

Caracterización petrográfica de morteros del conjunto medieval de la ciudad de Oviedo

F. J. ALONSO^{1*}, O. REQUEJO², M. FERNÁNDEZ-CRESPO¹ Y L. CARRIZO¹

¹Departamento de Geología. Universidad de Oviedo, c/Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, España.

²Gabinete Arqueológico S. L. Oviedo, España.

*e-mail: jalonso@geol.uniovi.es

Resumen: Se ha caracterizado una serie de morteros localizados en el conjunto histórico de la ciudad de Oviedo, procedentes de construcciones medievales. Se trata de morteros de cal con áridos de naturaleza silíceo, tamaño arena muy gruesa y algunas muestras con abundantes cantos (fragmentos de roca y fragmentos cerámicos). El conglomerante es cal carbonatada que se presenta mayoritariamente como micrita o microsparita y se distribuye de forma homogénea entre los áridos o tiende a formar grumos. Predominan las texturas granulares y, en menor medida, las flotantes y las masivas. A partir de sus características petrográficas, esencialmente del tipo de textura y tamaño de grano, se han obtenido cinco clases de morteros que se relacionan con épocas y fases constructivas.

Palabras clave: mortero, petrografía, cal, ligante/áridos, medieval, Oviedo.

Abstract: A series of archaeological interest mortars has been characterized, located in the historical set of the city of Oviedo, proceeding from constructions considered of medieval origin. The samples are lime mortars with siliceous aggregates, very coarse sand grain size and in some the pebble size dominates (rock and ceramic fragments). The binder is a carbonated lime that mainly appears as micrite or microsparite, and is distributed in a homogeneous form among the aggregates or tends to form lumps. Granular texture dominates, and to a lesser extent the floating and massive textures are present, as well. Based on their petrographic characteristics the mortars were classified and the obtained types were related to constructive period and phase.

Keywords: mortar, petrography, lime, binder/aggregate, medieval, Oviedo.

La caracterización de morteros antiguos tiene interés en arqueología (Gutiérrez-Solana *et al.* 1989; Vendrell-Saz *et al.*, 1996; Leslie y Hughes, 2002; Casadio *et al.*, 2005; Pavía y Caro, 2008) y en arquitectura, en particular en el ámbito de la restauración y conservación de monumentos (Álvarez *et al.*, 1999, 2000; Pavía y Bolton, 2000; Cazalla y de la Torre, 2003). Los morteros son materiales básicos en construcción, ya sea como elementos de unión de otros materiales en fábricas de piedra o ladrillo, en el revestimiento superficial

de paramentos (enfoscados, revocos...) y también como material de base en solados. Los morteros de cal se vienen empleando desde la antigüedad, siendo conocidos los de época romana por su elevada calidad, atribuida fundamentalmente a la bondad de la cal, así como a la técnica de elaboración y a su puesta en obra. Los morteros medievales son más heterogéneos, con variaciones de un lugar a otro y de una época a otra, siendo en general los más antiguos de peor calidad (Alejandre, 2002; Gárate Rojas, 2002).

Los estudios arqueológicos realizados en la ciudad de Oviedo, dentro del recinto amurallado medieval, han suministrado abundantes muestras de morteros pertenecientes a diferentes elementos constructivos, que se atribuyen a dicha época. En este trabajo se analizan 35 muestras de distinto tipo (morteros, argamasas, revocos, *opus signinum*...). Todas ellas pueden considerarse morteros en el sentido más general del término, es decir una mezcla de tres componentes: áridos, ligante y agua. El agua se pierde con el tiempo, a la vez que fragua y se endurece el mortero. Los áridos son normalmente materiales pétreos naturales de naturaleza silíceo o carbonatada, a los que a veces se añade fragmentos cerámicos (arcilla cocida, teja picada...), y se caracterizan por su comportamiento inerte. En los morteros actuales los áridos no superan los 5 mm (tamaños mayores son propios de hormigones), en los antiguos el tamaño es más variable. Como ligante se utilizan distintos materiales (arcillas, cales, yeso, cemento...) que por distintos procesos dan cohesión al conjunto. Entre ellos se distinguen los aglomerantes que sólo sufren cambios físicos (como la compactación en las arcillas), y los conglomerantes que experimentan transformaciones químicas, como la cal (CaO) que en presencia del anhídrido carbónico atmosférico (CO₂) se transforma en carbonato cálcico (CaCO₃) y cristaliza como calcita (Alonso *et al.* 2009).

El objetivo del trabajo es la caracterización petrográfica de dichos materiales, es decir determinar su composición, textura y porosidad, así como las relaciones entre ellas. A partir de dichas características se seleccionan criterios para establecer clases que sean significativas como morteros de construcción. El objetivo final de este tipo de estudios es relacionar las clases obtenidas con el origen de los morteros: procedencia del material, proceso de elaboración, situación en el edificio o época constructiva.

En los áridos importa conocer la naturaleza de sus componentes mayoritarios (silicatos, carbonatos...) y también tienen interés algunos minoritarios, como los fragmentos cerámicos o de carbón. Otras características relevantes son su granulometría y morfología, dado que pueden informar de la fuente del material. En concreto tiene interés el tamaño máximo de árido (centil), su variación de tamaño (calibrado) y su forma (angulosidad o redondez). Bajos calibrados y formas angulosas favorecen la trabazón de los áridos y precisan menos ligante para colmatar la porosidad intergranular, mejorando la compacidad y coherencia inicial del mortero cuando el ligante es escaso, aunque no su resistencia a largo plazo (durabilidad).

Atendiendo a la fase ligante interesa conocer el tamaño de los cristales de calcita, sus variaciones y su disposición entre los áridos. Así, el conglomerante puede tener aspecto homogéneo o mostrar tendencia a formar grumos, pellas, nódulos o granos difusos. Dicho aspecto está relacionado con la pureza de la cal y el grado de homogeneización de la mezcla durante la elaboración del mortero. El color puede verse afectado por pequeñas impurezas de arcillas o de óxidos de hierro, normalmente asociadas a los áridos o en morteros actuales como aditivo para dar color al ligante.

La dosificación o relación ligante/áridos permite distinguir el tipo de textura (granular, flotante o masiva). Dicha relación ha variado de unas épocas a otras, siendo en muchos casos más ricos en cal los morteros antiguos que los modernos. Así, Vitrubio (1997) indica relaciones 1/2 y 1/3, en la fuente de Foncalada (construcción ovetense atribuida tradicionalmente al prerrománico pero posiblemente romana) se cita la relación 2/1 (Rojo *et al.*, 2004), en fábricas medievales el valor medio es 3/1 (Cassinello, 2006), en los siglos XVI y XVII es frecuente 1/2 (García-López, 2009) y en palacios neoclásicos 2/1 a 1/1 (Fort *et al.* 2004), aunque también hay morteros medievales y renacentistas pobres en cal 1/3 a 1/5 (Gárate Rojas, 2002). Según Vitrubio (1997) “una vez la cal esta apagada, se mezclarán una parte de ella por tres partes de arena, si es de cantera, y con dos si es de río o de mar. Ésta será la más justa proporción de la mezcla. Además se hará más firme y sólida si se mezcla arena de río o de mar con una tercera parte de ladrillos molidos y cernido el polvo restante”. Casinello (2006) señala que “las cales medievales se obtenían de las piedras calizas procedentes de la misma cantera de la que extraían los sillares para construir las fábricas de la catedral, por esta razón existe una enorme variedad de tipos de cales medievales..., todas sufrían el mismo proceso de fabricación artesanal del cual resultaban cales poco homogéneas..., la dosificación es variable según la procedencia de las muestras ensayadas: 2/1, 3/1 y 4/1”.

