

El hospital de Antezana (Alcalá de Henares, Madrid): estudio arqueométrico y análisis arquitectónico de ladrillos y morteros

Raimundo Undurraga ^(a), Juan Félix Conde ^(b), Fernando Agua ^(b), Gonzalo Barluenga ^(a), M^a Ángeles Villegas ^(b), Manuel García-Heras ^(b)

^(a) Escuela de Arquitectura, Universidad de Alcalá, Madrid, España. gonzalo.barluenga@uah.es

^(b) Instituto de Historia, CCHS-CSIC, Madrid, España. manuel.gheras@cchs.csic.es

PALABRAS CLAVE: Caracterización arqueométrica, Análisis arquitectónico, Ladrillos, Morteros, Fábricas.

RESUMEN:

Se presentan los resultados de un estudio combinado que ha comprendido la caracterización arqueométrica y el análisis arquitectónico del Hospital de Antezana, que es uno de los pocos ejemplos de casa urbana aristocrática que se conservan en la ciudad de Alcalá de Henares (Madrid). El objetivo principal fue la identificación de las técnicas de construcción y la caracterización de los materiales utilizados en la casa original, antes de que esta se convirtiera en hospital. A partir del análisis arquitectónico y aprovechando las obras de rehabilitación, se seleccionó un conjunto representativo de ladrillos y sus correspondientes morteros asociados. Para caracterizar las fábricas de estos materiales se emplearon técnicas químico-físicas convencionales, como lupa binocular, microscopía petrográfica con luz polarizada, espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX) y análisis térmico diferencial y termo-gravimétrico (ATD-TG). Los resultados han permitido identificar los materiales utilizados en la casa original del siglo XV y diferenciarlos de los empleados en las intervenciones del siglo XVII, lo que pone de manifiesto que un trabajo de estas características puede ser una vía eficaz para el estudio y conservación del Patrimonio Construido.

1. Introducción

La casa de los Antezana, aunque muy transformada, es uno de los pocos ejemplos de casa urbana de la aristocracia del siglo XV que se conserva en la ciudad de Alcalá de Henares, cuyo casco histórico fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1998. Se ubica en la Calle Mayor donde vivía la mayor parte de la comunidad judía. De hecho, la casa se situaba enfrente de la antigua sinagoga principal hoy desaparecida. Los dueños, Luis de Antezana y su mujer Isabel de Guzmán, ceden la casa para ubicar un hospital de caridad en 1483, tal como recoge su testamento.

Actualmente, el edificio está organizado en torno a un patio central con galería de dos alturas y pilares de albañilería en el lado sur, mientras que los tres lados restantes son corredores de madera (figuras 1 y 2). La fachada principal hacia la Calle Mayor está ocupada por una iglesia construida en 1800 (figura 3) y en la crujía oeste del patio se ubica una capilla barroca dedicada a San Ignacio (figura 4), que se construyó a mediados del siglo XVII. En el lado norte hay un volumen adosado que se levantó a principios del siglo XX.

En su testamento los señores de Antezana entregaron las dos plantas del cuerpo delantero de su casa para albergar el Hospital de Nuestra Señora de la Misericordia, que reemplazaba al antiguo Hospital de San Julián debido a que el edificio en el que este se ubicaba amenazaba ruina. La dirección del hospital y la administración de sus bienes se encomendaron a la antigua cofradía de San Julián, que desde ese momento pasó a llamarse cofradía de Santa María de la Misericordia y es la que hasta hoy se encarga de la conservación del hospital (Fernández Majolero, 1985).



Figura 1: Patio central con galería de dos alturas.



Figura 2: Galería original tabicada del lado sur (izda.) y corredores de madera.



Figura 3: Fachada principal.



Figura 4: Capilla de San Ignacio de Loyola.

Para albergar el hospital se cerró la galería principal que daba al patio para que el hospital y la casa funcionaran de forma independiente. Las camas para los enfermos se dispusieron en dos salas, una en cada nivel, mientras que en la planta baja se instaló una capilla con su altar en un extremo, que posteriormente se transformó en la iglesia del hospital. Tras la muerte de Isabel de Guzmán en 1503, el hospital pasó a ocupar toda la propiedad.

Es muy probable que el patio de la casa no tuviera crujía hacia el oeste y que este volumen se hubiera construido a principios del siglo XVI, como consta en una inscripción hallada durante unas obras en 1904, que dice que se realizaron obras en el hospital en 1520 (Román Pastor y Fernández Majolero, 1996). De todos modos, la crujía oeste parece que ya estaba terminada en 1526, ya que a partir de esa fecha San Ignacio de Loyola tiene su celda en este lugar de la casa.

En 1616 se construyó la primera capilla de San Ignacio de Loyola, ubicada en el extremo sur de la crujía oeste del patio. La capilla se ubicó en la celda que habría ocupado el santo durante su estancia en el hospital, así como en la habitación del piso inferior. En 1667 la Compañía de Jesús decidió ampliar dicha capilla, cubriéndola después con una bóveda de arista y una cúpula sobre pechinas con linterna.

Los pilares ochavados de albañilería y los elementos de madera que todavía se conservan en la crujía del lado sur, son característicos de una casa mudéjar del siglo XV. En Alcalá de Henares, esta es la única casa mudéjar conservada, aunque hay ejemplos similares contemporáneos en Toledo, como el Palacio de Fuensalida de principios del siglo XV; o el palacio de don Gutierre de Cárdenas en Ocaña, de la segunda mitad de este mismo siglo XV (Pavón Maldonado, 2005).

El Hospital de Antezana y la Universidad de Alcalá estuvieron en conexión desde fechas tempranas, como parecen atestiguarlo distintos hechos. El primero de ellos se produjo a la muerte de Isabel de Guzmán y tiene que ver con un litigio entre la cofradía del hospital y la parroquia de Santa María en la que el matrimonio Antezana Guzmán había construido una capilla para ser enterrados. En él intervino como árbitro el Cardenal Cisneros, estableciendo que los bienes en litigio pertenecían al hospital (Fernández Majolero, 2000). Asimismo, desde 1517, diez años después de la fundación de la facultad de medicina, el hospital quedó vinculado a la universidad como centro de prácticas. De hecho, era muy común que los profesores de la facultad formaran parte de la cofradía del hospital. Además,

resulta muy probable que la casa de los Antezana sirviera como modelo para el Colegio de San Ildefonso de dicha universidad, ya que está documentado que este último constaba de un patio de dos alturas con pilares ochavados de albañilería en la planta baja y el cuerpo principal se orientaba a la calle, dos de las características principales de la casa de los Antezana.

