



MEMORIA FINAL

**DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE LAS TORRES DEL
CAMPANARIO DE LA IGLESIA DE SANTIAGO DE
ALBATERA, ALICANTE.**

Juan de Dios de la Hoz Martínez, Arquitecto
Belén Mendoza García, Arquitecto Colaborador

Septiembre de 2025

AUTOR DEL ENCARGO Y OBJETO DEL TRABAJO

Se redacta el presente informe final como continuación al encargo de la Diócesis de Orihuela-Alicante y la Parroquia de Santiago Apóstol de Albatera en Alicante, para redactar el proyecto y dirigir las obras de restauración de las torres del edificio de la Iglesia de Santiago, en la citada localidad de Albatera. En el momento de su redacción, las mencionadas obras se han finalizado de manera completa y se han retirado todos los medios auxiliares que fue preciso instalar en torno a ambas torres para llevar a cabo los trabajos.

El objetivo de la intervención ha sido el de ejecutar las obras de **restauración, reparación y mantenimiento** necesarias para la correcta conservación de las torres del campanario. Estas actuaciones han tenido lugar sobre todo en el exterior de las torres, restaurando los ladrillos deteriorados o caídos, el mortero de las juntas, saneando las cornisas y los petos de ambas. Se han llevado a cabo también otros trabajos necesarios para reparar los daños por filtraciones en cubierta, eliminar los deterioros en los petos de la cubierta, eliminar así mismo los deterioros y desprendimientos de numerosos elementos que se encontraban muy inestables (tanto en cornisas, como en pilastras, escudos, jambas, zócalos, etc.) y reducir la disgregación de los materiales de juntas y de los propios ladrillos que conforman las fachadas, además del saneado y accesibilidad de la escalera de acceso a cada una de las cubiertas.

La elección de los tratamientos y las técnicas de restauración ha seguido las pautas que se señalaron durante la redacción del proyecto de ejecución, por lo que se ha basado en la propia experiencia de los profesionales que han intervenido en los diferentes tajos, más otros llevados a cabo en otros inmuebles y de los que se han publicado resultados y, sobre todo, en los estudios desarrollados durante la obra¹, de los que exponemos el siguiente resumen:

- **Estudio de caracterización de los morteros** presentes en las juntas de las fachadas de las torres, así como **los ladrillos** que conforman la estructura.
 - o Para ello se tomaron muestras, sin dañar las torres (en aquellas zonas que ya se encontraban casi desprendidos), para conocer la composición de los morteros.
- **Estudio de evaluación de tratamiento consolidante** sobre materiales de fábrica y de revestimientos

Las obras comenzaron por el montaje de los impresionantes andamios (por la altura a la que se suspenden y la cota máxima que alcanzan), de forma que se ha podido garantizar la seguridad de todos los operarios, así como el desarrollo de todas las tareas en perfectas condiciones.

A continuación, la **limpieza generalizada** de los paramentos de las torres.

- Posteriormente todas las **reparaciones de los morteros y de las fábricas de ladrillo**.
- Finalmente, los tratamientos de protección para reducir en lo posible las afecciones de los agentes meteorológicos y del propio paso del tiempo

¹ Ambos han sido desarrollados por el equipo multidisciplinar del GIRA-UA (Grupo de Investigación en Restauración Arquitectónica de la Universidad de Alicante), compuesto por los profesores del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante (más otros expertos colaboradores externos).

- Yolanda Spairani Berrio. Doctora Arquitecta Técnica y Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. Miembro del Instituto de investigación en arqueología y patrimonio histórico INAPH. Directora del grupo GIRA.
- Jose Antonio Huesca Tortosa. Doctor Arquitecto Técnico, experto en control de calidad de los materiales de construcción.

Debemos indicar primeramente, que el estado de las torres de la iglesia de Santiago era muy deficiente, y tanto era así que se encontraba desde hace años cubiertas por redes textiles y sobre la cornisa principal una red metálica que evitaba la caída a la vía pública de los desprendimientos de las piezas cerámicas. Las obras realizadas partían de estas características, por lo que ha sido necesario restaurar las dos torres en sus cuatro caras, comenzando por el nivel más alto, que ha correspondido con los cuerpos de campanas, estando las bases de ambas torres en un estado aceptable. Dicha restauración ha discurrido mediante dos caminos principales, por un lado reparar las zonas que se encontraban deterioradas y, por otro, realizar las protecciones necesarias para evitar que en el futuro se vuelvan a dar las patologías que presentaba. Los trabajos realizados se han ejecutado con las técnicas más adecuadas a la naturaleza de los materiales usados en su construcción, respetando las características y valores, además del volumen y forma, sin alterarlos en exceso. La intervención además ha evitado de manera absoluta cualquier tipo de demolición. Es más, solo se ha retirado un elemento cerámico cuando su estado era absolutamente irreversible. En muchos casos, se ha constatado que las fábricas tenían cierto grado de desgaste, suciedad o movimiento de los ladrillos cerámicos que conforman las torres, pero aún así se han mantenido y reparado, por lo que no se ha procedido a su eliminación.

Otra premisa llevada a cabo ha sido la de eliminar cualquier tipo de parcheado que hubiera sido ejecutado con mortero de cemento, dado lo perjudicial que es este material para las fábricas históricas, dado que altera estéticamente el acabado original y, sobre todo, provoca tensiones con los materiales antiguos mucho menos tenaces, que acaban en muchos casos por hacer caer tanto el mortero de cemento aplicado, como parte de la fábrica histórica sobre la que se asentaba. Por último, se ha llevado a cabo una actuación considerada primordial mediante la “Caracterización” de los ladrillos y morteros presentes en las torres. Este trabajo nos ha permitido conocer cuál es la composición y características de las piezas cerámicas, así como los morteros presentes en las juntas de las fachadas. Con estos datos se ha podido plantear una elección de los tratamientos y las técnicas de restauración que, sumados a nuestra propia experiencia, ha obtenido resultados óptimos, evitando elecciones basadas solo en recomendaciones genéricas de marcas comerciales o incluso productos que puedan ser perjudiciales para las fábricas históricas de ambas torres.

Una vez realizados los trabajos sobre las diferentes piezas de ladrillo y también sobre las juntas se aplica la protección de la superficie, dónde la idea es evitar el agua de lluvia para que no pueda introducirse en las piezas cerámicas ni tampoco depositarse en los lugares que quedan resguardados, sobre todo la zona de los escudos. Lógicamente al tratarse de ladrillo no pueden aceptarse ningún tipo de barniz ni pintura, sino que se prepara una solución mediante agua de cal, es decir, se trata de un silicato en el cual se agrega una pequeña cantidad de tierra natural muy molturada de forma que es la que le proporciona el color. La aplicación de este silicato se ha hecho en dos zonas diferentes: una mano para todas las superficies en general y dos manos en los escudos y en los capiteles. Esta es la razón por la que se aprecian un poco más oscuros estos elementos ya que tienen una mayor cantidad de silicato aplicado sobre la estructura de la cerámica. Con esta aplicación se consigue que las superficies sean prácticamente hidrofugas, y por lo tanto mejor mantenimiento y conservación a lo largo del tiempo.

Finalizamos insistiendo una vez más en el aspecto más sobresaliente de la obra, que no es otro que la recuperación de la técnica del tallado de ladrillos cerámicos. Para ello se han dibujado los campanarios de ambas torres con la mayor precisión posible y numerado las hiladas. A partir de esta trama se incorporó el diseño y los despieces de los elementos ornamentales en pilastras, cornisas, frontones, capiteles, escudos, motivos decorativos, heráldicos, etc., todos elaborados con ladrillo de barro cocido tallado. El tallado del ladrillo se realiza de manera similar a como se labra la piedra, si bien al ser la cerámica un material más delicado y quebradizo, para trabajarlo ha sido necesario unir mediante mortero las piezas creando un sólido capaz que permita rebajar hasta conseguir la talla de los relieves deseados. De esta manera se han podido conseguir desde pequeños detalles hasta motivos de mayor entidad como columnas labradas, pilastras, capiteles, medallones, bustos, cenefas, e incluso ornamentos con motivos vegetales. La obra ha realizado piezas especiales (cornisas, esquinas a 45 grados, tizón en pecho de paloma, sogas con dos cantos en chaflán, tizones redondos, etc.), así como el tallado de otras para la ejecución de molduras, escudos, canes, cornisas, etc.

Respecto de las conclusiones de los estudios realizados sobre los materiales y los tratamientos de los consolidantes, se adjuntan a continuación el resumen de ambos, aunque se añade al final del documento la memoria completa de los ensayos realizados.

Tras los estudios y análisis realizados se concluye que el consolidante TECNADIS SOLIDUS es eficaz para los materiales estudiados, aunque al aplicarlo sobre el cemento (muestra 3) ha generado cierta película craquelada, lo que indica que penetra menos que en el resto de morteros, esto probablemente sea debido a su menor porosidad. Se recomienda aplicarlo en menor medida sobre este tipo de material.

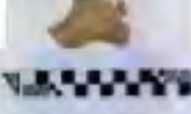
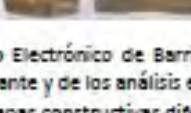
Sobre el yeso es capaz de consolidar sin crear película. Se recomienda su uso con 3-5 pasadas seguidas.

Sobre el mortero de cal es capaz de consolidar sin crear película generando un aumento considerable del silicio presente. Se recomienda su uso con 3-5 pasadas seguidas.

Sobre el mortero de cemento es capaz de consolidar, aunque creando película. Se recomienda su uso con solo 1-2 pasadas seguidas.

Sobre el ladrillo es capaz de consolidar sin crear película. Se recomienda su uso con 3-5 pasadas seguidas.

Tras los estudios y análisis realizados los resultados obtenidos se resumen en la tabla siguiente:

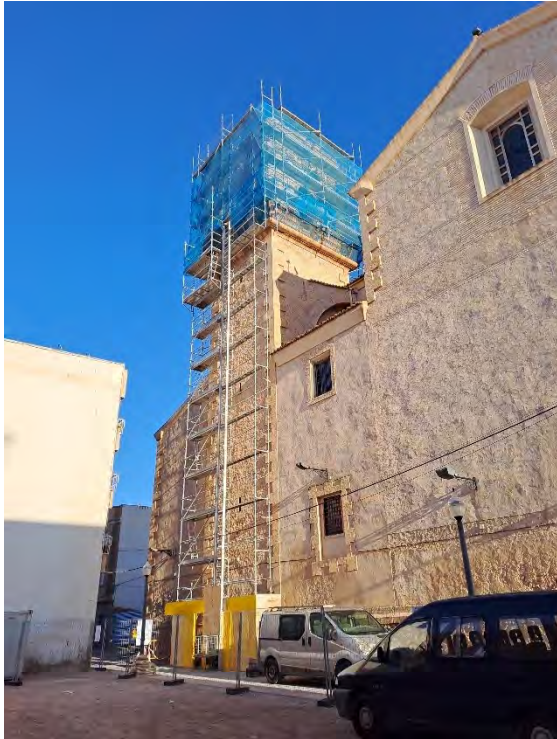
MUESTRA	FOTOGRAFIA	COMPOSICIÓN
1.- Mortero de junta de fábrica de ladrillo con pátina		Yeso con cal
2.- mortero		Cal
2.- patina		Lechada de cal con arcillas rojas
3 Mortero recubrimiento		Cemento portland
4a Mortero recubrimiento		Yeso
4b Ladrillo base		Ladrillo sílico-calcáreo
5 Mortero recubrimiento con pátina		Yeso con presencia de carbón
6 Mortero decoraciones		Yeso con presencia de carbón
7 mortero con pátina		Yeso con presencia carbón
7 ladrillo		Ladrillo sílico-calcáreo

De la observación al SEM (Microscopio Electrónico de Barrido) teniendo en cuenta la forma de cristalización de cada tipo de conglomerante y de los análisis efectuados se puede deducir que hay 4 tipos de morteros que pueden ser de etapas constructivas diferentes según tipología:

- Mortero de Yeso con algo de cal= Muestra 1
- Mortero de Yeso grueso (moreno) con carbón y áridos calizos y síliceos= Muestras 4, 5, 6 y 7.
- Mortero de cal= Muestra 2
- Mortero de cemento= Muestra 3

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN

Montaje de andamios y medios auxiliares:



Fotografías de los acopios de ladrillos, así como trabajos de tallas y preparación.



Realización de multitud de muestras con morteros, espesores, composiciones, acabados, granulometrías, etc.



Fotografías de claraboyas de mantenimiento y pasarelas de trasiego.

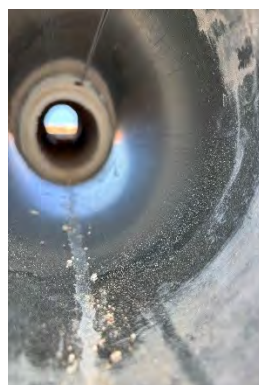


Fotografías de acabados de las terrazas y petos superiores.

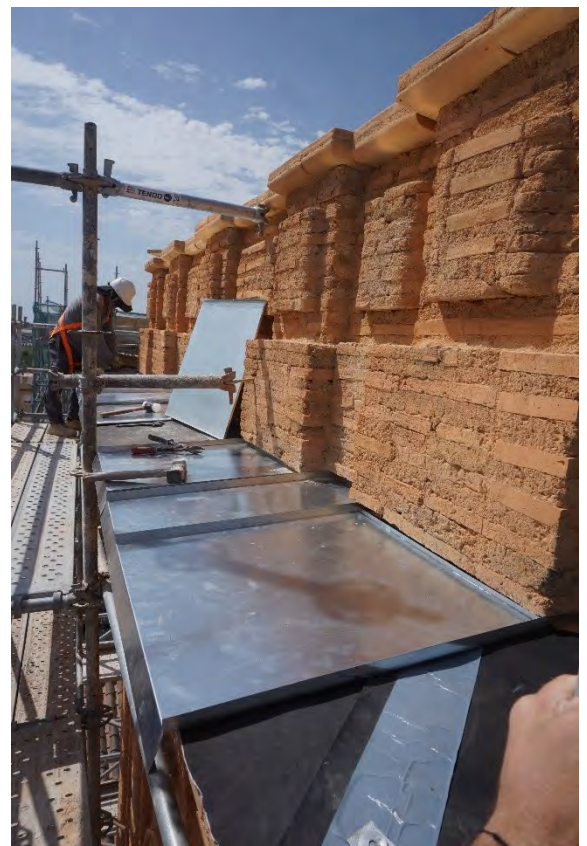


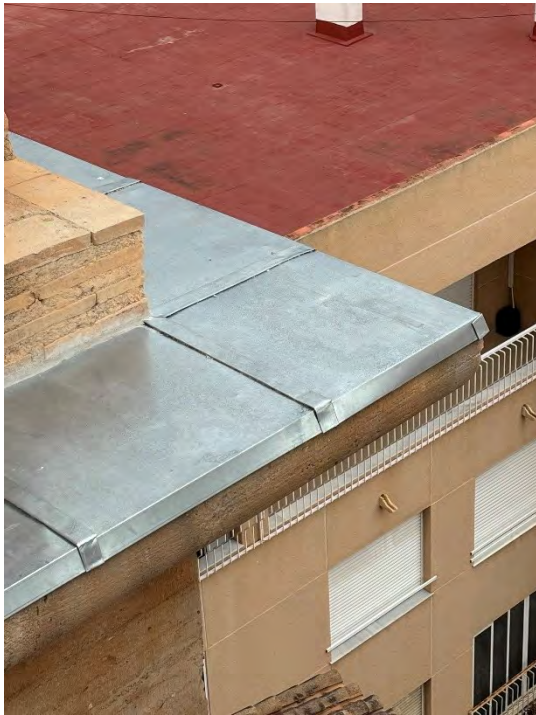


Fotografías de los trabajos de recuperación de las gárgolas originales



Fotografías con trabajos de colocación de protecciones de zinc.







Trabajos de retacado de piezas cerámicas en las cornisas y decoraciones.



Desmontaje y recuperación de peto original en la esquina norte

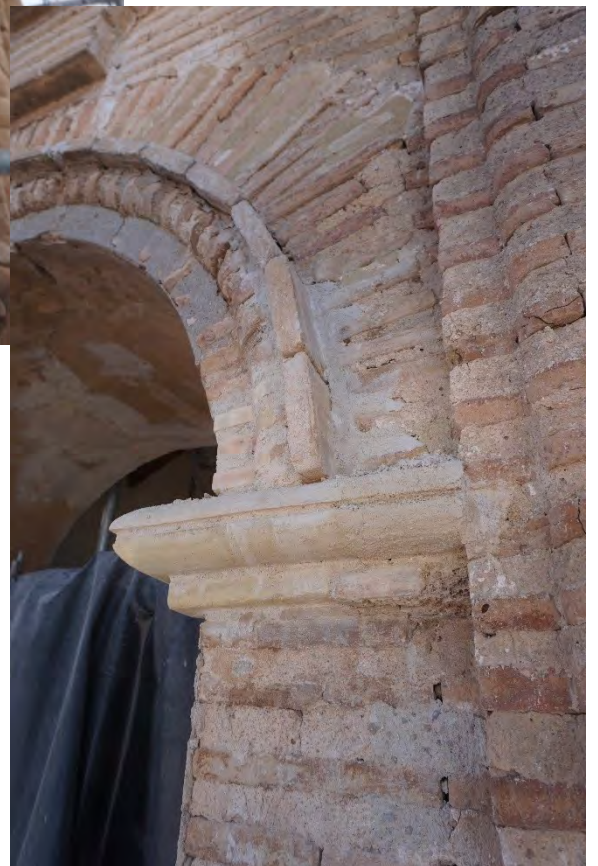


Trabajos de cosidos de grietas y colmatación de espesores mediante inyección de morteros de cal fluidos.