La porosidad de los morteros normalmente es elevada, si bien muy variable, desde el 10 % al 40 % (Pavía y Bolton 2000). Con frecuencia los poros son de tipo intergranular, debido al bajo contenido en ligante o la mala elaboración del mortero. Los morteros ricos en cal pueden presentar poros móldicos, cuando hay componentes fáciles de alterar como restos orgánicos. El conglomerante en mayor o menor grado es microporoso debido a la transformación de la cal en calcita tamaño micrita, con poros de tipo matricial (tamaño inferior a 0,1 m); a veces presenta grietas de retrac-

ción en el entorno o el interior de grumos y pellas, que llegan a alcanzar décimas de mm de apertura. Procesos de disolución posteriores pueden agrandar los espacios vacíos y generar poros vacuolares.

Materiales y métodos

Los materiales proceden de distintos informes arqueológicos realizados en el Oviedo antiguo (García de Castro, 2000, 2001; Montes y Hevia, 2002; Requejo y Arca, 2002; Ríos, 2002, 2003; Requejo, 2002, 2003, 2004, 2005, 2008; Menéndez Granda y Sánchez Hidalgo, 2006). En

total se han analizado 35 muestras y en la tabla I se indica su localización, el tipo de muestra en relación con su naturaleza o función y su contexto arqueológico (elemento constructivo, cronología y criterio de datación). Algunas muestras contienen además otros materiales, tal como se indica en la tabla. Todas ellas se consideran morteros en el sentido más general del término, es decir se incluyen cantos y granos de arena entre los áridos. También pueden considerarse argamasas, ya que presentan cal como fase ligante o como único constituyente, que posteriormente se ha carbonatado y transformado en calcita.

Tabla I. Localización tipo y características de las muestras.

Nº	Localización		Tipo de muestra	Contexto arqueológico		
	Calle	nº		Construcción	Cronología	Criterio
1	Sta. Ana	2 y 4	Mortero	---	---	---
2	Sta. Ana	2 y 4	Mortero	---	---	---
3	Sta. Ana	2 y 4	Mortero	Estanque. Relleno	Siglo XV	Numerario
4	Sta. Ana	2 y 4	Mortero y estuco	Estanque. Relleno	Siglo XV	Numerario
5	Sta. Ana	2 y 4	Mortero	Estanque. Relleno	Siglo XV	Numerario
6	Cimadevilla	5	Mortero y madera	Pozo. Relleno superior (piedras)	Siglos XIV-XV	Estratigrafía
7*	Cimadevilla	5	Mortero y cantos	Pozo. Relleno inferior (hormigón)	Siglos XIV-XV	Estratigrafía
8*	Cimadevilla	5	Mortero y cantos	Pozo. Relleno inferior (hormigón)	Siglos XIV-XV	Estratigrafía
9	La Rúa	3 y 5	Mortero	Muro medieval. Sector 1-2	Siglos XII-XIII	Estratigrafía
10	La Rúa	3 y 5	Mortero	Muro medieval. Sector 2-3	Siglos XIV-XV	Estratigrafía
11*	La Rúa	3 y 5	Mortero	Relleno hoyo. Sector 2	Siglos XIV-XV	Estratigrafía
12	Catedral	Claustro	Revoco pintado	Muro. Relleno escalera. Nivel IV	---	Estratigrafía
13	Catedral	Claustro	Argamasa	Relleno escalera. Nivel X	Siglo XIII	Numerario
14*	Catedral	Jar. Pachu	Opus Signimum	Pavimento. Pozo canaleta desagüe	Siglo VIII-X	Estratigrafía
15*	Catedral	Jar. Pachu	Opus Signimum	Pavimento. Sector central N. I	Siglo VIII-X	---
16*	Catedral	Jar. Pachu	Revoco	Muro norte	Siglo VIII-X	Estratigrafía
17	Schulz	3	Revoco	Muro. Relleno. Sector III	---	---
18*	Schulz	3	Opus Signimum	Pavimento. Relleno. Sector III	---	---
19	Schulz	3	Mortero	Relleno. Sector I. Dep. 9	---	---
20*	Schulz	3	Argamasa y cantos	Pavimento. Sector I. Dep. 9	---	---
21	Museo Arq.	Claustro	Argamasa	Canalización jardín del claustro	---	---
22	Museo Arq.	Crujía este	Argamasa	Muro 2 (ampl.). Cuadro C	Siglos VIII-X	Carbono-14
23	Museo Arq.	Crujía este	Argamasa y roca	Muro 2 (ampl.). Cuadro C	Siglos VIII-X	Carbono-14
24	Museo Arq.	Crujía este	Argamasa	Muro 4 (ampl.). Cuadro C	Siglo > X	Post. muro 3
25	Museo Arq.	Crujía este	Argamasa	Muro 3. Cuadro C	Siglo > X	Post. muro 2
26	Museo Arq.	Crujía este	Mortero	Tumba 2	Siglos XI-XII	Carbono-14
27	Museo Arq.	Crujía este	Cal	Tumba 2	Siglos XI-XII	Carbono-14
29*	Museo Arq.	Crujía este	Cal y huesos	Tumba 2	Siglo XI-XII	Carbono-14
M6	Museo Arq.	---	Mortero	Estructura cuadrada	---	---
M7	Museo Arq.	---	Mortero y cantos	Cimentación claustro	---	---
M9	Museo Arq.	---	Arcilla y cal	Cimentación cubo	---	---
30	Ayuntamiento	4, 5 y 6	Mortero	Cimentación fachada	S. XVII-XVIII?	Estratigrafía
32	Universidad		Solera de cal	Capilla	Siglo XVI	Estratigrafía
33	Jovellanos	10	Argamasa	Base torre medieval	Siglo XIII	Numerario
34	Jovellanos	10	Argamasa	Base torre medieval	Siglo XIII	Numerario

* Muestras que contienen cantos.

Metodológicamente los morteros pueden verse como rocas sedimentarias clásticas y puede plantearse su estudio como tales (Balbás *et al.*, 2002). En este sentido, la caracterización petrográfica realizada integra las observaciones hechas a simple vista y con la lupa binocular, el estudio de láminas delgadas bajo microscopía óptica de polarización, y los datos obtenidos en los análisis de difracción de rayos X y residuo insoluble (Agulleiro y Alonso, 1972; Tucker, 1988).

En general las muestras son poco coherentes y presentan la superficie sucia, contaminada por materiales terrosos y arcillosos, por lo que precisan un tratamiento previo. En primer lugar se procedió a secar las muestras, de esta forma aumenta su coherencia y es posible cortarlas y obtener fracciones. Uno de los trozos, con una superficie de corte limpia de arcillas, se destinó a estudiar sus características macroscópicas, otro trozo se embutió en resina con el fin de preparar láminas delgadas, y se tomó una fracción de la super-

Tabla II. Componentes petrográficos y minerales de las muestras.