Como ocurre en muchos edificios históricos que han estado en uso de forma continua, la casa de los Antezana ha sufrido múltiples modificaciones a lo largo del tiempo. Por ello, el principal objetivo de este trabajo fue la identificación de las técnicas de construcción y la caracterización de los materiales utilizados en la casa original, antes de que esta se convirtiera en hospital. Para alcanzar este objetivo se planteó un estudio combinado que comprende la caracterización arqueométrica de las fábricas y el análisis arquitectónico de la morfología del edificio. La caracterización arqueométrica de las fábricas se llevó a cabo a partir de un conjunto seleccionado de ladrillos y morteros, utilizando las siguientes técnicas químico-físicas: lupa binocular, microscopía petrográfica con luz polarizada mediante lámina delgada, espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX) y análisis térmico diferencial y termo-gravimétrico (ATD-TG). La realización de un estudio de estas características, en las que se ha combinado una aproximación arqueométrica con un análisis arquitectónico, pone de manifiesto que un trabajo de este tipo puede ser una vía eficaz para el estudio y conservación del Patrimonio Construido en general y, en particular, del patrimonio ubicado en el casco antiguo de la ciudad de Alcalá de Henares.

2. Parte experimental

2.1. Materiales y estrategia de muestreo

A partir del análisis arquitectónico y aprovechando las obras de rehabilitación que actualmente se llevan a cabo en el edificio, se seleccionó un conjunto de ladrillos y sus correspondientes morteros asociados. Las muestras se extrajeron de las partes aparentemente originales o más antiguas de la casa en diferentes ubicaciones, tanto de la planta baja (figura 5a) como de la primera planta (figura 5b). Se extrajo muestra de un total de 21 ubicaciones, de las cuales 12 proporcionaron ladrillos y 11 morteros asociados en su mayoría a estos ladrillos. Por lo tanto, el material total analizado en este trabajo ascendió a 12 muestras de ladrillo y 11 muestras de mortero (tabla 1).

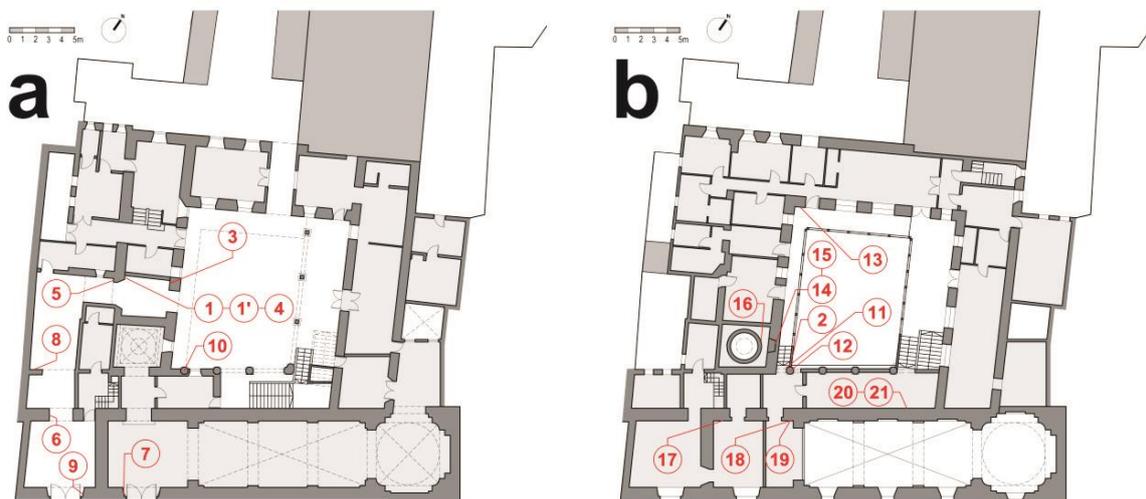


Figura 5: Zonas de extracción de las muestras seleccionadas. a) Planta baja. b) Primera planta.

2.2. Técnicas de observación y análisis

Las técnicas de observación utilizadas fueron lupa binocular y microscopía petrográfica. Las observaciones macroscópicas se realizaron con una lupa binocular Motic SMZ 168. Las observaciones

Tabla 1: Descripción de los materiales muestreados. Con sombra las muestras de ladrillo y mortero.

Muestra	Planta	Ubicación	Material
1	Baja	Oeste	Ladrillo y mortero
1b	Baja	Oeste	Ladrillo y mortero
2	1ª	Oeste	Relleno
3	Baja	Oeste	Ladrillo y mortero
4	Baja	Oeste	Mortero
5	Baja	Oeste	Tapial
6	Baja	Zaguán	Ladrillo y mortero
7	Baja	Puerta iglesia	Ladrillo
8	Baja	Patio acceso	Ladrillo
9	Baja	Puerta zaguán	Ladrillo
10	Baja	Galería sur	Ladrillo y mortero
11	1ª	Galería sur	Mortero
12	1ª	Galería sur	Ladrillo y mortero (pilar)
13	1ª	Norte	Tapial
14	1ª	Capilla	Adobe
15	1ª	Capilla	Tapial
16	1ª	Capilla	Ladrillo y mortero (cúpula)
17	1ª	Iglesia	Adobe
18	1ª	Iglesia	Ladrillo y mortero
19	1ª	Iglesia	Tapial
20	1ª	Iglesia	Tapial
21	1ª	Iglesia	Ladrillo y mortero

petrográficas de las láminas delgadas se llevaron a cabo con un microscopio óptico de luz transmitida y dispositivo de polarización Kyowa Bio Pol 2. Las micrografías se obtuvieron con una cámara digital Moticam 2500.