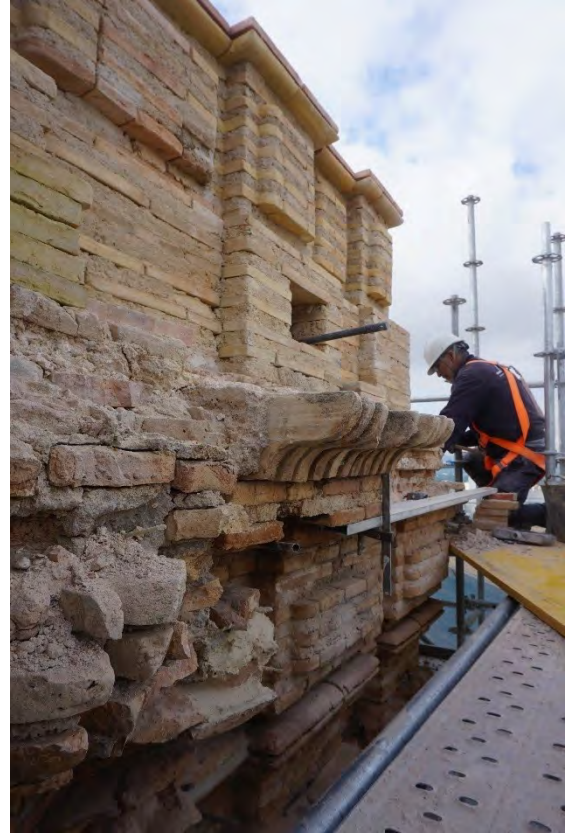


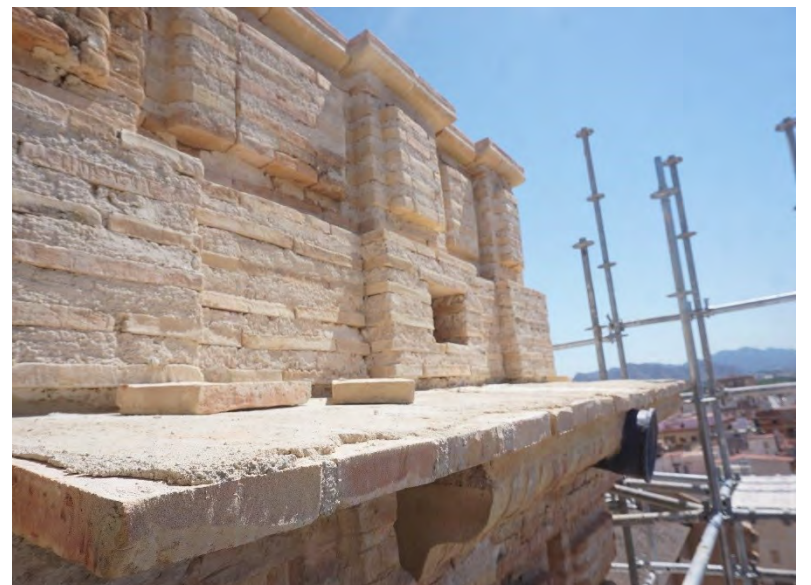
Trabajos de retacados con piezas cerámicas en las fábricas deterioradas.

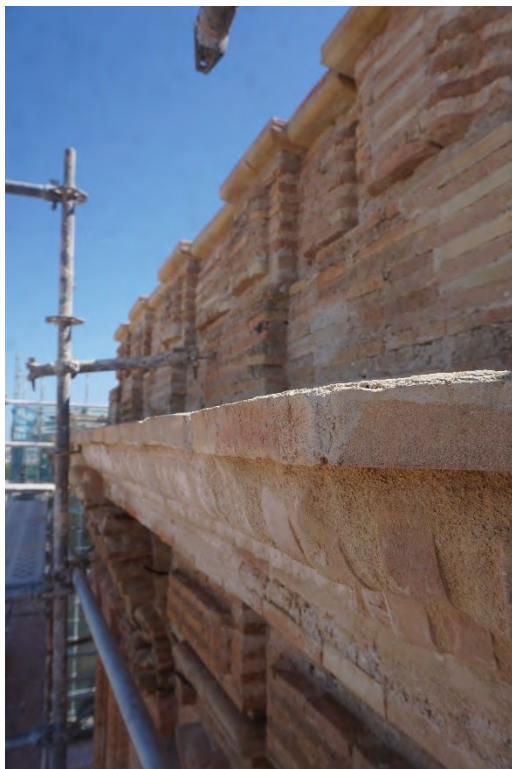








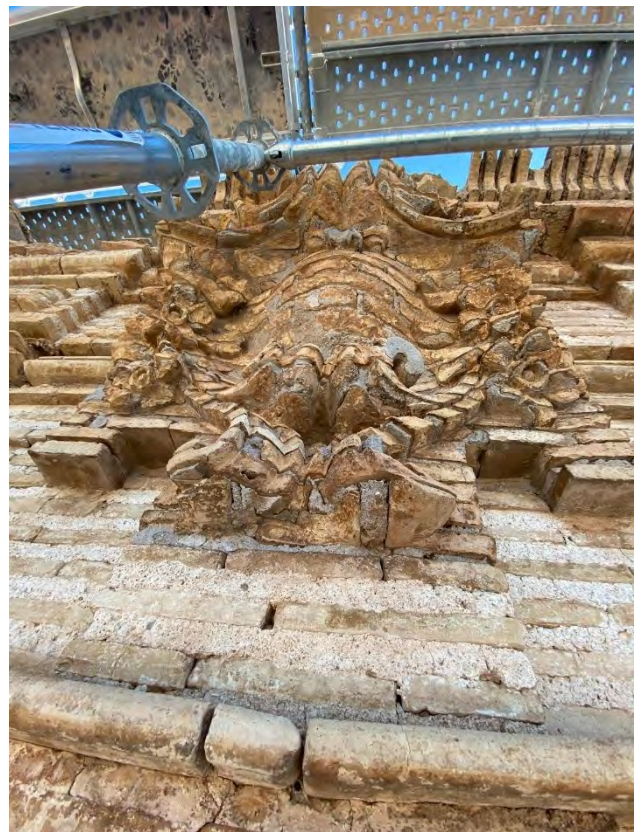














FOTOGRAFÍAS ACABADO FINAL















CUADRO COMPARATIVO OBRAS EJECUTADAS

Restauración de las torres campanario de la Iglesia de Santiago, Albatera, Alicante										
Presupuesto				PROYECTO			OBRA EJECUTADA			
Código	Ud	Resumen		MEDICIONES	PRECIO	TOTAL	MEDICIONES	PRECIO	TOTAL	DIFERENCIA
C01	***	LEVANTADOS / DESMONTADOS								
1.01	ud	Levantado de malla metálica de protección en cornisa inferior		2,00	659,65	1.319,30	2,00	659,65	1.319,30	0,00
1.02	ud	Desmontaje de equipos de iluminación con recuperación		1,00	258,33	258,33	1,00	258,33	258,33	0,00
1.03	ud	Protección de campanas y equipos interiores		1,00	726,29	726,29	1,00	726,29	726,29	0,00
1.04	ud	Desmontaje de pasarela existente en cubierta		1,00	783,34	783,34	1,00	783,34	783,34	0,00
1.05	ud	Desmontaje de lonas de protección		2,00	195,84	391,68	2,00	195,84	391,68	0,00
1.06	m2	Desmontado de solados o capa de acabado terraza superior		50,00	24,74	1.237,00	50,00	24,74	1.237,00	0,00
1.07	m3	Desmontaje de muro de salida por hueco de torre		1,00	195,84	195,84	1,00	195,84	195,84	0,00
Total C01						4.911,78			4.911,78	0,00
C02	***	RESTAURACIÓN FÁBRICAS PAÑOS DE FONDOS / REVESTIMIENTOS INTERIORES								
2.01	m2	Picado de rejuntados en paños de fondo		251,47	15,46	3.887,73	251,47	15,46	3.887,73	0,00
2.02	m2	Limpieza de paramentos con aire a presión y cepillos de cerdas suaves.		251,47	15,05	3.784,62	251,47	15,05	3.784,62	0,00
2.03	m2	Rejuntado fábricas de ladrillo en paños de fondo		150,88	48,58	7.329,75	150,88	48,58	7.329,75	0,00
2.04	m2	Reposición fábricas de ladrillo en paños de fondo		100,59	187,80	18.890,80	127,22	187,80	23.891,92	-5.001,12
2.05	m2	Consolidación de fábricas que se mantienen mediante Nano Estel		150,88	39,04	5.890,36	150,88	39,04	5.890,36	0,00
2.06	m2	Limpieza y/o picado de paramentos revocados con presión y cepillos de cerdas		358,00	9,54	3.415,32	358,00	9,54	3.415,32	0,00
2.07	m2	Mortero reparación Keim Universalputz-Fino para revestimientos revocados		71,60	42,61	3.050,88	71,60	42,61	3.050,88	0,00
2.08	m2	Restitución de vivos y molduraciones con mortero de restauración y varillas de FV 6mm		17,90	82,22	1.471,74	17,90	82,22	1.471,74	0,00
2.09	m2	Pintura silicato Keim Soldalit-Me-Grob para revestimientos revocados.		358,00	13,05	4.671,90	358,00	13,05	4.671,90	0,00
N2.010	ud	Caracterización de morteros y ladrillos		0,00	0,00	0,00	1,00	450,00	450,00	-450,00
N2.011	ud	Seguimiento de obras y toma de muestras in situ		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total C02						52.393,10			57.844,22	-5.451,12
C03	***	RESTAURACIÓN FÁBRICAS EN CORNISAS Y MOLDURACIONES								
3.01	m2	Picado de rejuntados en cornisas y molduraciones (100%)		113,10	18,55	2.098,01	113,10	18,55	2.098,01	0,00
3.02	m2	Limpieza de cornisas y molduraciones con aire a presión y cepillos de cerdas suaves.		113,10	19,39	2.193,01	113,10	19,39	2.193,01	0,00
3.03	m2	Rejuntado fábricas de ladrillo en cornisas y molduraciones (35%)		39,59	64,16	2.540,09	39,59	64,16	2.540,09	0,00
3.04	m2	Reposición fábricas de ladrillo en cornisas y molduraciones (65%)		73,52	283,53	20.845,13	73,52	283,53	20.845,13	0,00
3.05	m2	Consolidación de fábricas que se mantienen mediante Nano Estel (35%)		39,59	39,04	1.545,59	56,55	39,04	2.207,71	-662,12
3.06	m2	Tratamientos de limpieza biocida		56,55	12,60	712,53	56,55	12,60	712,53	0,00
3.07	m2	Reparación de alféizares huecos de torres		7,00	94,43	661,01	7,00	94,43	661,01	0,00
Total C03						30.595,37			31.257,49	-662,12
C04	***	RESTAURACIÓN FÁBRICAS CON MOTIVOS DECORATIVOS								
4.01	m2	Picado de rejuntados en motivos decorativos (100%)		26,30	24,74	650,66	26,30	24,74	650,66	0,00
4.02	m2	Limpieza de motivos decorativos con aire a presión y cepillos de cerdas suaves. (100%)		26,30	42,28	1.111,96	26,30	42,28	1.111,96	0,00
4.03	m2	Rejuntado fábricas de ladrillo en motivos decorativos (20%)		5,26	175,26	921,87	5,26	175,26	921,87	0,00
4.04	m2	Reposición fábricas de ladrillo en motivos decorativos (80%)		21,04	696,42	14.652,68	21,04	696,42	14.652,68	0,00
4.05	m2	Consolidación de fábricas que se mantienen mediante Nano Estel (20%)		5,26	39,04	205,35	13,15	39,04	513,38	-308,03
Total C04						17.542,52			17.850,55	-308,03
C05	***	PATINADOS / HIDROFUGACIONES								
5.01	m2	Veladura silicato KEIM Restauro-Lasur en fábricas de ladrillo		390,87	18,70	7.309,27	390,87	18,70	7.309,27	0,00
5.02	m2	Tratamiento hidrófugo en fábricas de ladrillo.		390,87	21,28	8.317,71	0,00	21,28	0,00	8.317,71
Total C05						15.626,98			7.309,27	8.317,71
C06	***	COSIDOS / ANCLAJES								
6.01	ml	Descarnado de grietas		32,00	9,06	289,92	32,00	9,06	289,92	0,00
6.02	ml	Aspiración de grietas		32,00	6,99	223,68	32,00	6,99	223,68	0,00
6.03	ml	Lavado y consolidación de grietas		32,00	9,44	302,08	32,00	9,44	302,08	0,00
6.04	ml	Inyección cal hidráulica en taladros practicados		32,00	26,13	836,16	32,00	26,13	836,16	0,00
6.05	ml	Taladros en muro		48,00	3,96	190,08	48,00	3,96	190,08	0,00
6.06	ml	Colocación de varillas de fibra de vidrio		48,00	21,58	1.035,84	48,00	21,58	1.035,84	0,00
6.07	ml	Tapado con mortero bastardo de cal		32,00	8,20	262,40	32,00	8,20	262,40	0,00
6.08	ml	Vertido lechada de cal hidráulica		32,00	20,91	669,12	32,00	20,91	669,12	0,00
6.09	ud	Colocación de berenjenos de llenado		1,00	330,55	330,55	1,00	330,55	330,55	0,00
6.10	m3	Rellenos en el interior de los muros mediante cal hidráulica baja presión		2,50	619,93	1.549,83	2,50	619,93	1.549,83	0,00
6.11	ud	Acuñado de fábrica de ladrillo en arcos		20,00	15,11	302,20	20,00	15,11	302,20	0,00
Total C06						5.991,86			5.991,86	0,00
C07	***	IMPERMEABILIZACIONES / SOLADOS / PROTECCIÓN CORNISAS								
7.01	m2	Formación de pendiente con mortero aligerado		50,00	15,16	758,00	50,00	15,16	758,00	0,00
7.02	m2	Impermeabilización con lámina de caucho EPDM Giscosa 1,20 mm.		53,05	31,04	1.646,67	53,05	31,04	1.646,67	0,00
7.03	m2	Solado baldosa de barro cocido manual 30x30x4 cm.		50,00	55,19	2.759,50	50,00	55,19	2.759,50	0,00
7.04	m2	Tratamiento hidrófugo de solados de barro exterior		50,00	19,24	962,00	50,00	19,24	962,00	0,00
7.05	ud	Gárgola salida pluviales		6,00	343,26	2.059,56	4,00	343,26	1.373,04	686,52
7.06	m2	Albardilla de terracota con goterón hacia el interior		31,36	73,75	2.312,80	31,36	60,00	1.881,60	431,20
7.07	ml	Pletina de remate y protección de solados de terrazas		40,00	37,51	1.500,40	40,00	25,00	1.000,00	500,40
7.08	m2	Cama de protección de cornisas contra depósitos		40,60	33,73	1.369,44	81,20	33,73	2.738,88	-1.369,44
7.09	m2	Borde libre de zinc titanio e=1,20mm, de hasta un 100 cm. de des. con junta alzada		44,80	121,11	5.425,73	89,60	121,11	10.851,46	-5.425,73
Total C07						18.794,10			23.971,15	-5.177,05
C08	***	ILUMINACIÓN / VARIOS								
8.01	ud	Claraboya parabólica bivalva con husillo y zócalo PRFV DANOVENT® Manual 600x800 mm		2,00	408,70	817,40	2,00	408,70	817,40	0,00
8.02	ud	Escalera de tramex sobre perfilería metálica y pates de salida		1,00	1.130,13	1.130,13	1,00	1.130,13	1.130,13	0,00
8.03	kg	Acero en perfiles tubulares para pasarela de comunicación entre torres		191,40	9,06	1.734,08	115,50	9,06	1.046,43	687,65
8.04	m2	Suelo de tramex sobre perfilería metálica		11,50	77,81	894,82	11,50	77,81	894,82	0,00