Nº	R.I.	Áridos						Conglomerante		Otros				
		Cuarzo	Feldespatos		Mica	Frag. roca		Carbonatos		Arcillas		Min.	Frag.	Frag.
		Mic.	Alb.	Mosc.	Are.	Cal.	Calcita	Ankerita	Kaol.	Mont.	Fe	cerámica	carbón	
1	75	XXX	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-
2	82	XXX	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-
3	85	XXX	x	x	x	x	x	x	t	x	-	-	-	-
4	64	XX	x	x	x	-	x	XX	-	-	x	x	-	x
5	76	XXX	x	-	x	x	x	X	-	-	-	-	-	-
6	7	x	x	-	-	-	x	XXXX	-	-	x	x	x	x
7*	10	x	-	-	-	-	x	XXXX	-	-	-	x	x	x
8*	15	X	-	-	-	-	-	XXX	-	x	x	x	x	xx
9	69	XX	x	x	xx	-	x	XX	t	x	x	-	-	x
10	88	XXX	x	x	x	x	x	X	t	x	-	-	-	x
11*	3	x	-	-	-	-	x	XXXX	-	-	-	-	x	x
12	53	XX	x	t	x	-	xx	XX	x	x	t	x	-	x
13	63	XX	x	-	x	-	x	XX	-	x	t	x	-	x
14*	29	X	t	-	-	-	X	XX	-	x	t	x	x	x
15*	28	X	x	-	x	-	X	XX	x	x	-	x	x	x
16*	30	X	-	-	x	-	X	XX	-	-	x	x	xx	x
17	75	XX	x	t	x	-	x	XX	-	-	-	x	-	x
18*	40	XX	x	x	x	-	x	XX	x	-	-	x	-	x
19	58	XX	t	-	-	x	x	XX	-	-	-	x	-	x
20*	70	XX	x	-	x	-	x	XX	-	x	t	-	x	x
21	84	XXX	-	-	x	-	x	X	-	x	t	-	-	x
22	43	XXX	x	-	x	x	x	X	-	x	t	x	-	x
23	67	XX	x	x	x	x	-	XX	x	x	-	x	-	x
24	77	XXX	x	x	x	x	x	X	-	x	x	x	x	x
25	53	XX	x	x	x	x	-	XX	xx	x	t	x	-	x
26	63	XX	t	-	x	-	-	XX	-	x	-	-	-	-
27	20	X	-	-	x	sin análisis		XXX	x	x	xx	-	x	x
29*	47	XX	-	-	x	-	x	XX	-	t	t	x	x	x
M6	85	XXX	x	-	x	sin análisis		X	x	x	-	x	-	-
M7	75	XXX	x	-	x	sin análisis		X	x	x	-	-	x	-
M9	70	XXX	x	x	x	sin análisis		X	x	x	-	-	x	-
30	78	XXX	t	-	x	-	-	X	-	x	t	-	-	x
32	95	XXX	x	-	x	-	-	X	x	x	t	-	x	x
33	83	XXX	x	x	x	-	x	X	x	x	t	-	-	x
34	87	XXX	x	-	x	x	-	X	x	x	-	-	-	x

* Muestras que contienen cantos. Los datos corresponden al mortero sin cantos. R.I.: Residuo insoluble (%). Mic: Microclina, Alb: Albita, Mos: Moscovita, Are: Arenisca, Cal: Caliza, Kaol: Caolinita, Mont: Montmorillonita.

ficie de corte para la determinación del residuo insoluble y el análisis difractométrico.

El estudio realizado contempla distintos aspectos relacionados con la composición, la textura y la porosidad de los morteros. En cuanto a la composición, se distingue entre componentes petrográficos y composición mineral. Entre los componentes petrográficos se han diferenciado los áridos de la fase ligante y se ha determinado su mineralogía, también se han identifi-

cado otros componentes minoritarios como fragmentos cerámicos, de carbón y de paja. Se indica el tipo de textura en función del tamaño de los áridos y la dosificación, así como las características texturales, fundamentalmente el tamaño y forma de los componentes (granos en las arenas y cristales en el conglomerante), su homogeneidad y distribución en el espacio. También se analiza la porosidad: su abundancia, el tipo de espacios vacíos y sus características de tamaño y forma. Tras la caracterización petrográfica se estable-

Tabla III. Características de la textura y clasificación de las muestras.

Nº	Mortero			Conglomerante			Clase
	Aspecto / Textura	C / A	T(c)	Tipo	Textura	Color	
1	Granular	1 / 3	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	I-a
2	Granular	1 / 3	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	I-a
3	Granular	1 / 3	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	I-a
4	Flotante	1 / 1	3	Micrita	Grumosa	Blanco	II-a
5	Granular	1 / 3	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	I-a
6	Masivo y poroso	> 10 / 1	0,5	Micrita	Grumosa	Ocre	iV-b
7*	Masivo y poroso	> 10 / 1	0,5	Micrita	Grumosa	Ocre	IV-b
8*	Masivo y poroso	5 / 1	1	Micrita	Grumosa	Blanco	IV-a
9	Granular de grano fino	1 / 2,5	0,5	Microesparita	Homogénea	Amarillo	V-b
10	Granular	1 / 3	3	Microesparita	Homogénea	Ocre	I-b
11*	Masivo y poroso, tobáceo	> 10 / 1	0,5	Micrita	Grumosa	Blanco	IV-a
12	Flotante	1,5 / 1	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	II-a
13	Flotante	2 / 1	3	Microesparita	Homogénea	Ocre	II-b
14*	Conglomerático	2,5 / 1	5-2	Micrita-microesparita	Grumosa	Blanco	III-a
15*	Conglomerático	2,5 / 1	5-2	Micrita-microesparita	Grumosa	Blanco	III-a
16*	Conglomerático	2,5 / 1	5-2	Micrita-microesparita	Grumosa	Blanco	III-a
17	Flotante	2 / 1	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	II-a
18*	Flotante con cantos	2 / 1	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	III-a
19	Flotante	2 / 1	3	Microesparita	Homogénea	Blanco	II-a
20*	Flotante con cantos	1 / 1	2	Microesparita	Homogénea	Ocre	III-b
21	Granular	1 / 3	5-3	Microesparita	Homogénea	Blanco	I-a
22	Granular	1 / 3	2	Microesparita	Homogénea	Ocre	I-b
23	Flotante	1 / 1	5	Microesparita	Homogénea	Ocre	II-b
24	Granular	1 / 3	2	Microesparita	Homogénea	Ocre	I-b
25	Flotante	1 / 1	5	Microesparita	Homogénea	Ocre	II-b
26	Flotante	1 / 1	5	Micrita	Grumosa	Blanco	II-a
27	Material suelto, terroso	4 / 1	1	---	---	Ocre	IV-b
29*	Flotante con huesos	1,5 / 1	1	Micrita	Grumosa	Amarillo	III-b
M6	Material suelto, terroso	1 / 5	5	---	---	Ocre	I-b
M7	Terroso	1 / 3	2	---	---	Ocre	I-b
M9	Terroso	1 / 3	1	---	---	Marrón	I-b
30	Granular	1 / 3	5	Microesparita	Homogénea	Blanco	I-a
32	Granular de grano fino	1 / 3	0,5	Microesparita	Homogénea	Blanco	V-a
33	Granular	1 / 3	3	Microesparita	Heterogénea	Ocre	I-b
34	Granular	1 / 3	3	Microesparita	Heterogénea	Ocre	I-b

* Muestras que contienen cantos. Los datos corresponden al mortero sin considerar los cantos.
C / A: Relación conglomerante / áridos, T(c): Tamaño de grano (centil en mm).