Respecto a las técnicas de análisis químico-físico se utilizaron las siguientes: espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX) y análisis térmico diferencial y termogravimétrico (ATD-TG). Los análisis químicos efectuados mediante FRX se realizaron con un espectrómetro PANalytical Axios de dispersión de longitudes de onda, equipado con tubo de rodio de 60 kV, empleando pastillas prensadas de ácido bórico. Los análisis de DRX se llevaron a cabo con el método convencional de polvo cristalino desorientado con un difractómetro PANalytical X'Pert MPD, utilizando la radiación Ka del cobre (1,54056 Å) y condiciones de trabajo de 45 kV de tensión y de 40 mA de intensidad. Los difractogramas se registraron entre $2\theta = 5-60^\circ$. Los análisis de ATD-TG se realizaron con un equipo SETARAM modelo Setsys Evolution, en atmósfera de aire, crisol de platino y velocidad de calentamiento de 10 °C/min desde temperatura ambiente hasta 1.000 °C. Las muestras en polvo se obtuvieron mediante molienda manual con mortero y mazo de ágata.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis químico mediante FRX

El análisis químico mediante FRX se llevó a cabo en todas las muestras de ladrillo, excepto en la muestra 3. Asimismo, se analizó una arcilla actual tomada en las inmediaciones de la ciudad de Alcalá de Henares para comparar sus resultados con los obtenidos en los ladrillos analizados. En la tabla 2 se exponen los resultados del análisis mediante FRX.

Un contenido igual o superior a 5 % en peso de óxido de calcio determina que un material cerámico sea calcáreo. Por tanto, sólo las muestras 7, 8 y 11 pueden considerarse estrictamente calcáreas. El resto mostró un porcentaje situado entre 1,83 % (muestra 10) y 4,86 % en peso (muestra 1). Es decir, desde muestras que pueden considerarse casi calcáreas hasta muestras cuyo contenido en óxido de calcio es bastante bajo. Por otro lado, destaca el porcentaje relativamente elevado que presentaron en óxido de magnesio, con concentraciones entre 4,67 % (muestra 11) y 6,99 % en peso (muestra 6). El contenido en óxido de hierro se situó entre 6 y 7 % en peso aproximadamente. Estos datos indican que

Tabla 2. Resultados del análisis químico mediante FRX (% en peso).

Óxidos	Muestras											Arcilla Alcalá
	1	1b	6	7	8	9	10	11	16	18	21	
Na ₂ O	1,13	0,97	1,98	1,29	0,94	1,38	2,06	0,90	0,96	0,87	0,82	0,59
MgO	5,03	6,08	6,99	5,32	4,86	6,07	5,53	4,67	5,20	6,02	5,67	10,17
Al ₂ O ₃	16,45	18,23	17,00	13,66	15,95	17,03	17,60	18,92	16,49	18,31	17,99	19,18
SiO ₂	59,51	58,83	56,11	44,62	56,79	58,59	57,50	54,90	59,47	57,83	58,99	52,71
P ₂ O ₅	0,26	0,25	0,26	0,22	0,29	0,27	0,54	0,26	0,26	0,32	0,34	0,41
SO ₂	0,13	0,17	0,76	12,79	1,00	0,86	1,08	0,42	0,29	0,14	0,56	1,12
Cl ⁻	0,19	0,01	1,40	0,44	0,02	0,07	1,30	0,01	0,02	0,32	0,02	0,20
K ₂ O	4,54	4,84	4,67	4,75	4,20	4,90	5,05	4,99	4,49	5,08	5,19	4,52
CaO	4,86	1,91	2,96	9,55	8,20	3,36	1,83	6,24	4,83	3,06	2,70	1,39
TiO ₂	0,86	0,95	0,88	0,85	0,89	0,91	0,89	0,89	0,87	0,97	0,92	0,87
MnO	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,10
Fe ₂ O ₃	6,76	7,12	6,72	6,25	6,57	6,20	6,23	7,49	6,83	6,78	6,49	8,54
ZnO	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Rb ₂ O	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
SrO	0,04	0,41	0,06	0,07	0,06	0,13	0,16	0,07	0,04	0,10	0,09	0,08
BaO	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,05	0,07	0,06
ZrO ₂	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,02

la mayoría de los ladrillos analizados se realizaron a partir de arcillas cálcico-magnésicas con un contenido relativamente elevado de óxidos de hierro. Estas características son compatibles con los resultados obtenidos en la arcilla procedente de Alcalá de Henares, en la que también se detectó un contenido elevado de óxido de magnesio (10,17 % en peso), así como de óxidos de hierro (8,54 % en peso), lo que podría sugerir que estos ladrillos se habrían fabricado con materiales arcillosos del entorno de Alcalá de Henares y, por consiguiente, ser de manufactura local. La uniformidad que mostraron las concentraciones de óxido de potasio (entre 4,20 y 5,19 % en peso) o de óxido de titanio (entre 0,85 y 0,97 % en peso) en los propios ladrillos y el resultado obtenido en la arcilla de Alcalá (4,52 % en óxido de potasio y 0,87 % en peso en óxido de titanio), son datos que también apoyan la compatibilidad mencionada. Por lo demás, la muestra 7 arrojó un contenido extremadamente elevado en óxido de azufre (12,79 % en peso), que puede ser considerado una aportación del mortero habida cuenta de que también presentó una alta concentración de óxido de calcio (9,55 % en peso), lo que indicaría que muy probablemente estuvo en contacto con un mortero de yeso.

3.2. Análisis petrográfico

El análisis petrográfico se llevó a cabo en todas las muestras de ladrillo. Las observaciones permitieron establecer dos agrupaciones bastante homogéneas y con una mineralogía muy similar. El Grupo 1, al que se asignaron 4 ladrillos (muestras 1, 8, 9 y 16); y el Grupo 2, compuesto por 8 ladrillos (muestras 1b, 3, 6, 7, 10, 12, 18 y 21). En ambos grupos la atmósfera de cocción es predominantemente oxidante.