8.05	ml	Barandillas de seguridad con placa	23,00	181,76	4.180,48	23,00	115,00	2.645,00	1.535,48
8.06	ud	Retejo de zona de apoyo de andamios	1,00	849,24	849,24	1,00	849,24	849,24	0,00
8.07	ml	Línea de alumbrado público P.4(1x6)+T.16 Cu. C/EXC.	20,00	32,99	659,80	20,00	32,99	659,80	0,00
8.08	ud	Reordenación de cableados exteriores	1,00	297,62	297,62	1,00	297,62	297,62	0,00
8.09	ud	Proyector empotrado Leds-C4 led 50w	2,00	653,91	1.307,82	2,00	653,91	1.307,82	0,00
8.10	ud	Escalera acceso a terraza	2,00	1.699,05	3.398,10	2,00	1.699,05	3.398,10	0,00
8.11	ud	Puesta a punto de equipos de sonido y campanas	1,00	523,34	523,34	1,00	523,34	523,34	0,00
Total C08			15.792,83			13.569,70			2.223,13
C09	***	MEDIOS AUXILIARES / PROTECCIÓN							
9.01	ud	Transporte y retirada de plataforma motorizada monomástil	2,00	384,93	769,86	0,00	384,93	0,00	769,86
9.02	ud	Montaje y desmontaje plataforma motorizada monomastil	2,00	962,32	1.924,64	0,00	962,32	0,00	1.924,64
9.03	mes	Alquiler mensual de plataforma motorizada monomástil	14,00	306,28	4.287,92	0,00	306,28	0,00	4.287,92
9.04	m2	Andamio tubular exterior mayor de 6 m de altura	948,00	32,84	31.132,32	1.160,62	32,84	38.114,76	-6.982,44
9.05	m2	Protección de solados con madera de encofrar	84,00	5,40	453,60	84,00	5,40	453,60	0,00
9.06	día	Limpieza de jornada de trabajo	126,00	12,27	1.546,02	126,00	12,27	1.546,02	0,00
Total C09			40.114,36			40.114,38			-0,02
C10	***	GESTIÓN DE RESIDUOS							
10.01	m3	Acarreos de escombros desde tajo a zona de carga y clasificación	56,50	22,97	1.297,81	56,50	22,97	1.297,81	0,00
10.02	m3	Residuos inertes identificados	50,00	21,14	1.057,00	50,00	21,14	1.057,00	0,00
10.03	m3	Residuos no peligrosos identificados	6,50	19,08	124,02	6,50	19,08	124,02	0,00
10.04	m3	Gestión de residuos inertes identificados	50,00	9,22	461,00	50,00	9,22	461,00	0,00
10.05	m3	Gestión de residuos no peligrosos identificados	6,50	13,14	85,41	6,50	13,14	85,41	0,00
10.06	ud	Resto coste Gestión de Residuos	1,00	151,54	151,54	1,00	151,54	151,54	0,00
Total C10			3.176,78			3.176,78			0,00
C11	***	SEGURIDAD Y SALUD							
C1101		PROTECCION PERSONALES	1,00	529,17	529,17	1,00	529,17	529,17	0,00
C1102		PROTECCIONES COLECTIVAS	1,00	1.395,15	1.395,15	1,00	1.395,15	1.395,15	0,00
C1103		INSTALACIONES BIENESTAR	1,00	932,00	932,00	1,00	932,00	932,00	0,00
C1104		REVISIONES y SEÑALIZACIÓN	1,00	456,31	456,31	1,00	456,31	456,31	0,00
C1105		FORMACIÓN PERSONAL	1,00	642,27	642,27	1,00	642,27	642,27	0,00
Total C11			3.954,90			3.954,90			0,00
C12	***	CONTROL DE CALIDAD							
12.01	ud	Escorrentías de fachadas	2,00	188,42	376,84	0,00	188,42	0,00	376,84
12.02	ud	Estanqueidad terrazas	2,00	301,48	602,96	1,00	301,48	301,48	301,48
12.03	ud	Prueba de servicio de cornisas	2,00	135,67	271,34	0,00	135,67	0,00	271,34
Total C12			1.251,14			301,48			949,66

		OFERTA	PROYECTO		OBRA	
SUMA TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		210.145,72	210.145,72		210.253,56	-107,84
13% Gastos Generales		27.318,94	27.318,94		27.332,96	-14,02
6% Beneficio Industrial		12.608,74	12.608,74		12.615,21	-6,47
Suma		250.073,41	250.073,41		250.201,73	-128,33
Baja Contractual 4,827946%		-12.073,41	0,00		-12.079,60	6,20
Suma		238.000,00	250.073,41		238.122,14	-122,12
21% IVA		49.980,00	52.515,42		50.005,65	-25,65
TOTAL CONTRATA		287.980,00	302.588,83		288.127,79	-147,77

INFORME DE CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS Y EVALUACIÓN DE TRATAMIENTO CONSOLIDANTE
SOBRE MATERIALES EN FÁBRICAS Y REVESTIMIENTOS DE LA IGLESIA DE ALBATERA

INFORME DE CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS Y EVALUACIÓN DE TRATAMIENTO CONSOLIDANTE
SOBRE MATERIALES EN FÁBRICAS Y REVESTIMIENTOS DE LA IGLESIA DE ALBATERA (ALICANTE)



GRUPO GIRA UA

MARZO 2025

INDICE

1. Objeto	pag. 2
2. Equipo de trabajo	pag. 3
3. Metodología:	pag. 4
4. Resultados	pag. 5
5. Conclusiones materiales	pag. 43
6. Conclusiones consolidante	pag. 44

1. OBJETO

Se realiza el presente informe de caracterización de materiales y evaluación de tratamiento consolidante a petición de la empresa encargada de las obras de restauración en el edificio siendo necesario estudiar las características de los diferentes materiales existentes en las torres de la iglesia de Albatera.

1.º Análisis mediante técnicas EDS, SEM y MAPINNG de 10 muestras en total.

- 1.- Mortero de junta entre ladrillos en el escudo
- 2.- Mortero de junta de fábrica de ladrillo con pátina
 - 2a.- Mortero
 - 2b.- Pátina
- 3.- Mortero recubrimiento
- 4.- Mortero recubrimiento
 - 4a.- Mortero
 - 4b.- Fragmento pétreo
- 5.- Pátina sobre mortero
- 6.- Mortero decoraciones
- 7.- Pátina sobre mortero y ladrillo
 - 7a.- Mortero con pátina
 - 7b.- Ladrillo

2.º Aplicación de un tipo de nanoconsolidante Tecnadis Solidus (TS) sobre muestras de morteros y observación al SEM y MAPPING de los resultados obtenidos.

3.º Informe descriptivo con resultados con imágenes y descripción de las características de los diferentes materiales estudiados

2. EQUIPO DE TRABAJO

El equipo multidisciplinar que está realizando los trabajos está constituido por varios integrantes del GIRA-UA (Grupo de Investigación en Restauración Arquitectónica de la Universidad de Alicante) estando compuesto por profesores del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante junto a otros expertos colaboradores externos.

- Yolanda Spairani Berrio. Doctora Arquitecta Técnica y Master en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. Profesora Titular de Universidad del departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante. Miembro del Instituto de investigación en arqueología y patrimonio histórico INAPH. Directora del grupo GIRA.

- Jose Antonio Huesca Tortosa. Doctor Arquitecto Técnico, experto en control de calidad de los materiales de construcción y profesor del departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante.

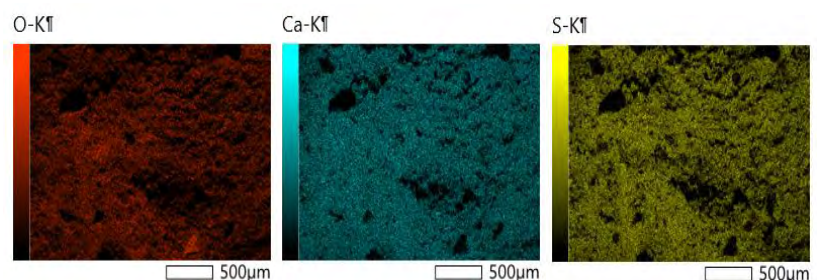
3. METODOLOGÍA

1. Clasificar y preparar las muestras para su estudio posterior.
2. SEM: Se selecciona un pequeño fragmento de cada material a estudiar, se seca en estufa a 40 grados y se monta sobre pedestal para su análisis y observación en Microscopio Electrónico de forma presencial. Se realizará MAPPING y EDS de elementos químicos presentes en las muestras y composición.
3. Se redacta primer informe con resultados de morteros.
4. Se aplican los consolidantes sobre los morteros ya vistos en el microscopio electrónico y se dejan secar durante 2 semanas.
5. Se observan y analizan en el SEM y MAPPING.
6. Se redacta informe final con los resultados obtenidos en los morteros y en los consolidantes.

Para el estudio de morteros se considera que el análisis mediante mapping en el microscopio electrónico (SEM, con las muestras sin revestir) es el mejor método para identificar y diferenciar bien el conglomerante (material que sirve de matriz cementosa) de los áridos y posibles adiciones que contenga en mortero como pueden ser fibras naturales, carbones o fragmentos de cerámica entre otros. Durante la observación en el microscopio SEM también se pueden analizar zonas concretas mediante EDX aportando valiosa información de la composición de los morteros.

El mapping muestra los elementos químicos presentes en las muestras. Cada elemento aparece con un color diferente que permite una interpretación visual de la composición de la muestra a estudiar. Se puede apreciar la coincidencia en la misma zona de varios elementos químicos lo que proporciona información sobre su posible composición, por ejemplo, si coinciden oxígeno (O), calcio (Ca) y azufre (S) es indicativo de que se trata de yeso (sulfato cálcico CaSO_4) (siempre y cuando su proporción en masa corresponda a ciertos porcentajes típicos).

Si coincide el silicio con aluminio, potasio y magnesio entre otros, indica que se trata de arcillas o cerámica (que procede de arcillas).



La observación con lupa permite identificar detalles como la adherencia de áridos a conglomerantes, porosidad, posible existencia de fragmentos cerámicos, de tierras, carbones o fibras naturales. En la imagen adjunta (de la muestra 5 de este informe) se aprecia un fragmento de carbón y porosidad dejada por el agua de amasado.

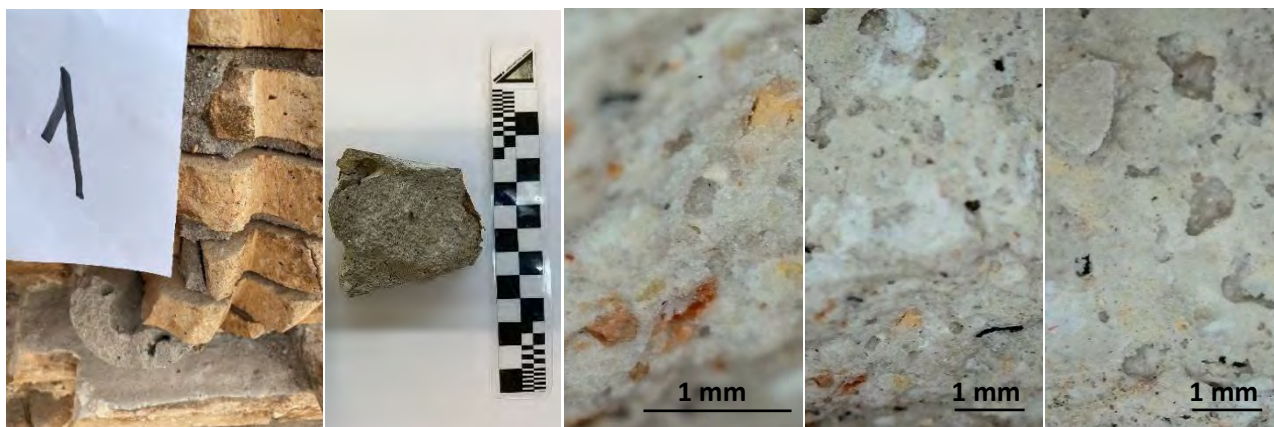


4. RESULTADOS

MUESTRA 1

Se trata de un mortero color grisáceo de **yeso con posible adición de cal** (en bajo porcentaje). Se ubica conformando el rejuntado de ladrillos, así como los volúmenes decorativos.

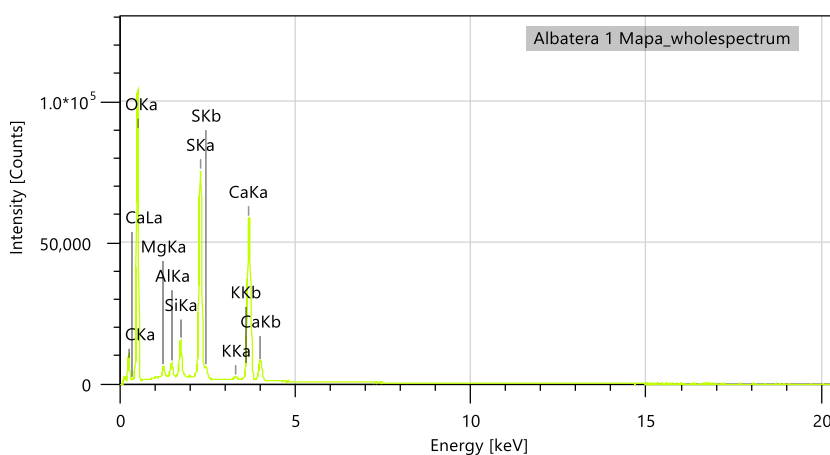
Vista con lupa a pocos aumentos (5 a 10x) se aprecia que tiene abundante porosidad y presenta áridos de color rosáceo y pequeñas inclusiones de color negro.



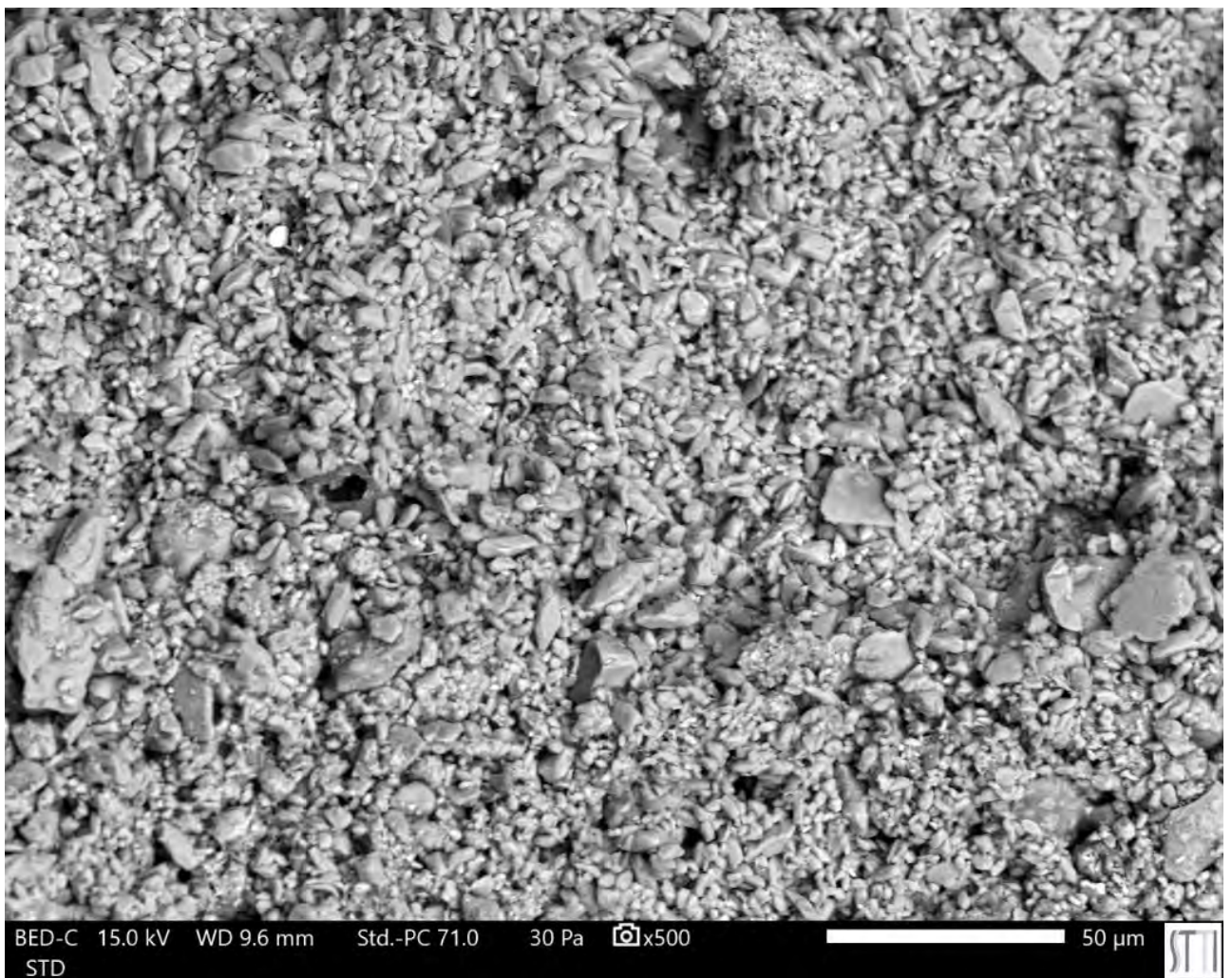
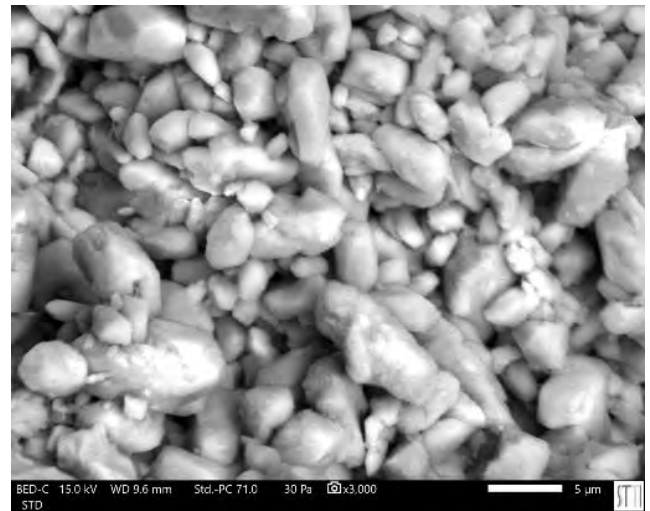
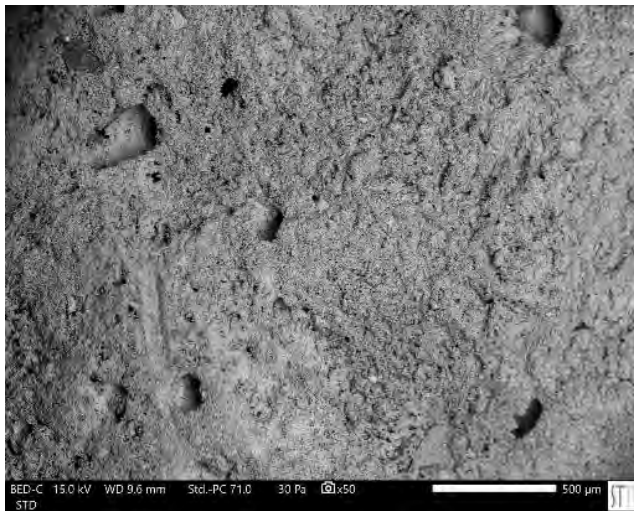
Zona de extracción de la muestra 1 y aspecto de la muestra. Observación con lupa a 10 aumentos y a 5 aumentos. Se aprecian zonas más blanquecinas con mayor concentración de cal.