Tabla IV. Tipos de morteros.

Clase I: Mortero de arena gruesa con textura granular		
I-a	blanco	Muestras: 1, 2, 3, 5 (SA); 21 (MA); 30 (U) S. XV (SA)
I-b	ocre	Muestras: 22, 24, M6, M7, M9 (MA); 33, 34 (J); 10 (LR) S. VIII-X (MA); S. XIII (J); S. XIV-XV (LR)
Clase II: Mortero de arena gruesa con textura flotante		
II-a	blanco	Muestras: 26 (MA); 4 (SA); 12 (C); 17, 19 (S) S. XI-XII (MA); S. XV (SA)
II-b	ocre	Muestras: 23, 25 (MA); 13 (C) S. VIII-X (MA); S. XIII (C)
Clase III: Mortero de arena gruesa con cantos		
III-a	blanco	Muestras: 14, 15, 16 (C); 18 (S) S. VIII-IX (C)
III-b	ocre	Muestras: 29 (MA); 20 (S) S. XI-XII (MA)
Clase IV: Mortero de cal con algún canto		
IV-a	blanco	Muestra: 8 (C); 11 (LR) S. XIV-XV (C, LR)
IV-b	ocre	Muestras: 6, 7 (C); 27 (MA) S. XIV-XV (C)
Clase V: Mortero de arena fina		
V-a	blanco	Muestra: 32 (U) S. XVI (U)
V-b	amarillo	Muestra: 9 (LR) S. XII-XIII (LR)

SA: Sta. Ana, C: Cimadevilla, LR: La Rúa, C: Catedral, S: Schulz, MA: Museo Arqueológico, A: Ayuntamiento, U: Univesidad; J: Jovellanos.

cen cinco clases de morteros y, de acuerdo con su frecuencia, se valora la importancia o significación de cada una de ellas en el conjunto estudiado.

Resultados

Las principales características de las muestras analizadas se resumen en las tablas I, II y III. En superficie de corte predominan los morteros blancos y también son frecuentes los tonos ocre claro, excepcionalmente hay algunos amarillos y otros más rojizos (Tabla III). La mayoría presentan aspecto parecido, domina el tipo granular de grano grueso y con menor frecuencia el tipo conglomerático, variando el tamaño de los cantos de unas muestras a otras. En general, el grado de coherencia es bajo y las muestras pueden disgregarse con los dedos más o menos fácilmente. En algún caso están formadas por material suelto y no se dispone de láminas delgadas para su análisis.

Los áridos están compuestos mayoritariamente por granos de cuarzo, además contienen feldespatos, micas y fragmentos de roca en bajo porcentaje (Tabla II). Los cuarzos son mayoritariamente translúcidos o amarillentos, en algunas muestras los de mayor tamaño presentan tono rosado. Son cuarzos monocristalinos, a veces policristalinos, con frecuencia están fisurados, mal calibrados (con tamaños muy gruesos: 3-5 mm a muy finos: 0,1 mm), los mayores están redondeados y los pequeños son muy angulosos. El 80 % de las muestras presentan microclina y en la mitad de ellas también hay albita, la moscovita aparece asimismo en la mayoría, y la biotita y turmalina son excepcionales. Prácticamente todas las muestras contienen

fragmentos de roca, predominando las propias del entorno (calizas bioclásticas amarillas tipo Piedramuelle y tipo Oviedo, calizas y dolomías micríticas blancas tipo Laspra y calizas cristalinas grises tipo Montaña), (Gutiérrez Claverol y Torres Alonso, 1995), con menor frecuencia presentan fragmentos de areniscas y de sílex. En general los fragmentos de roca son los áridos de mayor tamaño y, junto a los grandes fragmentos cerámicos, constituyen los cantos en los morteros conglomeráticos.

La fase ligante es cal carbonatada que se presenta mayoritariamente como calcita tamaño micrita o microesparita y, ocasionalmente, esparita. Su aspecto varía de unas muestras a otras desde homogéneo a heterogéneo de tendencia grumosa, con pellas o granos de bordes más o menos difusos, que se atribuyen a la presencia de nódulos en la cal (masas mal cocidas o mal apagadas), (Tabla III). En algunas muestras se detectan pequeñas cantidades de ankerita o dolomita ferrosa (Tabla II), que puede proceder de fragmentos de dolomías. En contenido en arcillas es bajo, no supera el 5 %, entre ellas se ha identificado caolinita en el 80 % de las muestras, y con menor frecuencia y en menor cantidad montmorillonita, sobre todo en los morteros ocre. Como componentes minoritarios, en más de la mitad de las muestras se distinguen granos opacos que se atribuyen a minerales de hierro. El 80 % presenta fragmentos de carbón entre los granos finos, y alrededor del 40 % fragmentos de cerámica, en este caso en toda la gama de tamaños. En la mayoría de las muestras se observan trazas de un componente de pequeño tamaño y forma acicular que se atribuye a restos de paja de gramíneas.

Predomina la textura granular de grano grueso y bajo contenido en ligante, también hay morteros con áridos de características similares y textura flotante debido a su mayor contenido en ligante, otros morteros presentan textura conglomerática por su contenido en cantos, son menos frecuentes los de textura masiva sin apenas áridos y más escasos los morteros de arena fina sin áridos gruesos.

De acuerdo con las características petrográficas mencionadas se ha realizado una clasificación de los morteros. En la tabla IV se indican las clases establecidas y seguidamente se resaltan los rasgos distintivos de cada clase.

Clase I: Mortero de arena gruesa con textura granular

Es la clase más frecuente (40 % de las muestras), a simple vista se caracteriza por presentar aspecto granular, relativamente homogéneo, destacando algún grano de cuarzo de mayor tamaño (Fig. 1). En general son morteros poco coherentes y poco compactos, ya que presentan poros milimétricos y absorben agua con gran facilidad. Las diferencias más notables afectan al color, predominando el blanco (Munsell: 10YR 8/1) sobre el ocre claro (Munsell: 10YR 8/2), si bien la superficie de las muestras presenta con frecuencia tonos amarillos por contaminación con arcillas.



Figura 1. Superficie de corte en un mortero clase I (Nº 5), donde se aprecian abundantes granos de cuarzo de tamaño variable, algunos poros y el ligante de color blanco.

Su textura es granular, con los áridos en contacto y una relación ligante/áridos en torno a 1/3. Los áridos (70-75 %) son mayoritariamente granos de cuarzo como los descritos inicialmente, todas las muestras presentan microclina, moscovita y fragmentos de

roca, y algunas también albita. Entre los fragmentos de rocas predominan las calizas locales y también hay areniscas, sobre todo en los morteros ocre. El tamaño de los granos es muy variable (3 mm a 0,1 mm), los mayores están redondeados y los pequeños son muy angulosos. El conglomerante (30-25 %) está formado mayoritariamente por calcita tamaño microesparita y su aspecto es homogéneo en cuanto al tamaño de los cristales y su distribución entre los áridos (Fig. 2). El contenido en arcillas es relativamente bajo, casi todas las muestras presentan caolinita y algunas trazas de montmorillonita. En general carecen de granos opacos, de fragmentos cerámicos y algunos morteros blancos (Sta. Ana) de fragmentos de carbón, todos presentan restos de paja. Se observan poros milimétricos de tipo intergranular y móldico, a veces alargados y orientados, y también alguna fisura. Las grietas de retracción son escasas y están poco desarrolladas, presentándose en el interior de algunos nódulos que forma el conglomerante.