El Grupo 1 se caracterizó por presentar evidencias de una mayor temperatura de cocción en relación al Grupo 2, ya que mostró una matriz arcillosa de coloración rojiza y marrón, escasamente birrefringente e inicios de vitrificación (figura 6a y 6b). En el Grupo 1 se identificaron abundantes inclusiones compuestas mayoritariamente por cuarzo, mono y policristalino; feldspatos, tanto potásicos como sódicos (plagioclasas); calcita micrítica y algún nódulo opaco de óxidos de hierro. Las inclusiones son redondeadas y sub-redondeadas, con un tamaño de grano no superior a 800 µm. Asimismo, en el Grupo 1 se detectaron abundantes inclusiones de chamota, que consiste en la adición intencionada de un material cerámico fragmentado y cocido previamente con el propósito de mejorar las propiedades mecánicas del ladrillo (Rice, 1987). Las inclusiones de chamota presentaron, en algunas ocasiones, bordes sub-angulosos (figura 6c) y su tamaño medio se situó entre 1 y 1,5 mm aunque en algunos casos se midieron inclusiones de hasta 4 mm. Las observaciones macroscópicas mediante lupa binocular permitieron distinguir con gran nitidez la existencia de estas inclusiones de chamota (figura 6d).

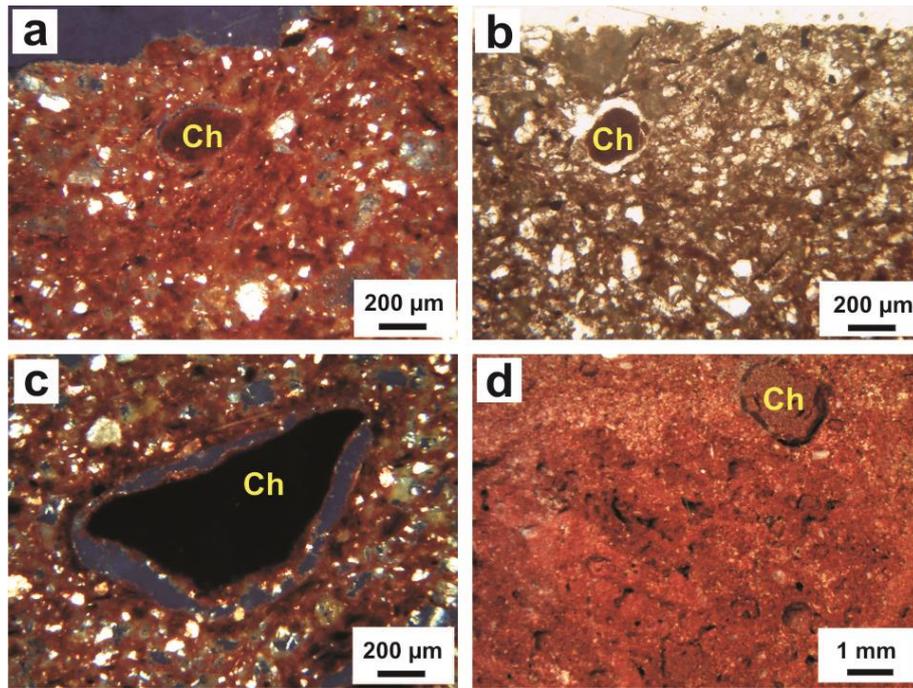


Figura 6: Imágenes de lámina delgada y lupa binocular de ladrillos del Grupo 1.
 a) Ladrillo 1, nicoles cruzados. b) Ladrillo 8, luz plana. c) Ladrillo 8, nicoles cruzados.
 d) Lupa binocular. Ladrillo 1. Ch chamota.

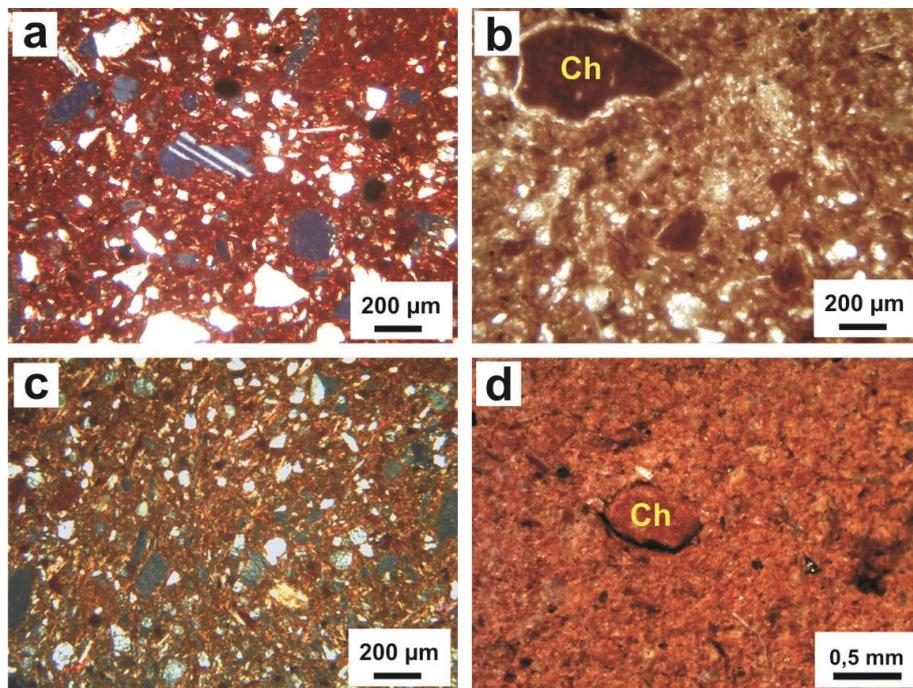


Figura 7: Imágenes de lámina delgada y lupa binocular de ladrillos del Grupo 2.
 a) Ladrillo 1b, nicoles cruzados. b) Ladrillo 7, luz plana. c) Ladrillo 21, nicoles cruzados.
 d) Lupa binocular. Ladrillo 7. Ch chamota.

En el Grupo 2 las matrices arcillosas mostraron también coloraciones rojizas y marrones aunque, en este caso y como ya se apuntó más arriba, eran muy birrefringentes y sin signos de vitrificación, lo que sugiere una temperatura de cocción algo más baja que la del Grupo 1 (figura 7a y 7b). Las inclusiones mostraron una mineralogía uniforme muy similar a la identificada en el grupo anterior, excepto en el ladrillo 21 que mostró una matriz algo más micácea (figura 7c). Los tamaños de grano son ligeramente superiores, alcanzando hasta 1,7 mm, si bien en el Grupo 2 aunque también se detectaron inclusiones de chamota, estas son menos abundantes y de menor tamaño, ya que apenas superan 1,5 mm (figura 7b y 7d). En general, las inclusiones son un poco más abundantes que en el grupo anterior y su morfología presenta también formas sub-angulares, lo que indica que en el Grupo 2 se utilizó un sedimento arcilloso con una menor selección de tamaño y forma de grano.

