas zonas que han sido reparadas a base de revestimientos.
- Se ha detectado la presencia de algún dintel (probablemente de madera) y diversos desprendimientos de revestimientos.

* CEDEX, Laboratorio Central de Estructuras y Materiales.

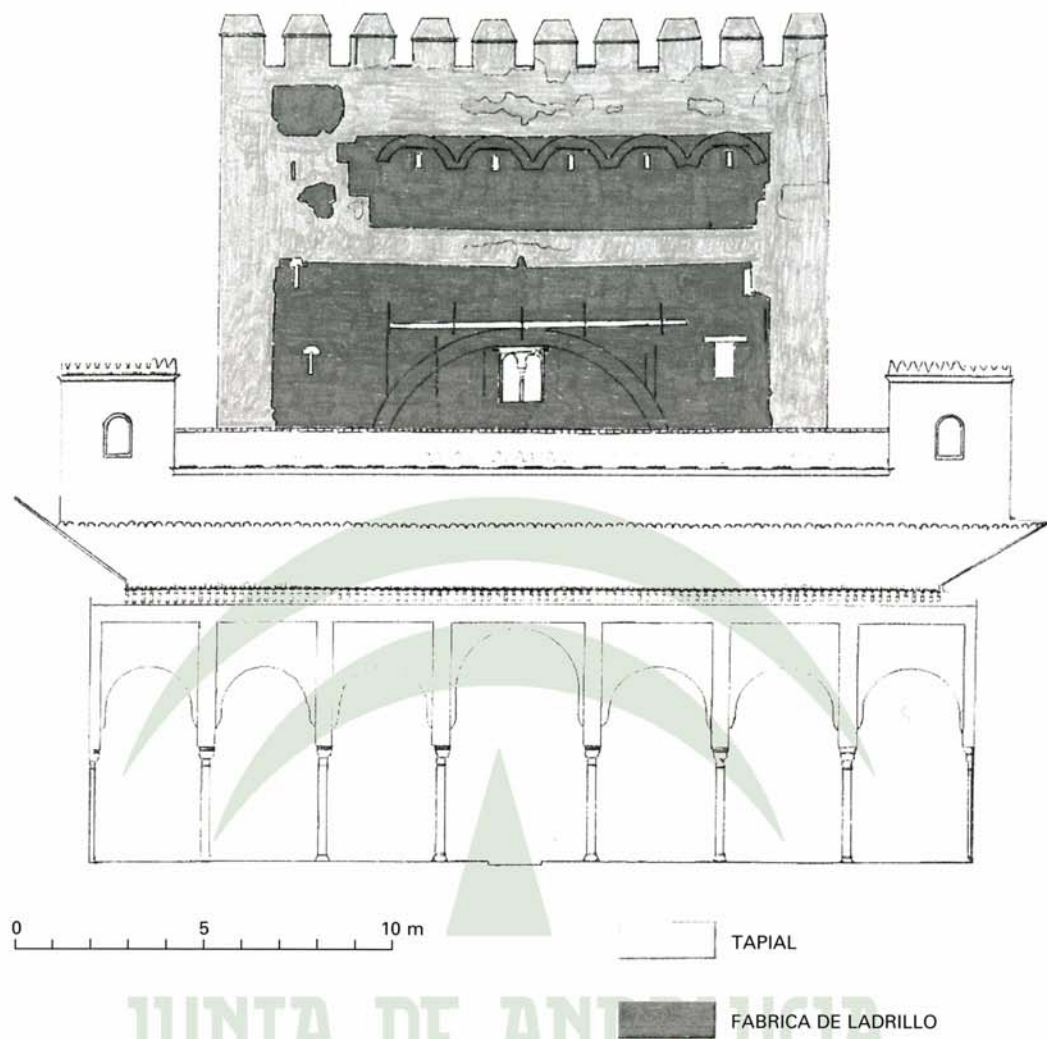
** CEDEX, Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo.

BIBLIOGRAFIA

- L. BINDA y P.P. ROSSI, "Diagnostic analysis of masonry buildings. International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)", *Symposium on Strengthening of Building Structures (Diagnosis and Therapy)*, (Venice, Italy, 1983).
- EC-6, *Design of masonry structures. Propuesta 1995*. Bruselas, Comisión de las Comunidades Europeas.
- NBE-FL-90, *Muros resistentes de fábrica de ladrillo*. Madrid, 1990.
- L. RODRIGUEZ ROSADO, *Termografía infrarroja. Posibilidades y aplicaciones*. Centro de Inspección y Asistencia Técnica S.A., 1993.
- A. ROLDAN FERNANDEZ, *Notas para una climatología de Granada*. Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, Instituto Nacional de Meteorología, 1988.
- P.P. ROSSI, "Recent developments of the flat-jack test on masonry structures, ISMES", *Workshop on Evaluation and retrofit of masonry structures*, (august 18-29, 1987).



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE CULTURA
Patronato de la Alhambra y Generalife



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE CULTURA
Patronato de la Alhambra y Generalife

Fig. 1. Fachada Sur al Patio de los Arrayanes.



Lám. 1. Disposición de las dos líneas de anclajes de los tirantes.



Lám. 2. Probetas de tapial.



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE CULTURA
Patronato de la Alhambra y Generalife

Lám. 3. Ensayo de "gato plano" en fábrica de tapial.