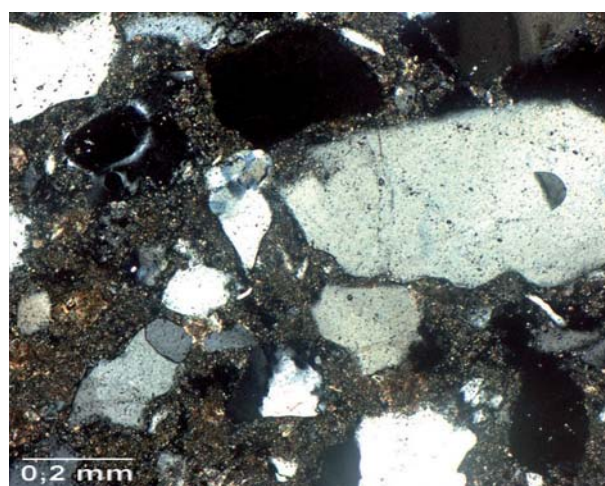


Figura 2. Textura al microscopio de un mortero clase I (Nº 3). Se observan granos de cuarzo angulosos y el ligante formado por calcita tamaño microesparita homogénea (MOP, x63, con analizador).

Clase II: Mortero de arena gruesa con textura flotante

Se presenta con bastante frecuencia (23 % de las muestras), a simple vista su aspecto también es granular homogéneo, a veces con algún grano de cuarzo de gran tamaño (5 mm), (Fig. 3). Estos morteros son poco compactos y algo más coherentes que los anteriores. Las mayores diferencias entre ellos se presentan igualmente en el color, predominando los morteros blancos (Munsell: 10YR 8/1) sobre los ocre, los cuales ahora tienen un tono ligeramente más fuerte (Munsell: 10YR 8/4).



Figura 3. Superficie de corte en un mortero clase II (Nº 12). Presenta igualmente aspecto granular, con granos de cuarzo y algún fragmento de caliza, más o menos dispersos en el ligante.

Se distinguen del tipo anterior por su textura flotante, sin apenas contacto entre los áridos, situándose la relación ligante/áridos igual o superior a 1/1. Los áridos (40-50 %) son granos de cuarzo, también hay microclina –a veces albita–, moscovita y fragmentos de roca, similares a la clase I en cuanto a tamaño y forma. El conglomerante está en mayor proporción (60-40 %) pero normalmente presenta las mismas características, está formado por calcita tamaño microesparita de aspecto homogéneo y a veces grumos de micrita (Fig. 4). El contenido en arcillas también es bajo, algunas muestras presentan caolinita y algunas trazas de montmorillonita (Claustro de la Catedral). Como en la clase anterior todas las muestras carecen

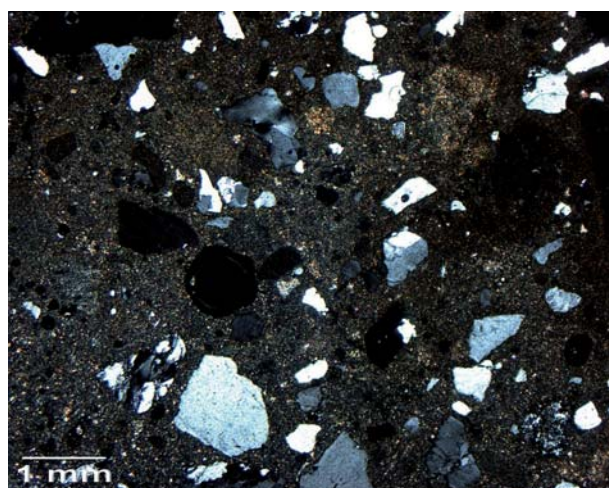


Figura 4. Textura de un mortero clase II (Nº 4). Se observan granos de cuarzo, algún fragmento de caliza cristalina, poros, y también como ligante calcita tamaño microesparita homogénea. El contenido en ligante ahora es mayor y presenta textura flotante (MOP, $\times 10$, con analizador).

de fragmentos cerámicos y presentan restos de paja, pero ahora se observan granos opacos y fragmentos de carbón tanto los morteros blancos como los ocre. Los poros son más escasos, predominando los microporos. Las grietas de retracción son más abundantes, presentan mayor desarrollo y se distribuyen de forma homogénea en el conglomerante.

Clase III: Mortero de arena gruesa con cantos

También es un tipo de mortero frecuente (17 %) entre las muestras estudiadas, en este caso más heterogéneo debido al tamaño y naturaleza de los cantos. A simple vista destaca por su aspecto algo brechoide, con áridos gruesos de varios centímetros y formas angulosas, constituidos por fragmentos de rocas carbonatadas, fragmentos cerámicos y en una muestra óseos. Dichos fragmentos están unidos por un mortero rico en cal que contiene áridos más finos. En general, las muestras son poco compactas y moderadamente coherentes (Fig. 5). Como en los tipos anteriores predominan los morteros blancos (Munsell: 10YR 8/1), uno es ocre (Munsell: 10YR 8/4) y otro amarillo pálido (Munsell 2,5Y 7/4).



Figura 5. Superficie de corte en un mortero clase III (Nº 14). Destacan grandes fragmentos de ladrillos y de rocas (distintos tipos de calizas), y actúa como ligante un mortero blanco rico en cal.

Los morteros conglomeráticos tienen los áridos gruesos (cantos de unos 2 cm) en contacto, y en los de textura flotante tienen áridos gruesos de menor tamaño dispersos en el conglomerante. Excluidos los cantos, los áridos finos (0,5 mm) se presentan en baja proporción (30-40 %), entre ellos predominan el cuarzo, también hay feldespatos, moscovita y fragmentos de calizas. El conglomerante (70-60 % en el mortero sin cantos) presenta un aspecto más heterogéneo, con zonas más oscuras ricas en micrita que forman grumos

y a veces granos de bordes difusos, y otras zonas claras con microesparita que en ocasiones sellan grietas de retracción (Fig. 6). El contenido en arcillas es igualmente bajo, predominando la caolinita aunque también es frecuente la montmorillonita. Todos los morteros presentan fragmentos cerámicos, granos opacos y fragmentos de carbón, y en algunos hay restos de paja. En general se observan grandes poros milimétricos, que en ocasiones son de tipo móldico, y algunas fisuras en torno a los áridos. Las grietas de retracción son escasas y están poco desarrolladas.