De los datos obtenidos mediante la observación al microscopio electrónico y análisis mapping se deduce que se trata de **YESO** moreno con adición de **CAL** con áridos silíceos, ladrillos triturados y algo de carbón. Su cristalización es muy homogénea y diferente al resto de morteros analizados en el presente informe.

Element	Mass%
C	5.87±0.01
O	52.19±0.06
Mg	0.60±0.01
Al	0.74±0.01
Si	1.97±0.01
S	14.93±0.02
K	0.38±0.01
Ca	23.31±0.03
Total	100.00



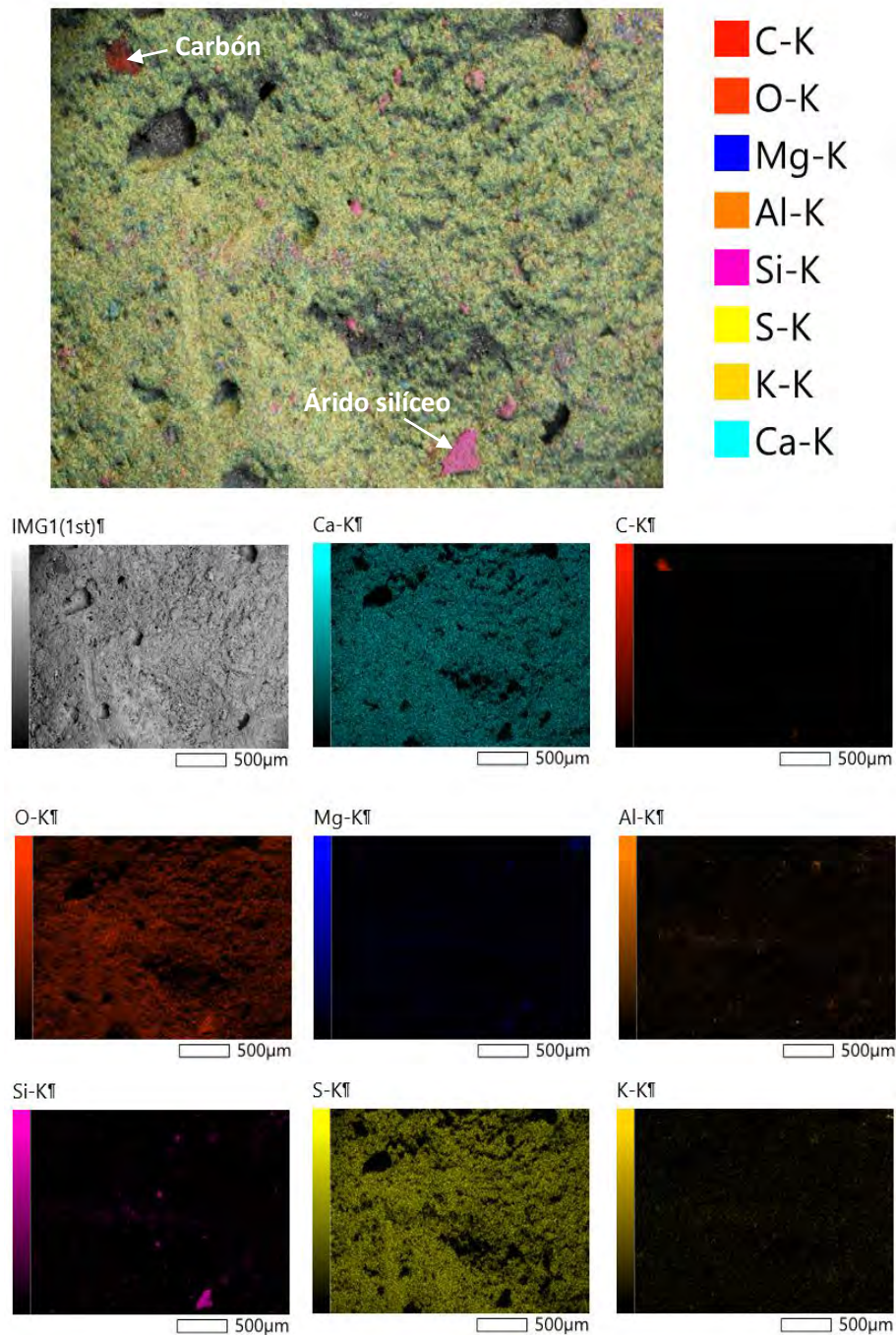
composición de elementos químicos presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio y el carbono correspondiendo con un mortero de yeso con presencia de cal. El silicio y el magnesio corresponde a los áridos. Los otros componentes son minoritarios y pueden proceder de depósitos de tierras y contaminación.



Observación al SEM a diferentes aumentos. 50x, 3000x y 1000x donde se observan los cristales de yeso y de calcita.

Análisis Mapping

En el análisis mediante mapping se observa una elevada presencia de azufre (S) en color amarillo que se superpone con el oxígeno (O) en rojo y con el calcio (Ca) en azul cian. El carbono aparece uniformemente repartido en baja proporción combinado con el calcio, pero especialmente en zonas localizadas que corresponden al carbón.



MUESTRA 2a y 2b

Se trata de un **mortero de cal** color blanco que conforma el rejuntado de ladrillos con pátina superficial color rojiza.

2a: Interior del mortero

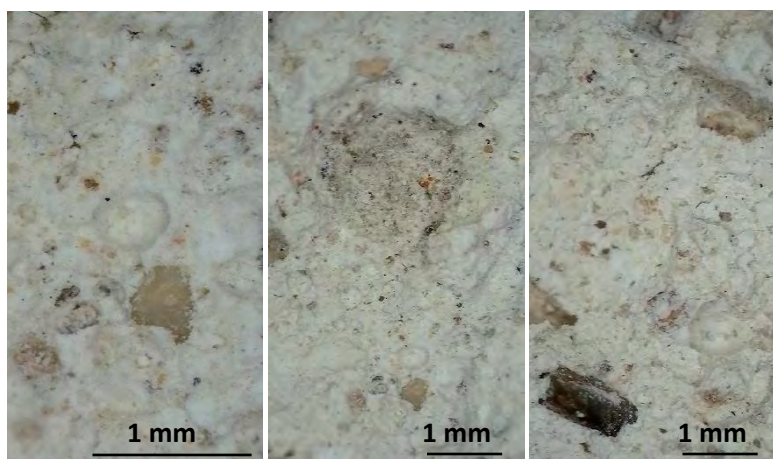
2b: Pátina rojiza



MUESTRA 2ª. Interior del mortero sin pátina

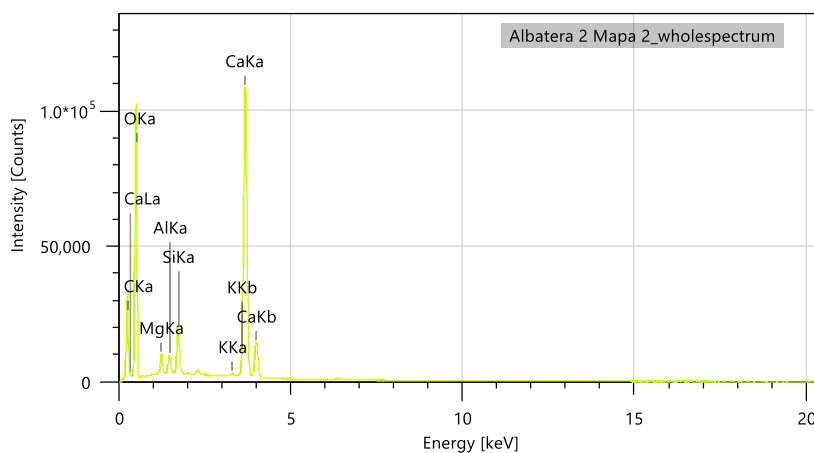
Vista con lupa a pocos aumentos (5 a 10x) se aprecia que cierta porosidad y presenta áridos de color blanco y beige así como pequeñas inclusiones de color gris.

De los datos obtenidos mediante la observación al microscopio electrónico y análisis mapping se deduce que se trata de mortero de CAL con áridos silíceos y calizos, y áridos finos procedentes de cerámica triturada.



Zona de extracción de la muestra 2 y diferentes aspectos vista con lupa.

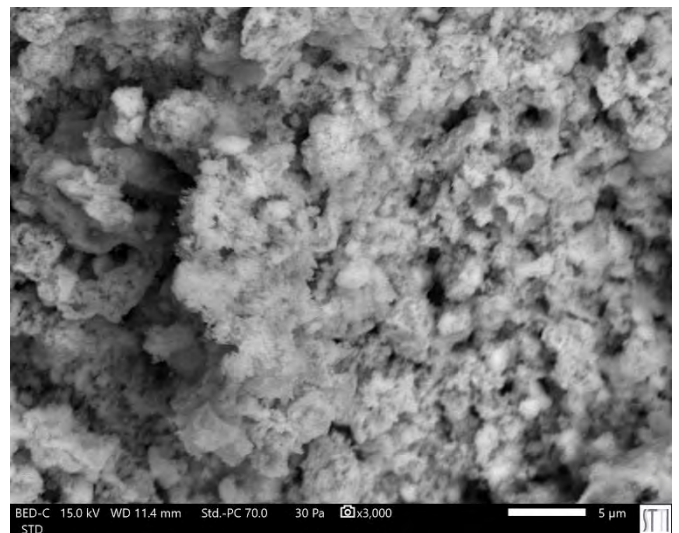
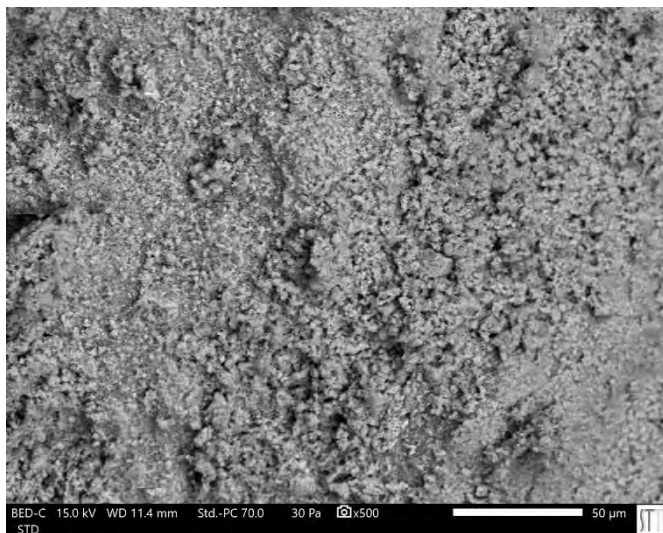
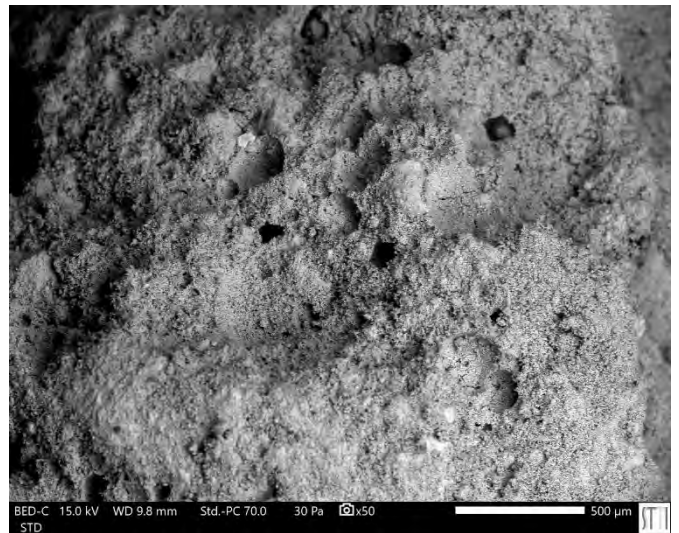
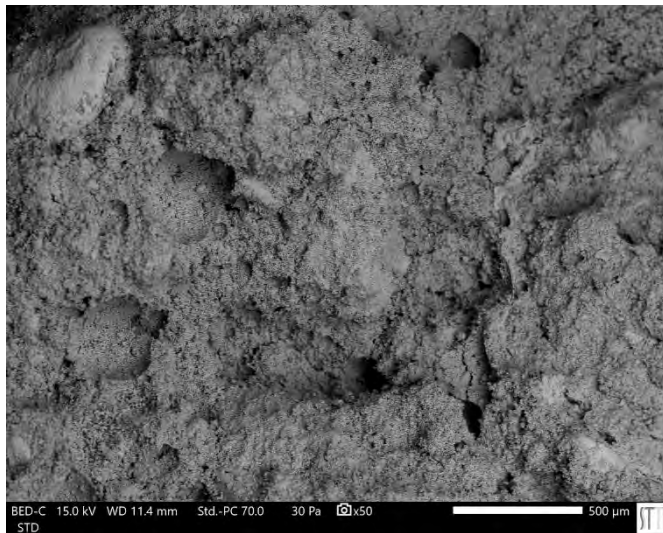
Element	Mass%
C	7.83±0.01
O	50.60±0.06
Mg	1.06±0.01
Al	0.90±0.01
Si	2.26±0.01
S	0.30±0.00
K	0.31±0.01
Ca	36.74±0.04
Total	100.00



composición de elementos químicos presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio y el carbono correspondiendo con un mortero de cal. El silicio y el magnesio corresponde a los áridos. Los otros componentes son minoritarios y pueden proceder de cerámica triturada o depósitos de tierras y contaminación.