3.3. Difracción de rayos X (DRX)

El análisis mediante DRX se llevó a cabo en todas las muestras de ladrillo y en todas las muestras de mortero.

3.3.1. Ladrillos

Al igual que el análisis petrográfico, los resultados de DRX determinaron una composición mineralógica muy homogénea en todas las muestras y permitieron establecer también dos agrupaciones en función de la temperatura de cocción. Estas agrupaciones coinciden con los dos grupos determinados en el análisis petrográfico. En ambos grupos se detectaron, como fases principales, cuarzo y feldespatos (potásicos y plagioclasas).

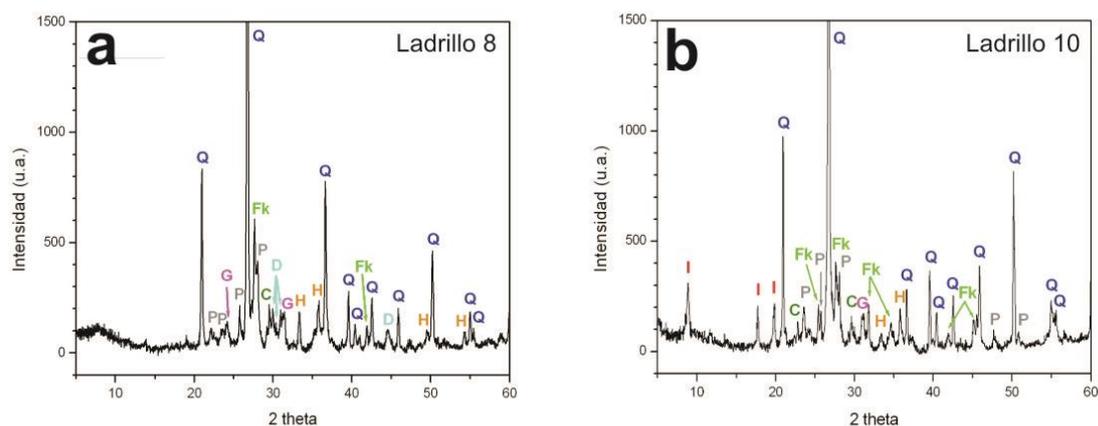


Figura 8: Difractogramas obtenidos en ladrillos. a) Ladrillo 8 del Grupo 1. b) Ladrillo 10 del Grupo 2. C calcita, D diópsido, Fk feldespato potásico, G gehlenita, H hematita, I illita, P plagioclasa, Q cuarzo.

El Grupo 1 (figura 8a) se caracterizó por la ausencia de reflexiones de minerales arcillosos y la presencia de fases de neoforción por efecto de la temperatura de cocción, como gehlenita y diópsido. También se detectaron reflexiones de hematita, mientras que apenas aparecieron reflexiones de calcita. Estos datos indican que la temperatura de cocción equivalente puede estimarse entre 850 y 900 °C debido a la ausencia de reflexiones de minerales arcillosos como la illita, cuya deshidroxilación total tiene lugar por encima de 850 °C (Rice, 1987). Además, por encima de esta temperatura comienza la formación de gehlenita y diópsido como consecuencia de la descomposición de la calcita y su reacción posterior con los silicatos de los minerales arcillosos. Por ello, apenas se detectan reflexiones de esta fase a pesar de que el contenido de óxido de calcio es relativamente alto en alguna de las muestras de este grupo, según los resultados de FRX (tabla 2). La formación de diópsido se ve favorecida asimismo por la presencia de compuestos de calcio y magnesio en los minerales arcillosos (Maggetti, 1982). Por lo demás, la hematita suele aparecer bien cristalizada a temperaturas superiores a 750 °C.

En el Grupo 2 (figura 8b) se detectaron, sin embargo, reflexiones bien desarrolladas de illita, así como un menor crecimiento de las reflexiones correspondientes a hematita y gehlenita. En este grupo no se detectó diópsido, mientras que se determinó una mayor presencia de reflexiones de calcita. Estos

datos indican una temperatura de cocción equivalente ligeramente inferior a la del Grupo 1, que puede estar comprendida entre 800 y 850 °C. Esta estimación se basa en la presencia de reflexiones de illita, que indican una temperatura inferior a 850 °C; y en el menor crecimiento de gehlenita, lo que sugiere que apenas ha empezado todavía a formarse esta fase debido a que la temperatura se sitúa por debajo de 850 °C. La aparición, todavía, de reflexiones de calcita apoya también esta estimación, ya que esta fase no comienza a descomponerse hasta que la temperatura no supera 750-800 °C.

3.3.2. Morteros

Los resultados determinaron dos grupos muy homogéneos. Uno compuesto por morteros de cal aérea (muestras 1, 3, 4, 10, 12, 18 y 21) y otro por morteros de base yeso (muestras 1b, 6, 11 y 16). En los morteros del Grupo A de cal aérea (figura 9a) se identificaron como fases principales cuarzo, calcita y feldespatos, en general con predominio de feldespato potásico frente a sódico (plagioclasa). El cuarzo y los feldespatos se asocian al árido utilizado, lo cual indica que se usó una arena feldespática, mientras que la calcita constituye el producto final de un mortero cuyo ligante se realizó con cal. Se trata de morteros de cal aérea porque es el aire el elemento principal que interviene en el proceso de fraguado o endurecimiento del ligante (Martínez y Blanco, 2012). En este tipo de morteros se emplea cal viva, que se obtiene normalmente por calcinación de rocas calcáreas. La cal viva se apaga después hidratándola con agua. Una vez hidratada se mezcla con el árido para obtener el mortero, siendo el aire el elemento principal de la reacción de carbonatación de la cal hidratada según:



El producto resultante de esta reacción es la calcita (CaCO_3), ya que el agua se evapora finalmente del mortero. Por otro lado, en tres de los morteros del Grupo A se detectaron también trazas de gehlenita (figura 9a). Esta fase suele aparecer en morteros hidráulicos, como producto de reacción entre la cal y ciertos aluminosilicatos. Sin embargo, su principal reflexión es apenas perceptible en los difractogramas, lo cual descartaría que se trate de morteros de cal hidráulicos.