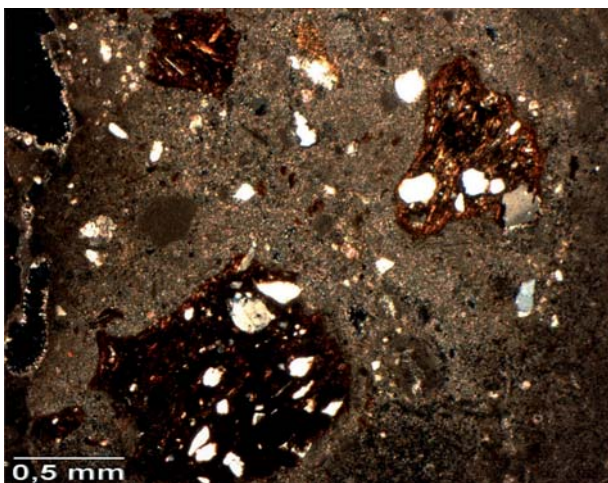


Figura 6. Aspecto de la fase ligante del mortero clase III (Nº 14). Se observan pequeños granos de cuarzo y fragmentos de ladrillo, que a su vez contienen granos de cuarzo. El ligante es más heterogéneo, con calcita tamaño micrita y microesparita (MOP, $\times 25$, con analizador).

Clase IV: Mortero de cal con algún canto

Es un tipo relativamente frecuente (14 %), fácil de distinguir por su aspecto masivo, más o menos poroso, a veces tobáceo. Ocasionalmente destaca algún fragmento de roca, grano de cuarzo o poro de gran tamaño (Fig. 7). En general, son morteros poco compactos y muy poco coherentes. Predomina el color ocre muy claro en las muestras secas (10YR 8/2), a veces se observa color rojizo en superficie debido a la presencia de arcillas ricas en hierro.

Presenta textura masiva, microcristalina, con algunos granos de arena dispersos que pueden verse más como impurezas del conglomerante que como áridos. Los granos (5 %) son cuarzos de pequeño tamaño (inferior a 0,5 mm) y, en general, no llegan a observarse feldespatos ni moscovita. Excepcionalmente presenta algún fragmento de caliza de gran tamaño (5 mm). El conglomerante (95 %) está formado por calcita tamaño micrita

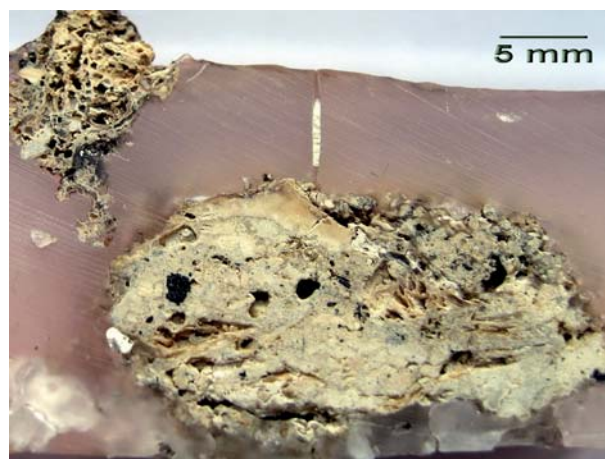


Figura 7. Superficie de corte en un mortero clase IV (Nº 6). Se caracteriza por presentar aspecto más heterogéneo, con abundantes poros de gran tamaño (de apariencia tobácea) y escasos granos.

de aspecto muy heterogéneo, grumoso, con abundantes zonas oscuras donde los grumos tienden a formar granos milimétricos de bordes difuminados, y otras zonas más claras con microesparita (Fig. 8). El contenido en arcillas es bajo, y con frecuencia se identifica montmorillonita. Todas las muestras presentan fragmentos cerámicos y fragmentos de carbón, y las procedentes de Cimadevilla granos opacos. La porosidad es elevada, con abundantes poros milimétricos de tipo móldico o vacuolar y también abundantes grietas de retracción, probablemente ensanchadas por procesos de disolución.

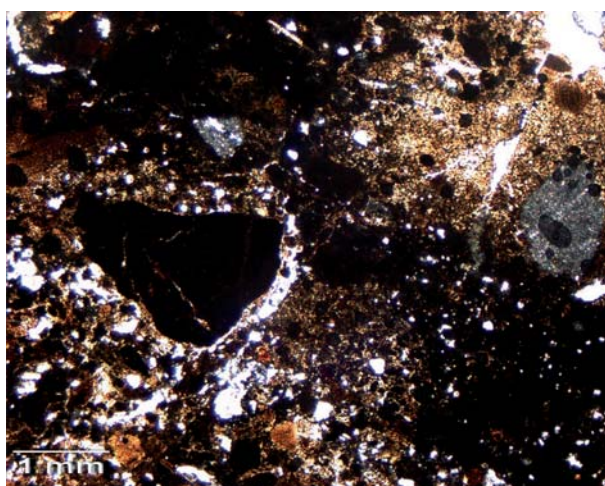


Figura 8. Textura de un mortero clase IV (Nº 6). La fase ligante es mayoritaria y su aspecto es más heterogéneo, debido a variaciones de tamaño en la calcita. Excepcionalmente se observa algún fragmento de caliza cristalina, granos de cuarzo muy pequeños, algunos poros y grietas de retracción (MOP, $\times 10$, sin analizador).



Figura 9. Superficie de corte en un mortero clase V (Nº 9). Se distingue por presentar color más amarillento, granos de menor tamaño y pequeños poros.

Clase V: Mortero de arena fina

Esta clase sólo incluye dos muestras que se distinguen a simple vista por su aspecto finamente granular y por presentar abundante moscovita (Fig. 9). Ambos morteros son muy poco compactos y también muy poco coherentes. Uno es blanco (Munsell: 10YR 8/1) y el otro amarillo claro (Munsell: 2,5Y 8/3).

La textura es granular, con los áridos en contacto y una relación ligante/áridos en torno a 1/3. Los áridos son mayoritariamente granos de cuarzo de pequeño tamaño (0,5-0,1 mm), también hay microclina, fragmentos de calizas cristalinas y abundante moscovita. El conglomerante es mayoritariamente calcita tamaño

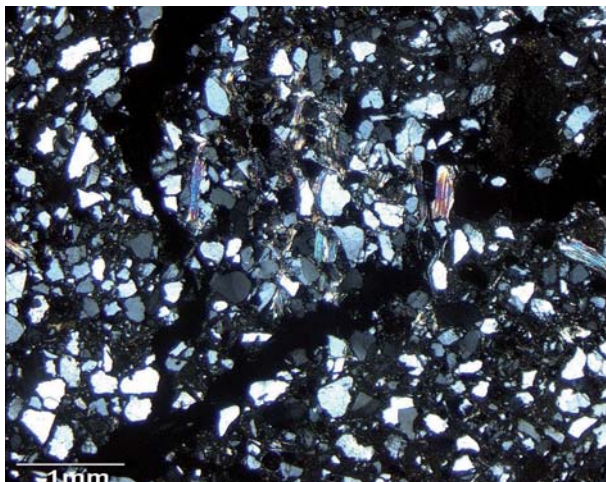


Figura 10. Textura de un mortero clase V (Nº 9). Destaca la abundancia de moscovita y de granos de cuarzo. Como ligante presenta algo de calcita entre los granos (MOP, $\times 10$, con analizador).

microesparita, de aspecto más o menos homogéneo, a veces muestra un ligero bandeo –con bandas más ricas en áridos y otras en calcita– y excepcionalmente granos difusos (Fig. 10). El contenido en arcillas es algo mayor, identificándose caolinita y montmorillonita. Ambas muestras presentan fragmentos de carbón y restos de paja. Apenas se observan poros, predominando los microporos propios del conglomerante. Las grietas de retracción también son escasas y se localizan en los pocos nódulos que forma el conglomerante.