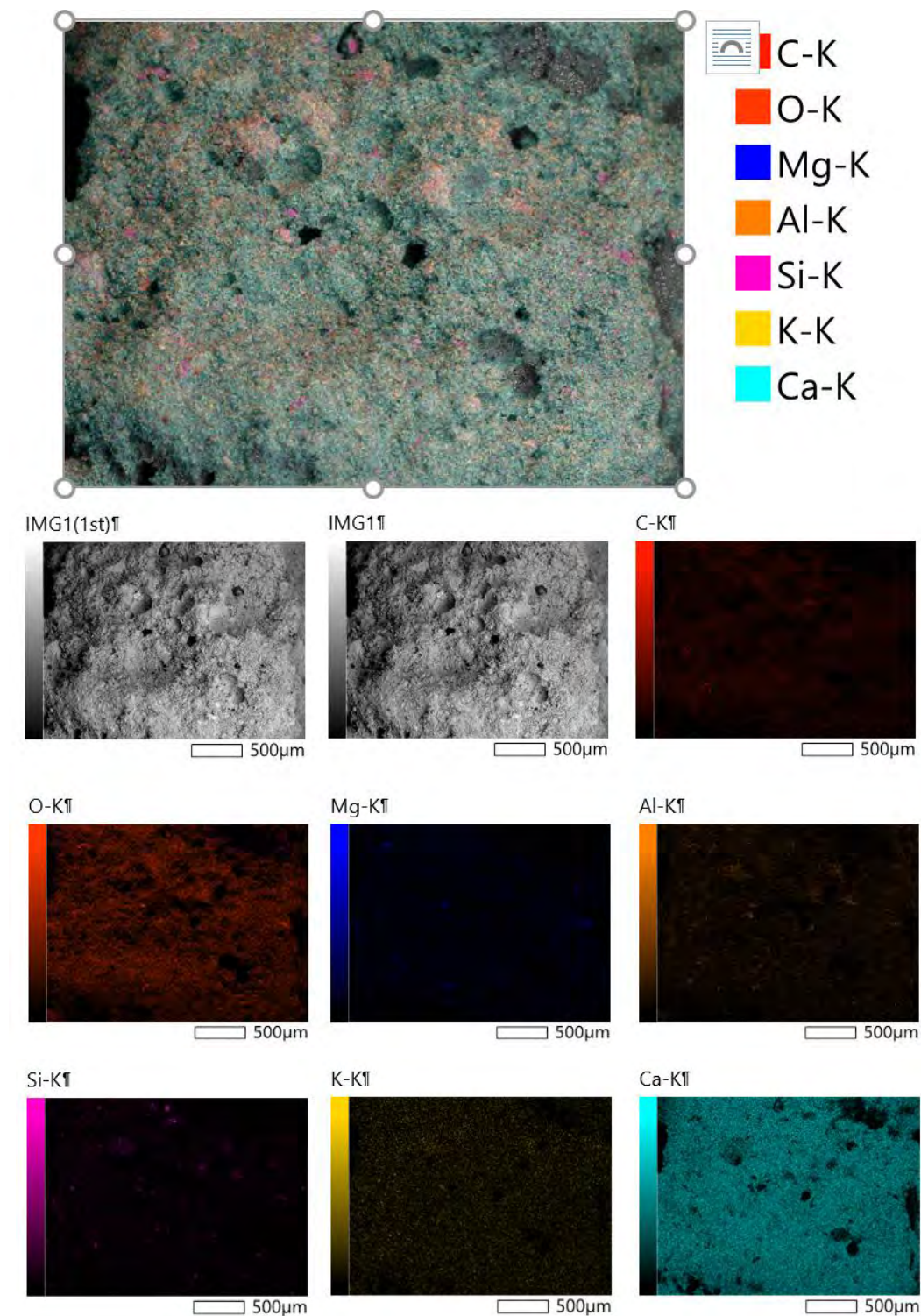
SEM 2a

La observación al SEM a pocos aumentos (50x) permite ver poros y oquedades dejadas por desprendimientos de áridos de forma redondeada. A mayores aumentos (500x y 3000x) se observan recristalizaciones en la calcita (mineral que conforma la cal) con posible presencia de tierras.



Análisis Mapping 2a

En el análisis mediante mapping se observa una elevada presencia de calcio (Ca) en color azul cian que se superpone con el oxígeno (O) en rojo y con el carbono (C) en rojo típicos componentes de la calcita (CaCO_3). El silicio (Si) en color rosa aparece sin combinar y combinado con el aluminio y magnesio correspondiendo a los áridos.



MUESTRA 2b. Pátina

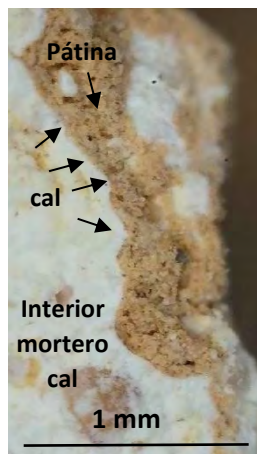
El mortero presenta una pátina rojiza en superficie de unas 200 μm que vista con lupa a pocos aumentos (5x a 15x) muestra zonas cuarteadas (microfisuras) lo que indica que es una “capa artificial”.

En la sección de la muestra vista en la lupa a 15 aumentos (imagen de la izquierda) se aprecia la patina formando una capa de unas 200 μm sobre el mortero de cal adherida mediante una lechada de cal

De los datos obtenidos mediante la observación al microscopio electrónico y análisis mapping se deduce que se trata de pigmentos naturales inorgánicos de tierras con alto contenido en hierro.

En los análisis efectuados en el microscopio el haz de electrones penetra en la base de mortero de cal y por ello aparece el calcio con un alto porcentaje (mayor de lo que contiene estrictamente la pátina).

Sección

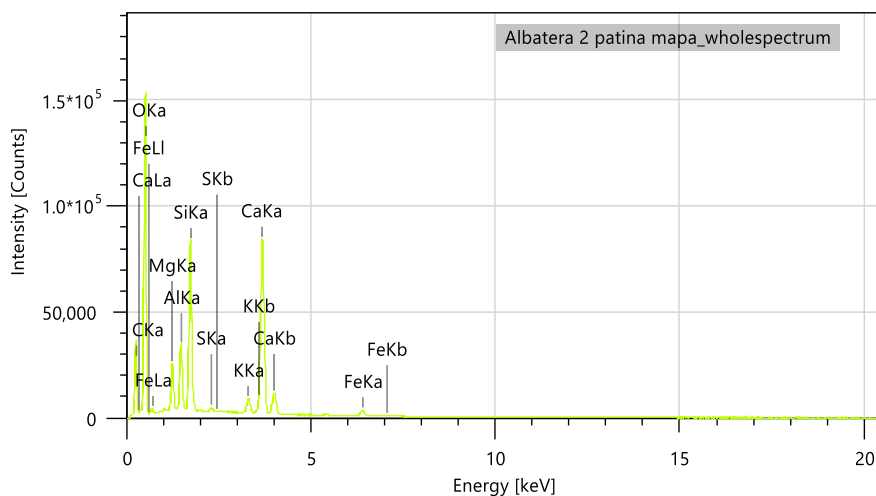


Superficie



Diferentes aspectos de la muestra 2b pátina vista con lupa en sección a 15 aumentos y en superficie a 5 aumentos.

Element	Mass%
C	10.19±0.03
O	48.95±0.13
Mg	2.58±0.02
Al	3.46±0.03
Si	9.17±0.04
S	0.24±0.01
K	1.60±0.02
Ca	21.23±0.08
Fe	2.58±0.05
Total	100.00

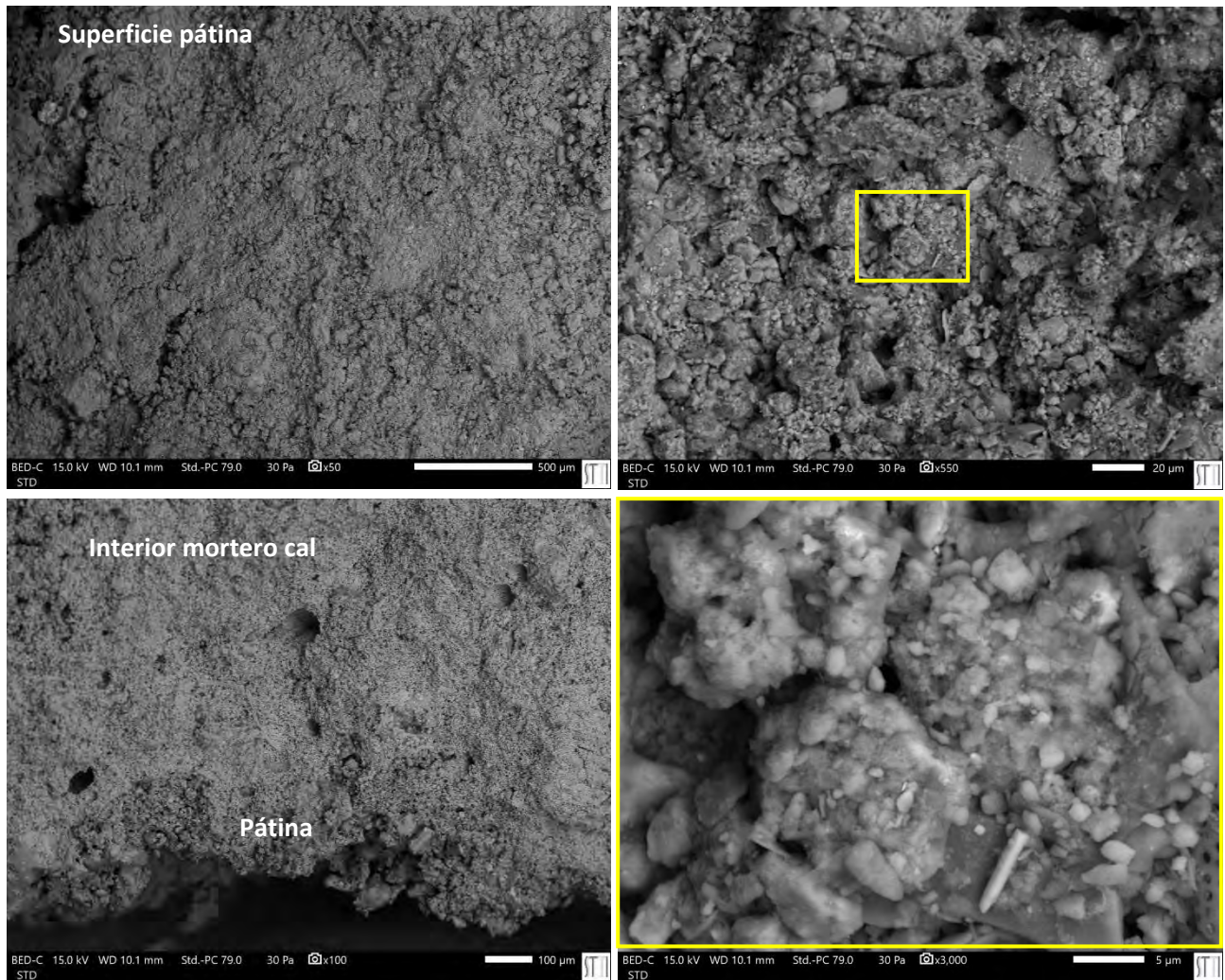


composición de elementos químicos presentes en la pátina en superficie y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio, el carbono y el silicio correspondiendo con una pátina de pigmentos terrosos de arcilla sobre un mortero de cal.

SEM

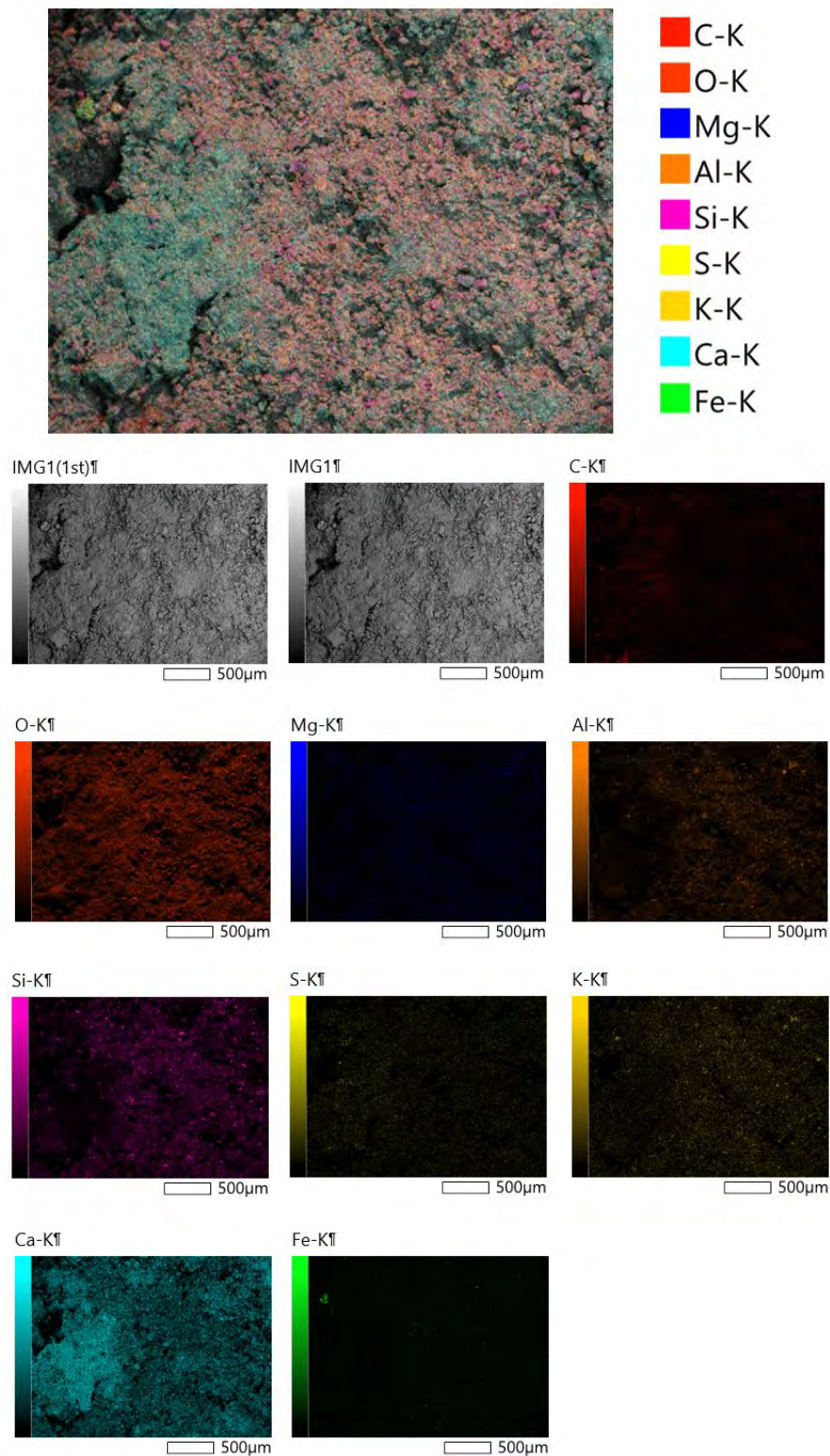
La observación al SEM de la superficie de la pátina a diferentes aumentos permite ver su heterogeneidad con múltiples formas de cristales.

En sección a 100 aumentos se observa la diferencia entre la pátina mucho más porosa y heterogénea que el interior del mortero.



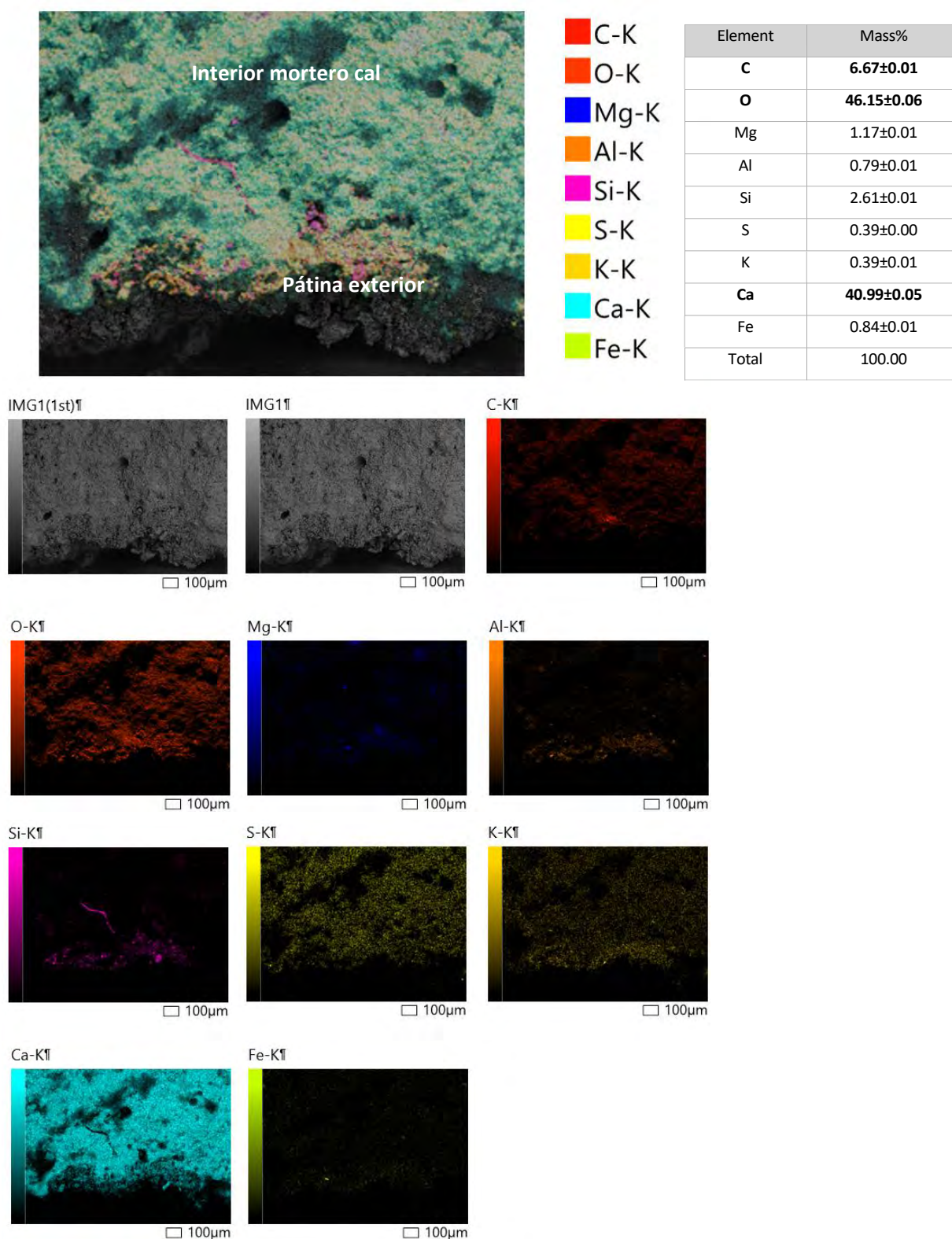
Mapping en superficie

En la superficie vista al SEM se ha realizado un mapping que permite ver que la pátina exterior está compuesta por oxígeno, silicio, aluminio, potasio, magnesio, hierro y calcio. Todos estos componentes son propios de arcillas. El ligante empleado probablemente sea cal.