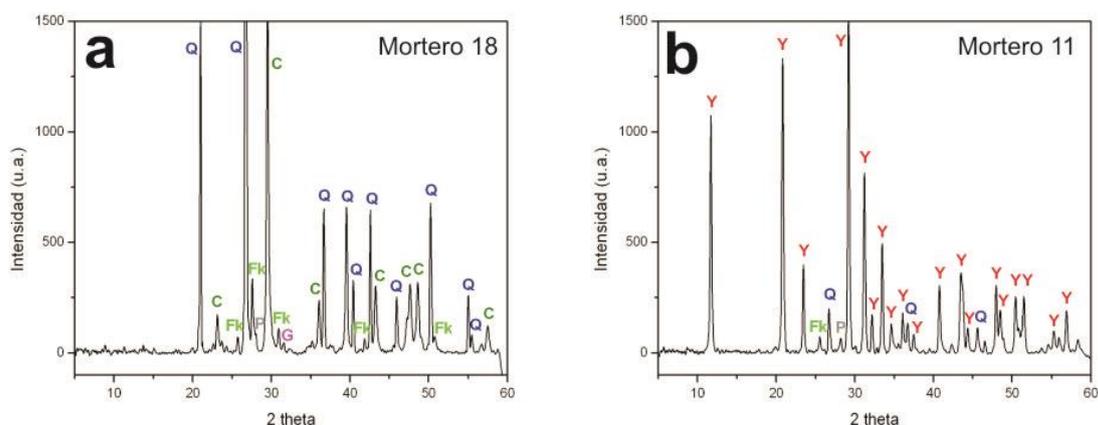


Figura 9: Difractogramas obtenidos en morteros. a) Mortero 18 del Grupo A. b) Mortero 11 del Grupo B. C calcita, Fk feldespato potásico, G gehlenita, P plagioclasa, Q cuarzo, Y yeso.

En los morteros del Grupo B (figura 9b) la fase principal que se detectó fue yeso. El yeso utilizado debía contener algunas impurezas ya que también se detectaron pequeñas reflexiones de cuarzo y feldespatos.

3.4. Análisis térmico diferencial y termo-gravimétrico (ATD-TG)

Este análisis se efectuó en un ladrillo de cada uno de los grupos para confirmar su comportamiento térmico y la temperatura de cocción equivalente. En el ladrillo del Grupo 1 (figura 10a) no se observaron reacciones excepto la inversión de cuarzo $\alpha \rightarrow \beta$ a 573 °C, lo que confirma una elevada temperatura de cocción equivalente como señalaban los datos de DRX, ya que en el intervalo hasta 1.000 °C no hay ninguna reacción, ni endotérmica o de descomposición de fases, ni exotérmica o de formación de fases. Por el contrario, en el ladrillo del Grupo 2 (Figura 10b), aparte de la inversión $\alpha \rightarrow \beta$