Conclusiones

Gran parte de los morteros analizados son bastante parecidos y aunque están próximos en el espacio presenta notables diferencias temporales. Entre sus características comunes cabe citar la naturaleza de los áridos: cuarzo de grano grueso, microclina, moscovita y fragmentos de rocas, la similitud del conglomerante: cal transformada en calcita con bajo contenido en arcillas, y la presencia de fragmentos de carbón, de restos de paja y –en algunos tipos– fragmentos cerámicos.

Los morteros incluidos en las clases I y II (63 % de las muestras) tienen características muy parecidas, exceptuado el contenido en cal y por tanto el tipo de textura. Todos presentan aspecto granular de grano grueso y color blanco o ligeramente ocre. Están compuestos por el mismo tipo de áridos, esencialmente cuarzo. En baja proporción presentan microclina, moscovita y fragmentos de rocas, sobre todo de calizas locales. Los áridos tienen las mismas características texturales: hay granos muy gruesos (5 mm) redondeados junto a otros muy finos (0,1 mm) angulosos. Todas esas similitudes apuntan a que pueden proceder de la misma fuente y haber sufrido los mismos procesos. La fase ligante también muestra el mismo aspecto: calcita tamaño microesparita que se distribuye de forma homogénea entre los áridos. Este hecho puede estar relacionado con la calidad de la cal y la buena elaboración del mortero. La diferencia entre ambas clases es la dosificación o contenido en cal, y puede ser debida al distinto uso que se hace de ellos en construcción. En este sentido, señalar que los morteros ricos en cal (clase II) son ligeramente más coherentes.

Las muestras incluidas en la clase III forman un grupo más heterogéneo. Dichas muestras se distinguen por presentar aspecto conglomerático brechoide, con áridos muy gruesos (fragmentos de rocas y de cerámica) que además varían mucho en cantidad y tamaño de unas muestras a otras. En consecuencia se tienen conglomerados y microconglomerados con los áridos

gruesos en contacto entre sí o dispersos, unidos por un mortero rico en cal que tiene en menor proporción áridos finos. Dichos finos se distinguen por presentar abundantes fragmentos cerámicos, junto a los granos de arena. La fase ligante está formada por calcita tamaño micrita con tendencia a formar grumos. Los conglomerados corresponden a las muestras identificadas como opus signinum, y se caracterizan por tener los grandes áridos –entre los que predominan fragmentos de ladrillo– en contacto y por ser relativamente coherente. La coherencia se atribuye a que también son abundantes los fragmentos de ladrillos entre los finos.

La clase IV está constituida por los morteros de cal, a veces con cantos de gran tamaño. Además de la cal, estos morteros muestran algunos granos de arena que pueden considerarse impurezas del conglomerante. Dado el bajo contenido en granos sólo llega a identificarse cuarzo entre las fases minerales y, esporádicamente, fragmentos de roca, de cerámica y de carbón. El conglomerante se presenta como calcita tamaño micrita con tendencia a formar grumos y granos de bordes difusos. Estos morteros se caracterizan por presentar abundantes poros milimétricos y grietas de retracción, y también por mostrar poca coherencia. A pesar del elevado contenido en cal, el bajo grado de cristalinidad de la calcita y la abundante porosidad indican que se trata de morteros con diferente elaboración o que probablemente han sufrido procesos posteriores de alteración.

Hay dos morteros (clase V) que se distinguen de los anteriores a simple vista por carecer de arena gruesa. En este caso los áridos son granos de cuarzo inferiores a 0,5 mm, y presentan más moscovita y arcillas que el resto de las muestras. Dichas características parecen indicar otra fuente para el árido, dadas las diferencias cronológicas y a veces de uso. El bajo contenido en cal, junto al mayor contenido en micas y arcillas, justifican su poca coherencia.

Los cuatro morteros de Sta. Ana –siglo XV– de la clase I son prácticamente iguales (con ausencia de opacos, fragmentos cerámicos y de carbón) y el quinto, que corresponde a la clase II, presenta además otras características diferentes (montmorillonita, opacos y fragmentos de carbón). Las tres muestras de Cimadevilla –siglos XIV y XV– pertenecen a la clase IV, y se distinguen por ser morteros de cal con algún canto y presentar opacos, fragmentos de cerámica y de carbón. Los morteros de la Catedral y Schulz son parecidos, los hay conglomeráticos (clase III) y granulares ricos en cal (clase II), y normalmente presentan opacos, fragmentos cerámicos y de carbón. En La Rúa

y el Museo Arqueológico las distintas muestras analizadas presentan características diferentes, probablemente en relación con distintas etapas constructivas. Los morteros de Jovellanos –siglo XIII– pertenecen a la clase I como los de Sta. Ana, aunque se distinguen de ellos por el color ocre y la presencia de fragmentos de carbón.

Glosario

Aglomerante: Material capaz de unir fragmentos de otros materiales y dar cohesión al conjunto por procesos físicos.

Argamasa: Mortero de albañilería hecho de cal, arena y agua.

Arena: Material formado por granos de tamaño comprendido entre 2 y 0,06 mm.

Árido: Fragmentos de materiales duros, normalmente arenas y gravas procedentes de rocas, que se emplean en la fabricación de morteros y hormigones.

Cal: Conglomerante formado generalmente por óxido de calcio, también incluye las diferentes variedades de óxido e hidróxido de calcio y de magnesio.

Canto: Fragmento de roca que se distingue por su forma redondeada y su tamaño grava.

Centil: Mayor tamaño de grano de un población con una representatividad del 1%.

Conglomerante: Material capaz de unir fragmentos de otros materiales y dar cohesión al conjunto por procesos químicos.

Enfoscado: Capa de mortero aplicada a un muro para recubrir las imperfecciones, proteger, modificar el aspecto estético o servir de base a un segundo revestimiento.

Enlucido: Revestimiento fino de una pared interior a base de yeso, aplicado sobre un guarnecido.

Estuco: Pasta de cal apagada y mármol pulverizado, que se aplica sobre paredes revocadas antes de ser decoradas.

Grava: Material formado por cantos de tamaño superior a 2 mm, normalmente mayor de 1 cm.

Guarnecido: Primer revestimiento de una pared interior hecho con pasta de yeso negro.

Ligante: Material capaz de unir componentes y dar cohesión al conjunto por efectos físicos (aglomerante) o reacciones químicas (conglomerante).

Mortero: Mezcla de uno o varios conglomerantes (cal, yeso o cemento) y arena, amasada con agua, que puede contener aditivos.

Opus signinum: Pavimento hecho a base de polvo de ladrillo y argamasa que forma una superficie fina e impermeable, en la que pueden incrustarse fragmentos de mármol o teselas antes de que fragüe.

Pasta: Amasado de conglomerante más agua sin la presencia de áridos.

Revoco: Capa de mortero, normalmente de cal y arena fina, que se pone por la parte exterior las paredes de un edificio o paramento.