Mapping en sección

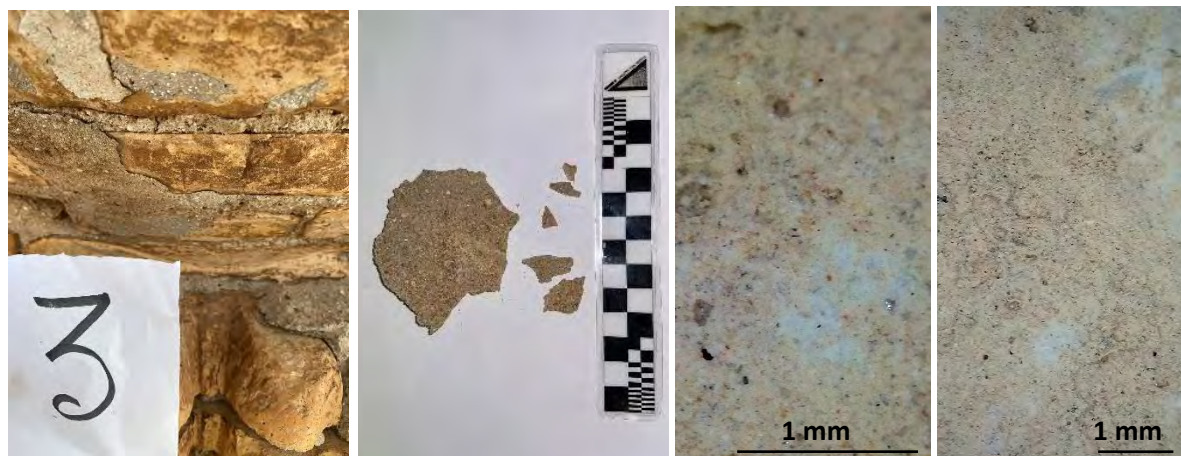
En la sección vista al SEM se ha realizado un mapping que permite ver que la pátina exterior está compuesta por oxígeno, silicio, aluminio, potasio, magnesio, hierro y calcio. Todos estos componentes son propios de arcillas. El ligante empleado probablemente sea lechada de cal. El porcentaje de componentes es de toda la sección por lo que hay que interpretar los resultados en base al mapping de la superficie.



Muestra 3

Se trata de un mortero color gris de cemento con áridos blancos y pátina rojiza superficial que cubre parte de la fábrica.

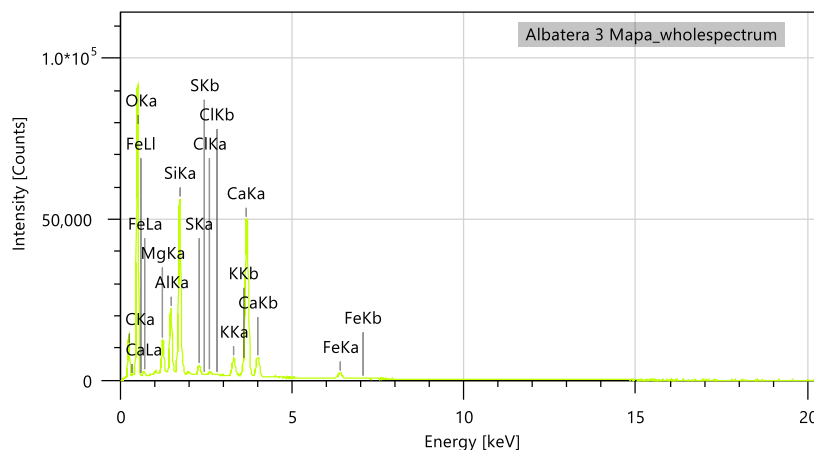
Vista con lupa a pocos aumentos (5 a 10x) se observa una pátina rosácea, así como los áridos de color blanco y pequeñas inclusiones de color gris. Presenta poca porosidad.



Zona de extracción de la muestra 3 y diferentes aspectos vista con lupa.

De los datos obtenidos mediante la observación al microscopio electrónico y análisis mapping se deduce que se trata de mortero de **CEMENTO** con áridos calizos y silíceos.

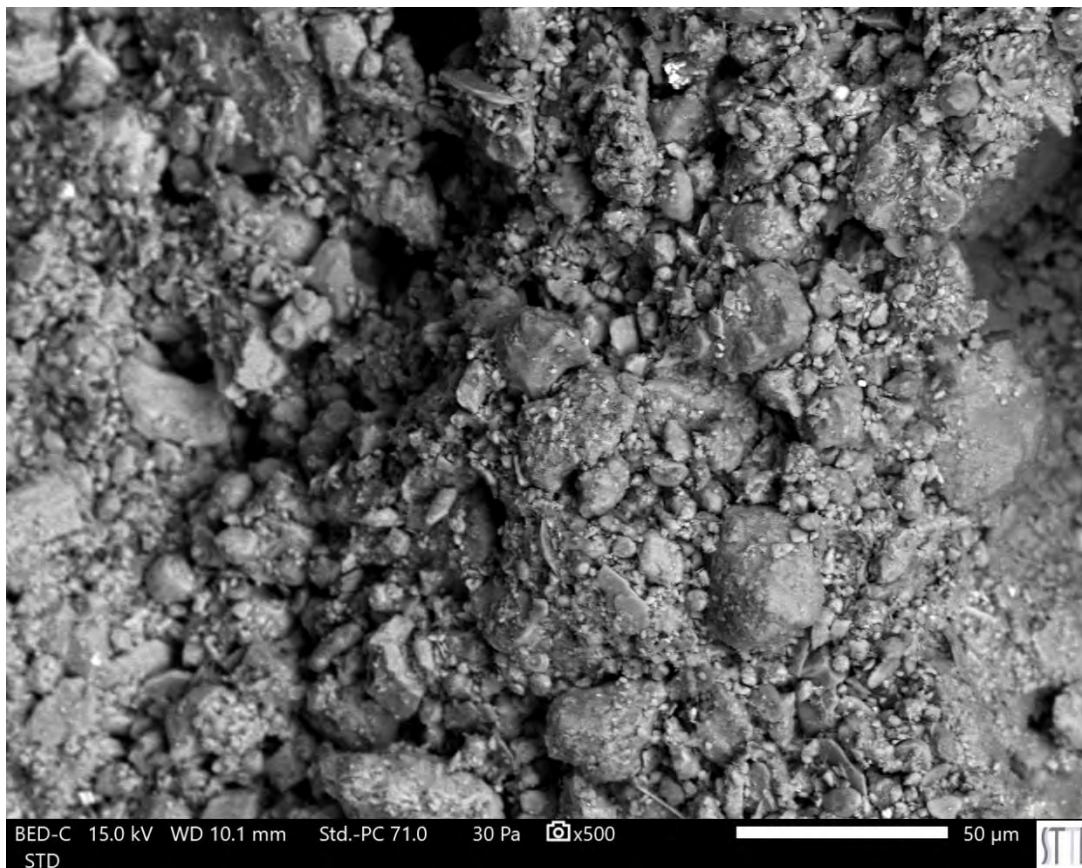
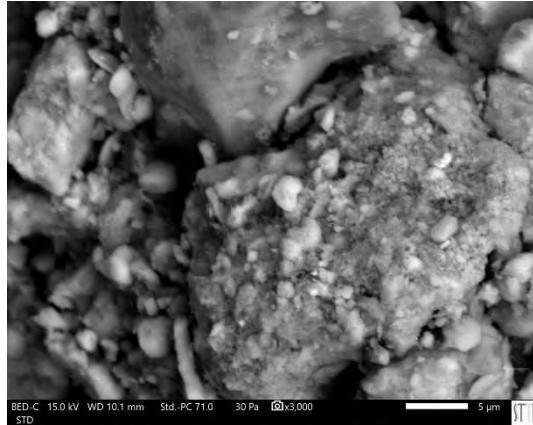
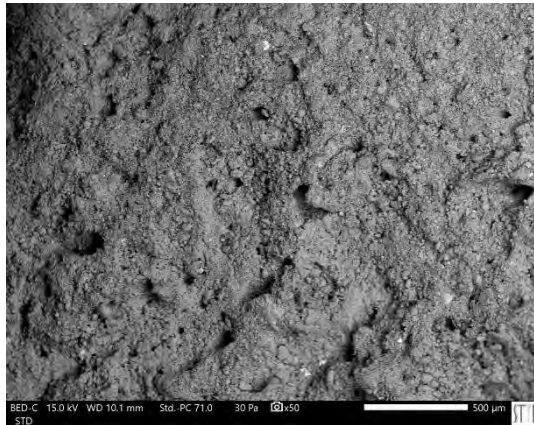
Element	Mass%
C	6.70±0.01
O	49.03±0.06
Mg	1.99±0.01
Al	3.68±0.01
Si	10.18±0.02
S	0.66±0.01
Cl	0.26±0.00
K	2.04±0.01
Ca	22.45±0.03
Fe	3.00±0.02
Total	100.00



Composición (elementos químicos) presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio, el silicio y el carbono. También hay presencia de aluminio, hierro y potasio. Los componentes y su proporción se corresponden con un mortero de cemento.

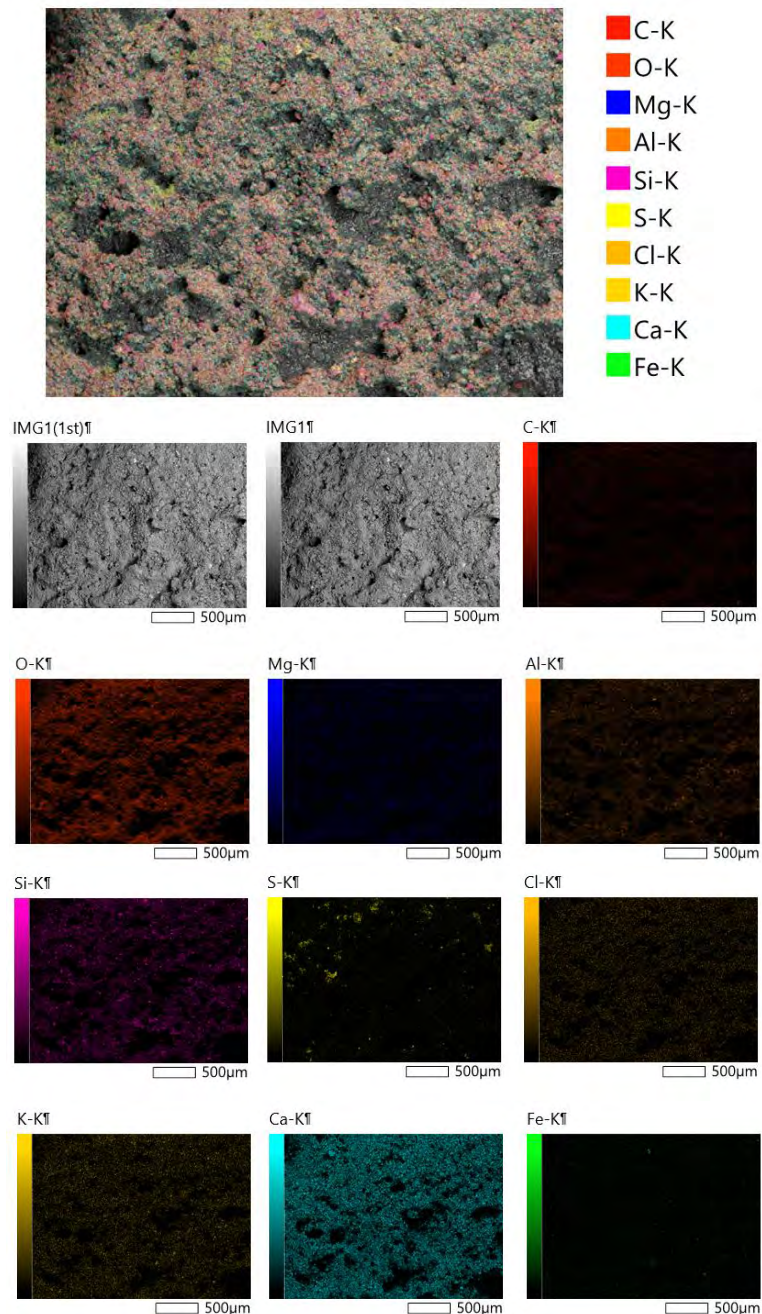
SEM

La observación al SEM a pocos aumentos (50x) permite ver una superficie heterogénea con poros y oquedades dejadas por desprendimientos de áridos de machaqueo. A mayores aumentos (500x y 3000x) se observan los diferentes áridos y conglomerante con los poros interpartícula.



Análisis Mapping

En el análisis mediante mapping se observa que los principales componentes químicos están superpuestos en la misma zona, hay una elevada presencia de calcio (Ca) en color azul cian que se superpone con el oxígeno (O) en rojo, con el silicio (Si) en color rosa, con el carbono (C) en rojo, con el aluminio en naranja, con el potasio y con el magnesio. El azufre también está repartido de forma homogénea. Todo esto corresponde con un cemento.



Muestra 4

Se trata de un mortero color gris claro con áridos blancos y pátina rojiza superficial que cubre parte de la fábrica.

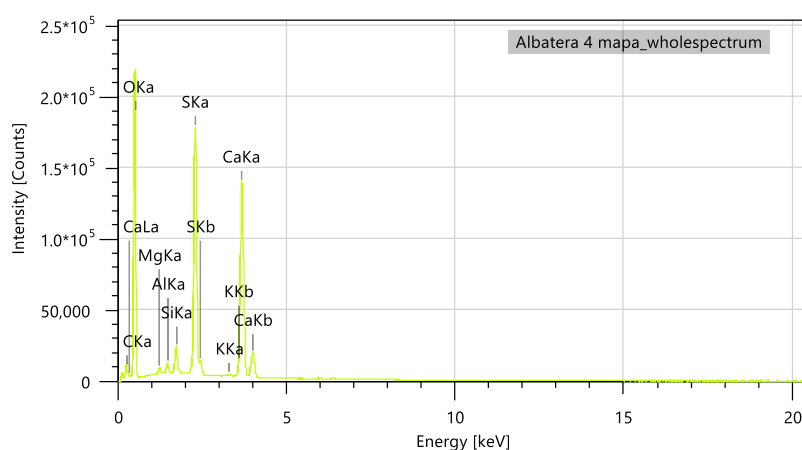
Vista con lupa a pocos aumentos (5 a 10x) se observa una masa color blanco con abundantes fragmentos de áridos rosáceos y algo de carbón. Presenta cierta porosidad.



Zona de extracción de la muestra 4 y diferentes aspectos del mortero visto con lupa donde se aprecia un cristal de yeso superior al milímetro y abundantes finos de cerámica triturada.

De los datos obtenidos mediante la observación al microscopio electrónico y análisis mapping se deduce que se trata de mortero de **YESO** con áridos calizos y silíceos procedentes de cerámica triturada.