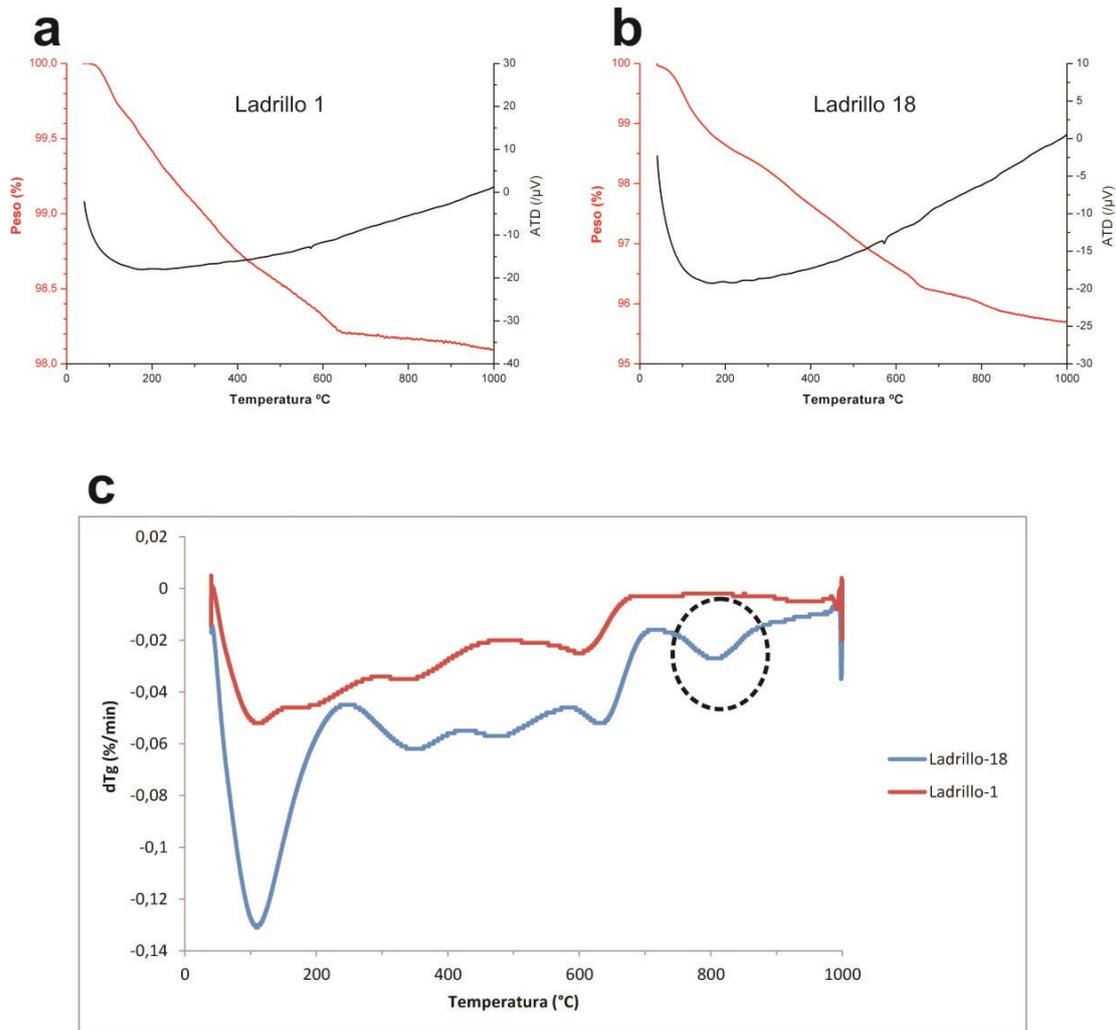


Figura 10: Resultados de ATD-TG. a) Ladrillo 1 del Grupo 1. b) Ladrillo 18 del Grupo 2. c) Primera derivada de TG (%/min) de los ladrillos 1 y 18. El círculo con línea discontinua indica el intervalo de descomposición de los carbonatos en el Ladrillo 18 del Grupo 1.

del cuarzo, se observa una reacción endotérmica entre 700 y 800 °C aproximadamente, que debe relacionarse con la descomposición de parte de los carbonatos que todavía no habían reaccionado, lo que confirma una temperatura de cocción equivalente inferior a la de los ladrillos del Grupo 1, como indicaron los datos de DRX y las observaciones petrográficas. Esta reacción se puede seguir de forma más detallada a través de la primera derivada de TG (figura 10c), en la que se produce una depresión entre aproximadamente 750 y 850 °C en el ladrillo del Grupo 2, que puede atribuirse a la descomposición de los carbonatos. Estos datos explican también la escasa formación de gehlenita que se determinó por DRX (figura 8b), ya que esta fase no se desarrolló más al haber todavía una importante cantidad de carbonatos que no se habían descompuesto debido a una relativamente baja temperatura de cocción.

3.5. Ubicación cronológica de los grupos de ladrillos y morteros

Los ladrillos asignados al Grupo 1 (muestras 1, 8, 9 y 16), caracterizados por haberse cocido a una temperatura más elevada (850-900 °C), presentar una mayor cantidad de chamota y estar constituidos por un sedimento con un tamaño de grano más seleccionado, se asocian a las intervenciones realizadas a partir de 1669 en la crujía oeste del patio, cuando se construyó la capilla barroca de San Ignacio. Por otro lado, los ladrillos asignados al Grupo 2 (muestras 1b, 3, 6, 7, 10, 12, 18 y

21), cocidos a menor temperatura (800-850 °C), con menor cantidad de chamota y un sedimento con menor selección de tamaño de grano, se corresponden con los utilizados en la casa original del siglo XV y en las intervenciones del siglo XVI. De esta situación se desprende que los ladrillos empleados en el siglo XV en la casa original son muy similares a los utilizados a principios del siglo XVI, cuando se construyó la crujía oeste. La ubicación en cada una de las dos plantas del edificio de los ladrillos pertenecientes a ambos grupos se expone en la figura 11.

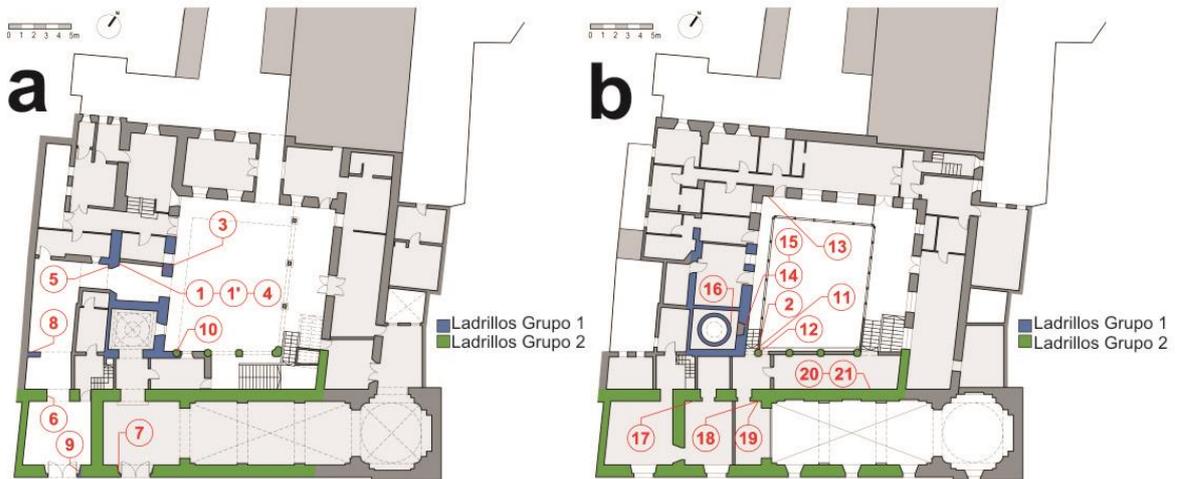


Figura 11: Ubicación de las muestras de los dos grupos de ladrillos en el edificio.
a) Planta baja. b) Primera planta.

Los morteros de cal aérea asignados al Grupo A (muestras 1, 3, 4, 10, 12, 18 y 21), se asocian a los ladrillos del Grupo 2 utilizados en la casa original del siglo XV, así como aquellos empleados en las intervenciones de principios del siglo XVI; mientras que los morteros de base yeso asignados al Grupo B (muestras 1b, 6, 11 y 16), se asocian a las obras de la capilla de San Ignacio y a intervenciones puntuales alrededor de la misma. Sólo en algún caso se encontraron morteros de este grupo asociados a ladrillos del Grupo 2, lo cual se explica porque dicha capilla se construyó en el interior de un cuerpo edificado a principios del siglo XVI, que respetó los muros exteriores. La ubicación en cada una de las dos plantas del edificio de los morteros pertenecientes a ambos grupos se expone en la figura 12.