Bibliografía

AGUILLEIRO, B y ALONSO, J. J. (1972): Estudio del residuo insoluble de rocas carbonatadas españolas. *Bol. Real Soc. Esp. Historia Natural (Sec. Geológica)*, 70: 29-54.

ALEJANDRE, F. J. (2002): *Historia. Caracterización y restauración de morteros*. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Secretariado de Publicaciones, Universidad de Sevilla, 146 pp.

ALONSO, F. J., BUSTAMANTE, R. DÍAZ, C., MONJO, J. y SALTO, I. (2009): Glosario de morteros. *ReCoPar (revista electrónica)*, 6: 33-40.

ÁLVAREZ, J. I., MARTÍN, A., GARCÍA-CASADO, P. J., NAVARRO, I. y ZORNOZA, A. (1999): Methodology and validation of a hot hydrochloric acid attack for the characterization of ancient mortars. *Cement Concrete Res.*, 29, 7: 1061-1065.

ÁLVAREZ, J. I., NAVARRO, I., MARTÍN, A. y GARCÍA-CASADO, P. J. (2000): Study of the ancient mortars in the north tower of Pamplona's San Cernin church. *Cement Concrete Res.*, 30, 9: 1413-1419.

BALBÁS, A., DELGADO, S., RECUENTO, J. L. y PAVÍA, S. (2002): Caracterización de morteros. En: *Caracterización y restauración de materiales pétreos, Tomo I: Rocas, morteros y ladrillos*. Fundación Uncastillo, Equipo Arbotante, Dpto. de Geología, Univ. de Zaragoza: 113-145.

CASADIO, F., CHIARI, G. y SIMON, S. (2005). Evaluation of binder/aggregate ratios in archaeological lime mortars with carbonate aggregate: A comparative assessment of chemical, mechanical and microscopic approaches. *Archaeometry*, 47, 4: 67-689

CASINELLO, M. J. (2006): Influencia del espesor de la junta de mortero en la deformabilidad de las fábricas pétreas medievales. *Mater. Construcc.*, 56, 284: 69-90.

CAZALLA, O. y DE LA TORRE, M. J. (2003): Morteros de restauración y morteros antiguos. Técnicas de estudio. En: *Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos*. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Junta de Andalucía, Ed. Comares: 36-47.

FORT, R., ÁLVAREZ DEL BUERGO, M., LÓPEZ DE AZCONA, M. C., MINGARRO, F., VARAS, M. J. y SORIANO, J. (2004): Caracterización de la fábrica de ladrillo del palacio del Infante Don Luis, Bobadilla del Monte, Madrid. *Bol. Soc. Esp. Cerám. V.*, 43, 2: 578-582.

Solado: Revestimiento de un piso con ladrillo, losas u otro material análogo.

Agradecimientos

Este trabajo se ha favorecido de la financiación de distintos proyectos de investigación: Ministerio de Educación y Ciencia (MAT2008-06799-C03-01) y FICYT (IB09-080) y del Proyecto Oviedo Redondo (Convenio Consejería de Cultura del Principado y Universidad de Oviedo 2007-2010). Agradecer las consideraciones y sugerencias de los revisores que han permitido mejorar el trabajo.

GÁRATE ROJAS, I. (2002): *Artes de la cal*. Ed. Munilla-Lería, Madrid, 415 pp.

GARCÍA DE CASTRO VALDÉS, C. (2000): *Informe sobre los sondeos arqueológicos realizados en el nº 3 de la calle Shultz, de Oviedo (antiguo Colegio San Isidoro)*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.

GARCÍA DE CASTRO VALDÉS, C. (2000-2001): *Catedral de San Salvador de Oviedo. Informe sobre las actividades arqueológicas efectuadas en el edificio*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.

GARCÍA LÓPEZ DEL VALLADO, J. L. (2009): *La cal en Asturias*. Ed. Muséu del Pueblu d' Asturias, Gijón, 302 pp.

GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. y TORRES ALONSO, M. (1995): *Geología de Oviedo*. Ed. Paraíso, Oviedo, 200 pp.

GUTIÉRREZ-SOLANA, F., JÁUREGUI, M., BOHIGAS, R. y SARABIA, P. (1989): Análisis de morteros medievales de dos castillos de Cantabria (España). *Mater. Construcc.*, 39, 213: 37-45.

LESLIE, A. B. y HUGHES, J. J. (2002): Binder microstructure in lime mortars: Implications for the interpretation of analysis results. *Q. J. Eng. Geol. Hydroge.*, 35, 3: 257-263

MENÉNDEZ GRANDA, A. y SÁNCHEZ HIDALGO, E. (2006): *Reestructuración total de edificio para uso de oficinas en la calle Cimadevilla nº 5 (Oviedo)*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.

MONTES LÓPEZ, R. y HEVIA GONZÁLEZ, S. (2002): *Solares nº 3 y 5 de la calle La Rúa (Oviedo)*. *Actuación arqueológica*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.

PAVÍA, S. y BOLTON, J. (2000): *Stone, brick of mortar: historical, use decay and conservation of building material in Ireland*. Ed. Wordwell Ltd, 296 pp.

PAVÍA, S. y CARO, S. (2008): An investigation of roman mortar technology through the petrographic analysis of archaeological material. *Constr. Build. Mater.*, 22: 1808-1811.

REQUEJO PAGÉS, O. (2002): *Informe de las Excavaciones Arqueológicas realizadas en el edificio San Vicente nº 3 (Oviedo)*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.

- REQUEJO PAGÉS, O. (2003-2005): *Informe de las Excavaciones Arqueológicas realizadas en el antiguo Monasterio de San Vicente de Oviedo. Museo Arqueológico de Asturias*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.
- REQUEJO PAGÉS, O. (2005): *Proyecto de edificio en los solares nº 4, 6 y 8 de la plaza de la Constitución (Oviedo)*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.
- REQUEJO PAGÉS, O. (2008): *Informe de las Excavaciones Arqueológicas realizadas en la Plazuela de San Vicente: frente del edificio San Vicente y Transito al Cementerio de Peregrinos (Oviedo)*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.
- REQUEJO PAGÉS, O. y ARCA MINGUÉLEZ, C. (2002): *Edificio histórico de la Universidad de Oviedo. Proyecto de reparación y adecuación*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.
- RÍOS GONZÁLEZ, S. (2002): *Excavación arqueológica de los solares nº 2 y 4 de la calle Santa Ana (Oviedo)*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.
- RÍOS GONZÁLEZ, S. (2003): *Actuación arqueológica en la catedral de Oviedo*. Servicio de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura del Principado de Asturias, Oviedo.
- ROJO, A., MATEOS, F. y VALDEÓN, L. (2004): Caracterización petrológica de los morteros de la fuente prerrománica de Foncalada, Oviedo. *Trabajos de Geología*, 24: 165-175.
- TUCKER, M. E. (1988): *Techniques in sedimentology*. Blackwell, Oxford, 394 pp.
- VENDRELL-SAZ, M., ALARCÓN, S., MOLERA, J. y GARCÍA-VALLÉS, M. (1996): Dating ancient lime mortars by geochemical and mineralogical analysis. *Archaeometry*, 38, 1: 143-149.
- VITRUVIO, M. L. (1997): *Los diez libros de Arquitectura*. Ed. Iberia, Barcelona, 301 pp.