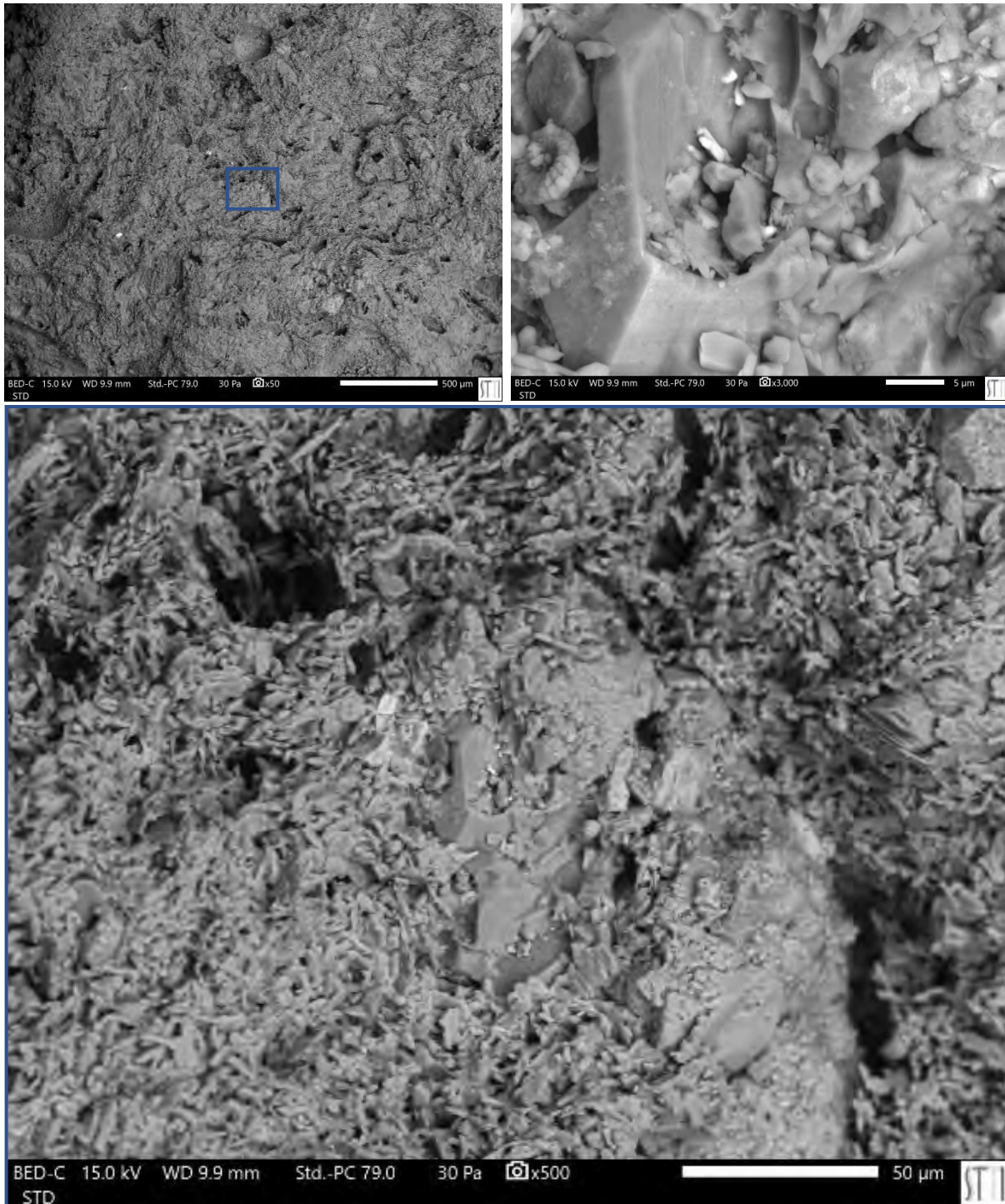
Element	Mass%
C	2.95±0.01
O	52.33±0.04
Mg	0.33±0.00
Al	0.51±0.00
Si	1.31±0.00
S	16.44±0.01
K	0.28±0.00
Ca	25.84±0.02
Total	100.00



Composición (elementos químicos) presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio y el azufre con muy poco carbono. También hay ligera presencia en silicio. Los componentes y su proporción se corresponden con un mortero de yeso con presencia de áridos calizos y de naturaleza silícea (pudiendo provenir de cerámica ya que coincide el silicio con el aluminio, potasio y magnesio).

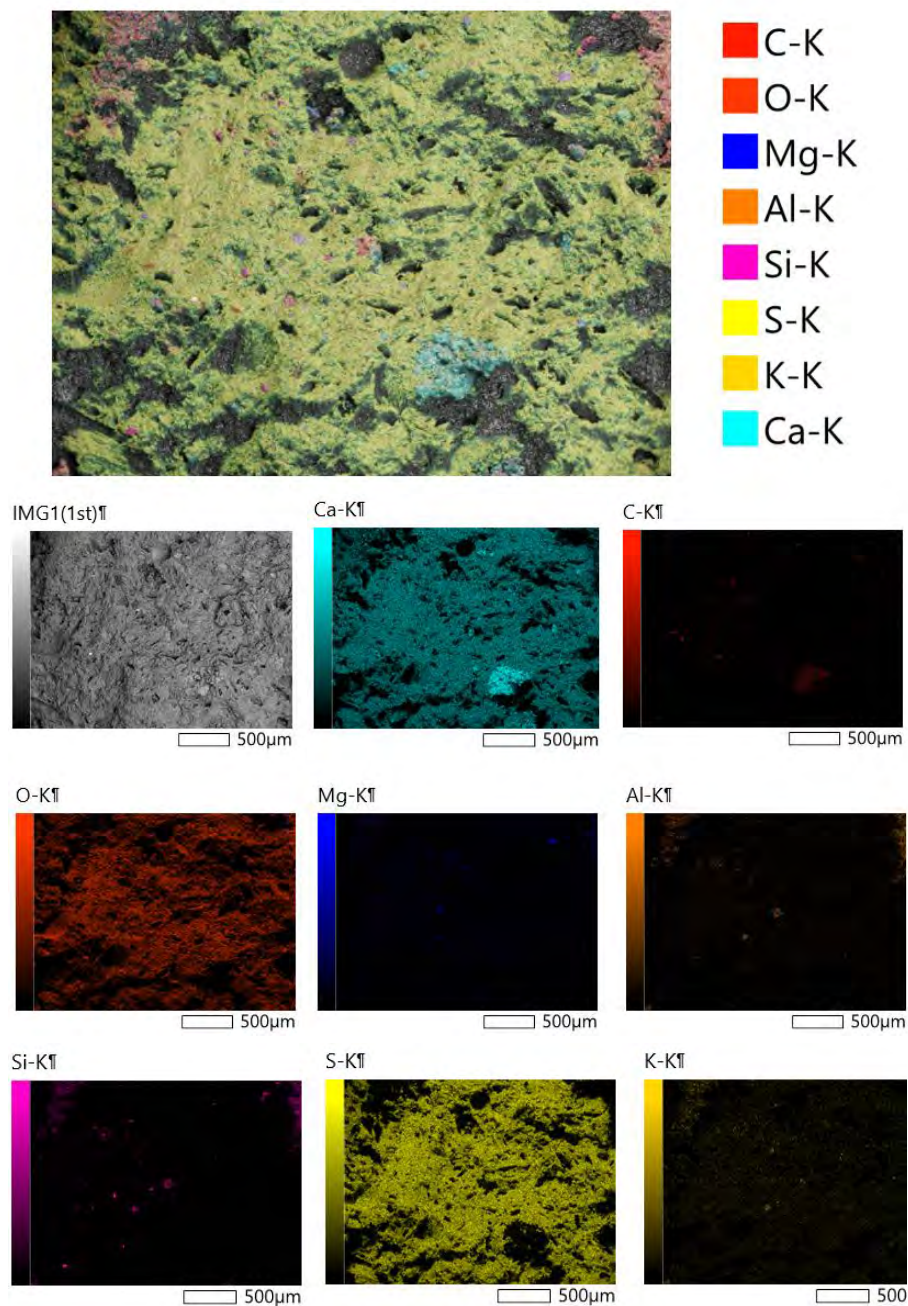
SEM

La observación al SEM permite ver los cristales de yeso bien adheridos a los áridos. Se aprecia recristalización por disoluciones en el yeso y cierta porosidad.



Análisis Mapping

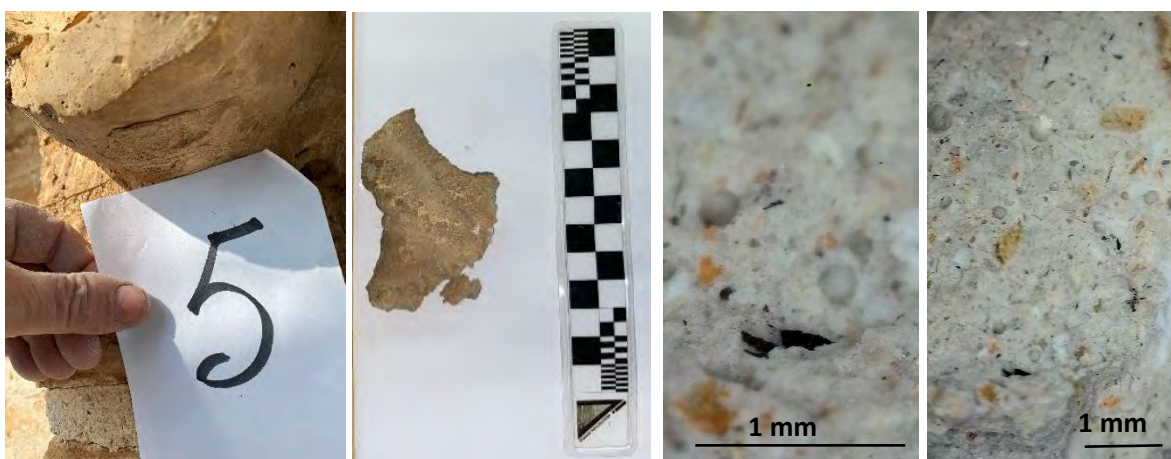
En el análisis mediante mapping se observa que los principales componentes químicos están superpuestos en la misma zona, hay una elevada presencia de calcio (Ca) en color azul cian que se superpone con el oxígeno (O) en rojo y con el azufre (S) en color amarillo. Parte del silicio coincide con el aluminio en naranja, con el potasio y con el magnesio. El carbono se concentra sobre todo coincidiendo con el calcio formando los áridos calizos.



Muestra 5

Se trata de un mortero de yeso color gris claro con áridos blancos y rojizos con pátina rojiza superficial.

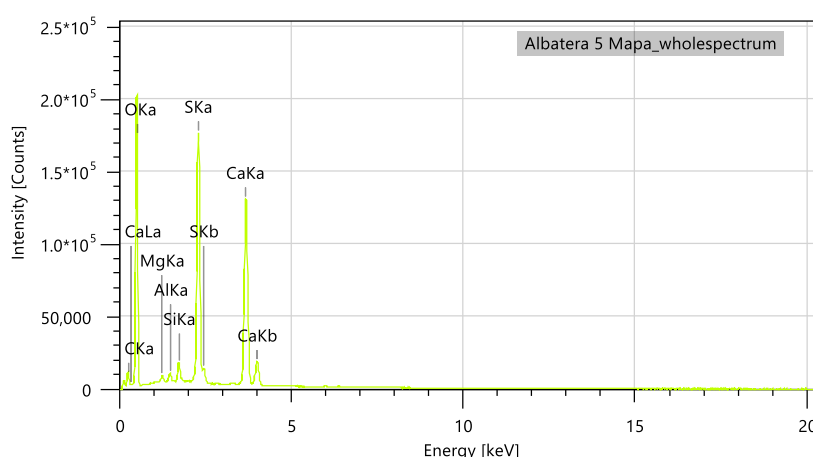
Vista con lupa a pocos aumentos (5 a 10x) se observa una masa color blanco con abundantes fragmentos de áridos rosáceos y algo de carbón. Presenta cierta porosidad.



Zona de extracción de la muestra 5 y diferentes aspectos vista con lupa. Se aprecian pequeños fragmentos de carbón y abundante porosidad.

De los datos obtenidos mediante la observación al microscopio electrónico y análisis mapping se deduce que se trata de mortero de **YESO** con áridos calizos y silíceos procedentes de cerámica triturada.

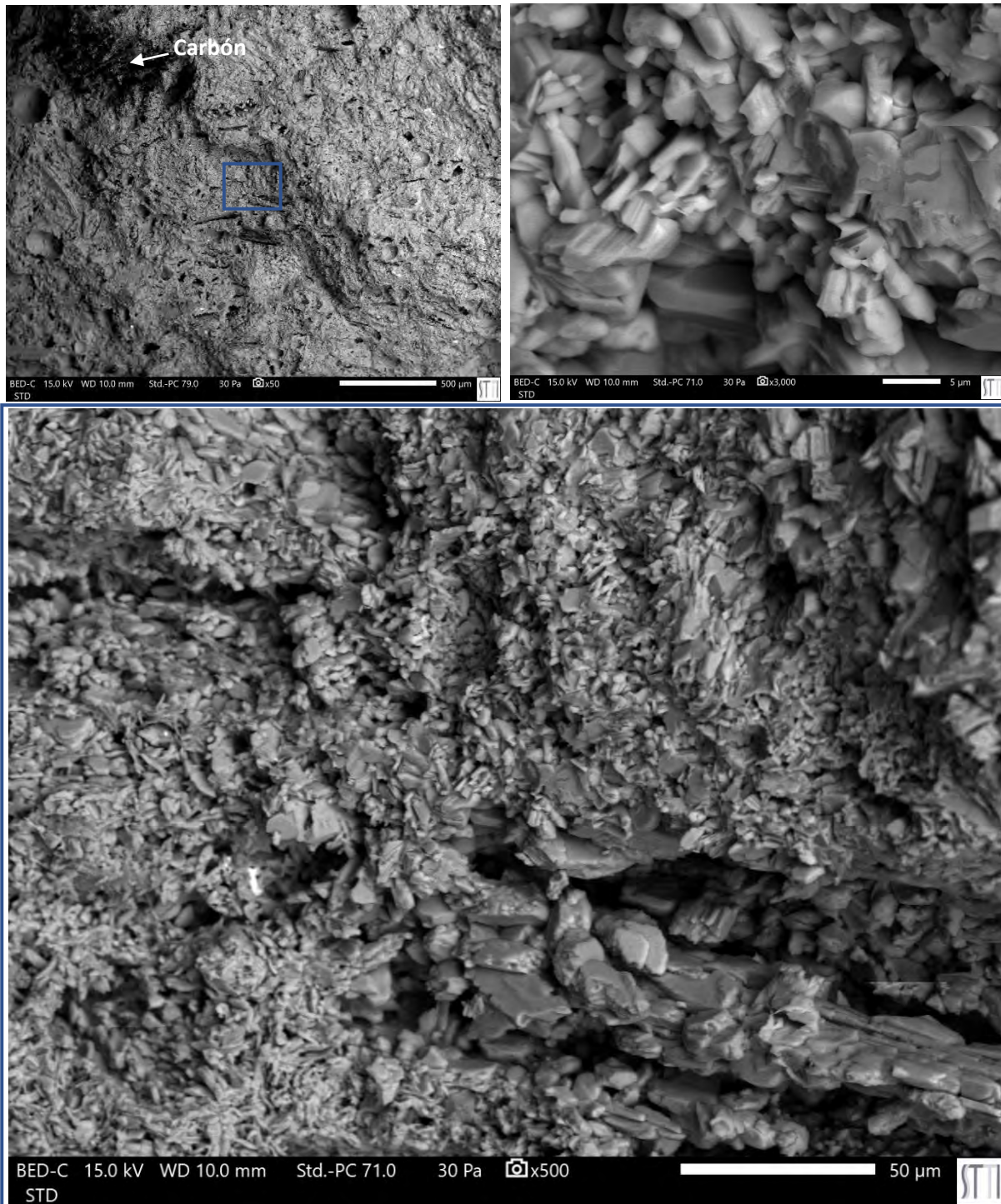
Element	Mass%
C	3.37±0.01
O	51.85±0.04
Mg	0.38±0.00
Al	0.42±0.00
Si	0.96±0.00
S	17.23±0.01
Ca	25.79±0.02
Total	100.00



Composición (elementos químicos) presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio y el azufre con muy poco carbono. También hay ligera presencia en silicio. Los componentes y su proporción se corresponden con un mortero de yeso con presencia de áridos calizos y de naturaleza silíceo (pudiendo provenir de cerámica ya que coincide el silicio con el aluminio, potasio y magnesio).