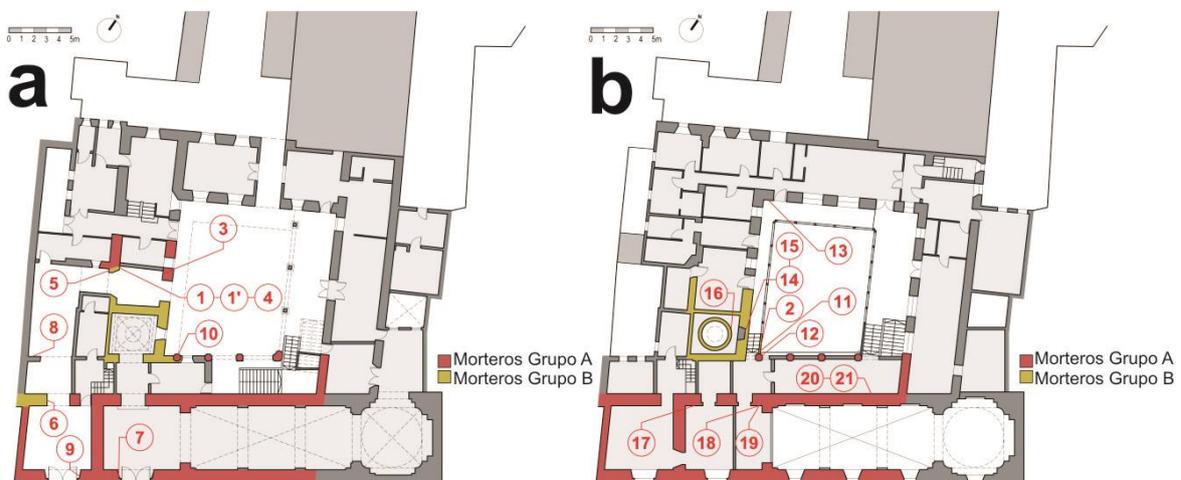


Figura 12: Ubicación de las muestras de los dos grupos de morteros en el edificio.
a) Planta baja. b) Primera planta.

Por último, se han hallado coincidencias tecnológicas y de materias primas entre el Hospital de Antezana y el Colegio de San Ildefonso, ya que coinciden tanto los ladrillos como los morteros utilizados en ambas edificaciones durante los siglos XV y XVI. Esto es, ladrillos de baja temperatura con chamota y morteros de cal aérea (Barluenga *et al.*, 2013).

4. Conclusiones

El estudio combinado que ha comprendido la caracterización arqueométrica de materiales y el análisis arquitectónico del edificio ha permitido identificar los ladrillos y morteros utilizados en la casa original de los Antezana del siglo XV y en las intervenciones efectuadas en el siglo XVI para transformar la casa en hospital de caridad. No se han encontrado diferencias tecnológicas notables entre los materiales utilizados en el siglo XV y los utilizados en el siglo XVI, lo que indica que los modos de producción no debieron variar demasiado en estos dos siglos. Se ha determinado la compatibilidad compositiva entre los ladrillos y una muestra de arcilla local, lo que podría sugerir que los ladrillos se habrían fabricado con materiales arcillosos del entorno de Alcalá de Henares.

Los materiales asociados a la construcción de la capilla barroca de San Ignacio en el siglo XVII se diferencian netamente de los anteriores, ya que se trata de ladrillos cocidos a mayor temperatura y morteros de base yeso, que no aparecen nunca en las partes de la casa original del siglo XV ni en las intervenciones del siglo XVI.

Asimismo, los resultados han permitido establecer una clara conexión entre el Hospital de Antezana y el Colegio de San Ildefonso de la Universidad de Alcalá, ya que se han determinado coincidencias tecnológicas entre los ladrillos y morteros utilizados en ambos edificios durante los siglos XV y XVI. Los datos arqueométricos avalan, por tanto, los distintos hechos históricos que ya hacían intuir esta conexión.

La realización de un estudio de estas características, en las que se ha combinado una aproximación arqueométrica con un análisis arquitectónico, pone de manifiesto que un trabajo de este tipo puede ser una vía eficaz para el estudio y conservación del Patrimonio Construido de la ciudad de Alcalá de Henares.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Javier García, arqueólogo, la ayuda prestada en la toma de muestras durante las obras de rehabilitación del Hospital de Antezana; la financiación del programa Geomateriales ref. S2009/MAT-1629 de la Comunidad de Madrid; y el apoyo profesional de la Red de Ciencia y Tecnología para la Conservación del Patrimonio Cultural (TechnoHeritage).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barluenga G, Undurraga R, Estirado F, Conde JF, Agua F, Villegas MA, and García-Heras M. Bricks and mortars from the Patio de Santo Tomás, Alcalá University (Madrid, Spain): a combined study of fabric characterization and building morphology. En: Rogerio-Candelera MA, Lazzari M, and Cano, E. editores. *Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage*, CRC Press, London: 2013. p. 1-4.

Fernández Majolero J. *Hospital de Nuestra Señora de la Misericordia de Alcalá de Henares: datos previos para un estudio histórico: siglos XV y XVI*. Alcalá de Henares: Hospital de Antezana, 1985.

Fernández Majolero J. *Cisneros y su sentido de la justicia: la concordia del Hospital de Nuestra Señora de la Misericordia (Fundación Antezana-siglo XVI)*. Alcalá de Henares: Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá, 2000.

Maggetti M. Phase analysis and its significance for technology and origin. En: Olin, JS, and Franklin, AD. editores. *Archaeological Ceramics*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, 1982, p. 121-133.

Martínez S, and Blanco M.T. Caracterización de morteros históricos. En Fort R, and Pérez-Monserrat EM. Editores. *La conservación de los Geomateriales utilizados en el Patrimonio*. Madrid: Programa Geomateriales, Comunidad de Madrid y Fondo Social Europeo, 2012, p. 55-61.

Pavón Maldonado B. *Tratado de arquitectura hispanomusulmana III. Palacios*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-CSIC, 2005.

Rice PM. *Pottery Analysis: a Sourcebook*. Chicago: Chicago University Press, 1987.

Román Pastor C, and Fernández Majolero J. *Datos históricos y evolución arquitectónica de la Fundación Antezana (Hospital gratuito de Nuestra Señora de la Misericordia de Alcalá de Henares)*. Alcalá de Henares: Hospital de Antezana, 1996.