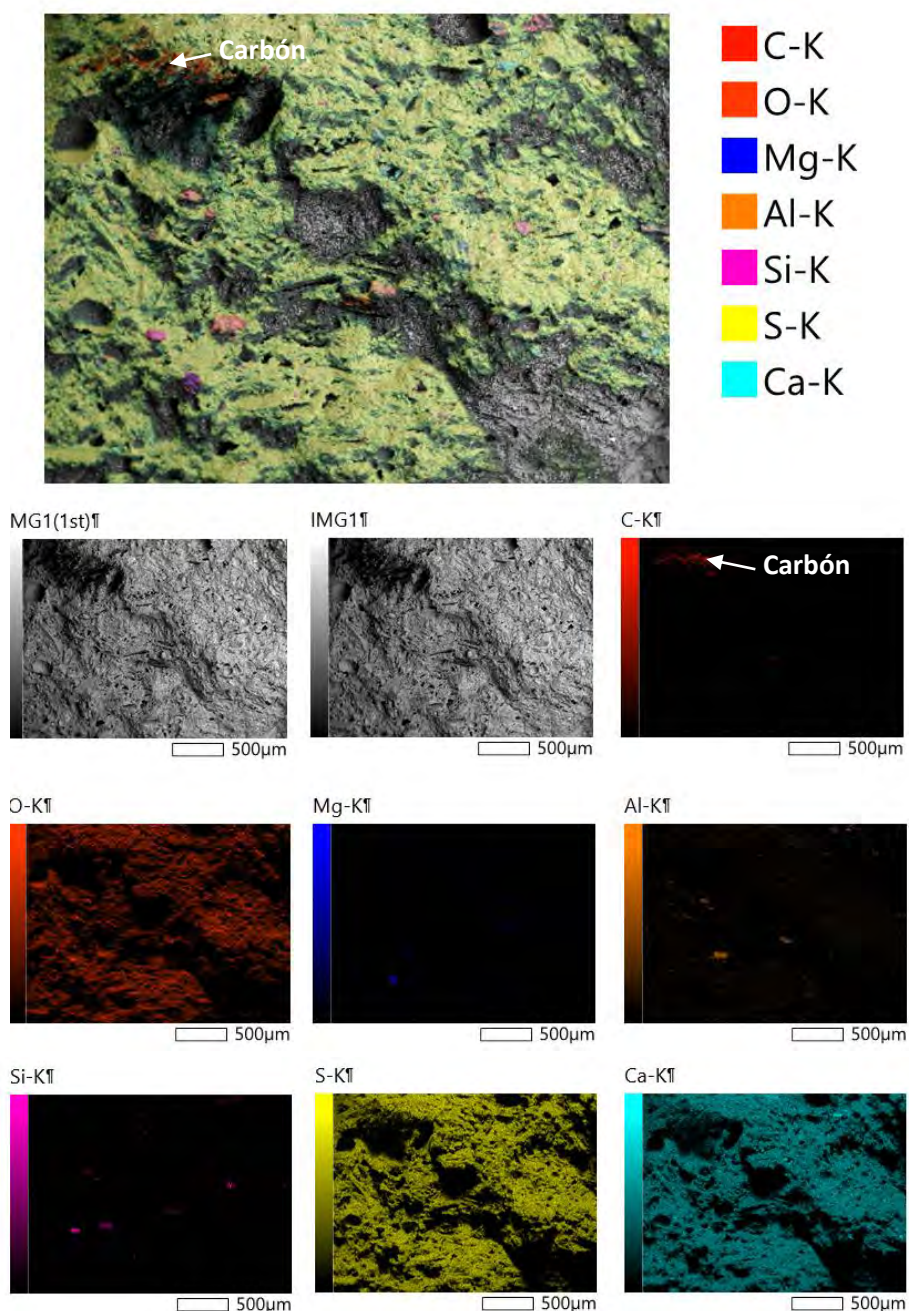
SEM

La observación al SEM permite ver abundante porosidad y cristales de yeso bien maclados y orientados.



Análisis Mapping

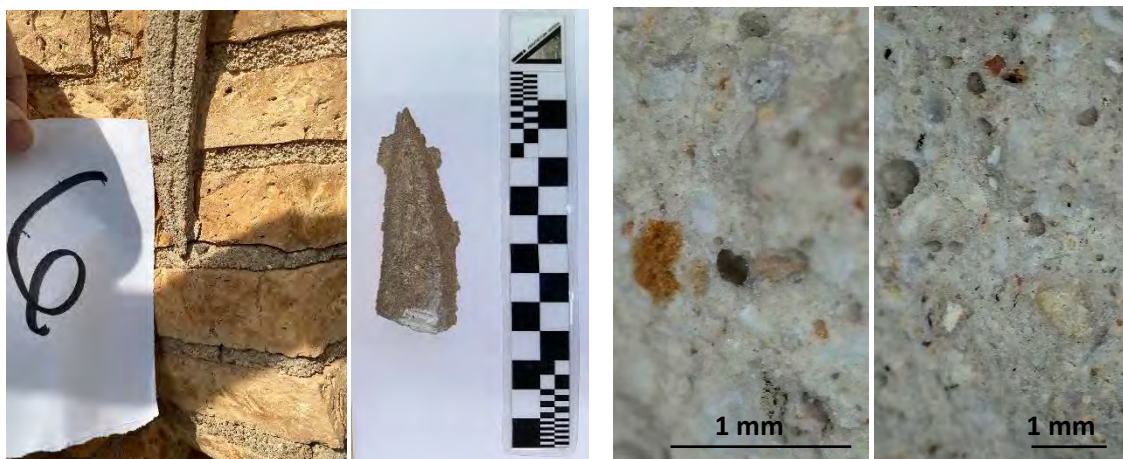
En el análisis mediante mapping se observa que los principales componentes químicos están superpuestos en la misma zona existiendo una elevada presencia de calcio (Ca) en color azul cian que se superpone con el oxígeno (O) en rojo y con el azufre (S) en color amarillo. Parte del silicio coincide con el aluminio en naranja, con el potasio y con el magnesio. El carbono no se combina con ningún otro elemento y según su textura corresponde fragmentos de carbón. El calcio también corresponde en parte a pequeños áridos (finos) de naturaleza caliza. El silicio aparece junto al oxígeno solo o combinado con aluminio, conformando áridos finos.



Muestra 6

Se trata de un mortero de yeso color gris claro con áridos blancos y pátina superficial.

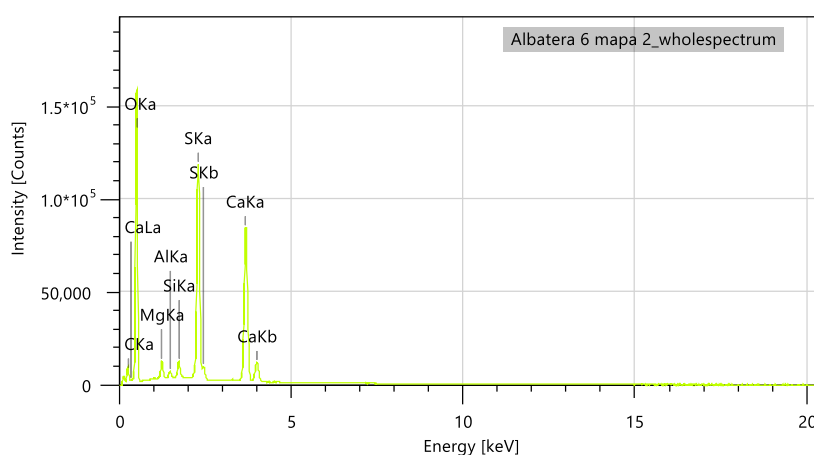
Vista con lupa a pocos aumentos (5 a 10x) se observa una masa color gris con abundantes fragmentos de áridos rosáceos y algo de carbón. Presenta cierta porosidad.



Zona de extracción de la muestra 6 y diferentes aspectos vista con lupa donde se observa la elevada porosidad y finos de cerámica triturada. Se aprecia cierta colonización de biodeterioro.

De los datos obtenidos mediante la observación al microscopio electrónico y análisis mapping se deduce que se trata de mortero de **YESO** con áridos calizos y silíceos procedentes de cerámica triturada.

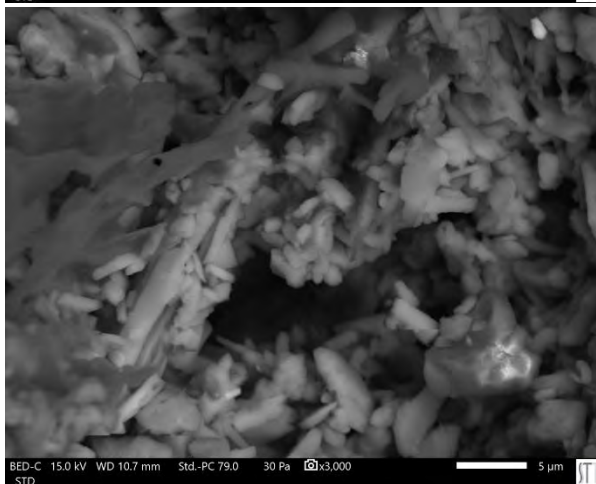
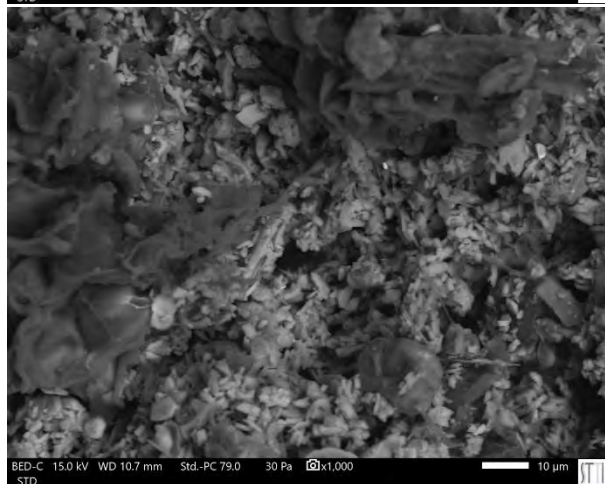
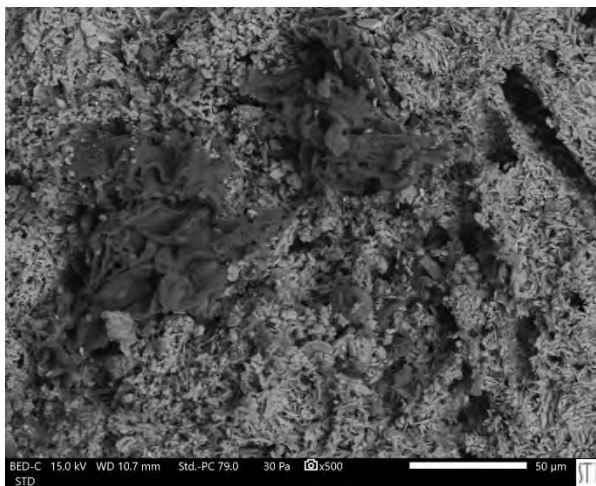
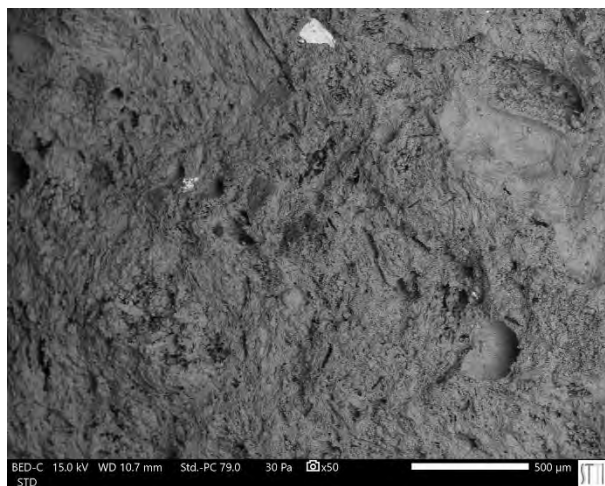
Element	Mass%
C	3.75±0.01
O	54.01±0.05
Mg	1.06±0.01
Al	0.36±0.00
Si	0.92±0.01
S	16.41±0.02
Ca	23.50±0.03
Total	100.00



Composición (elementos químicos) presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio y el azufre con muy poco carbono. También hay ligera presencia en silicio. Los componentes y su proporción se corresponden con un mortero de yeso con presencia de áridos calizos y de naturaleza silícea (pudiendo provenir de cerámica ya que coincide el silicio con el aluminio, potasio y magnesio).

SEM

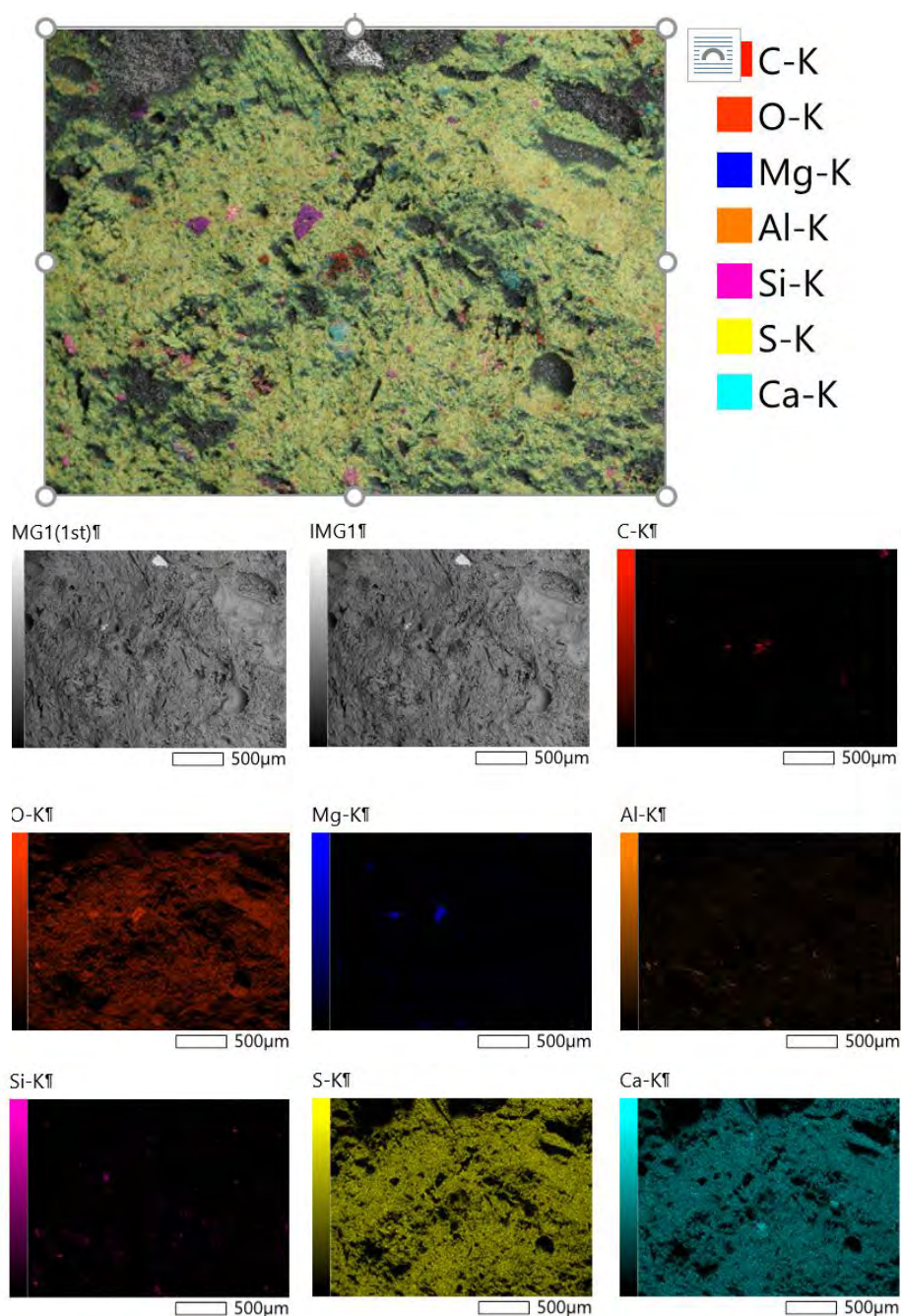
La observación al SEM permite ver cristalización de yesos de forma laminar con abundante porosidad y elementos orgánicos maclados por biodeterioro.



Análisis Mapping

En el análisis mediante mapping se observa que los principales componentes químicos están superpuestos en la misma zona existiendo una elevada presencia de calcio (Ca) en color azul cian que se superpone con el oxígeno (O) en rojo y con el azufre (S) en color amarillo. Esto indica que se trata de YESO.

Parte del silicio coincide con el aluminio en naranja. El carbono no se combina con ningún otro elemento y según su morfología son fibras naturales o alteración orgánica. El calcio en las zonas donde aparece más intenso corresponde a pequeños áridos (finos) de naturaleza caliza. El silicio aparece junto al oxígeno solo o combinado con aluminio, conformando áridos finos.



MUESTRAS 7a y 7b

Las muestras de la zona 7 son un fragmento de mortero color gris claro que ha resultado ser YESO y un fragmento de ladrillos color rosáceo-rojizo. Ambos fragmentos presentan pátina superficial.

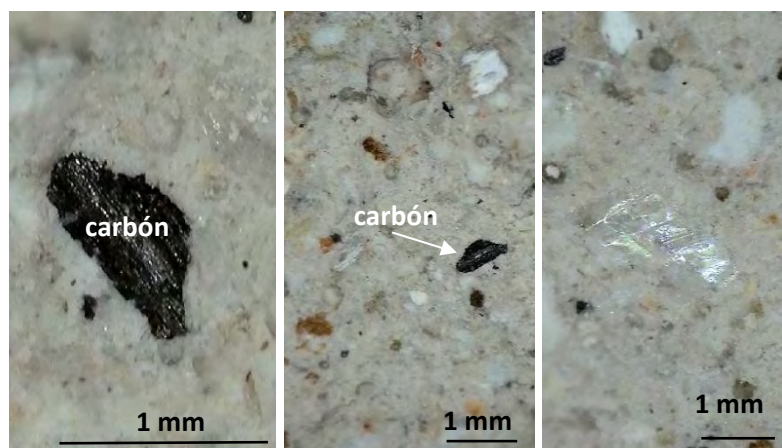


Zona de extracción de las muestras 7a (mortero) y 7b (ladrillo).

MUESTRA 7a

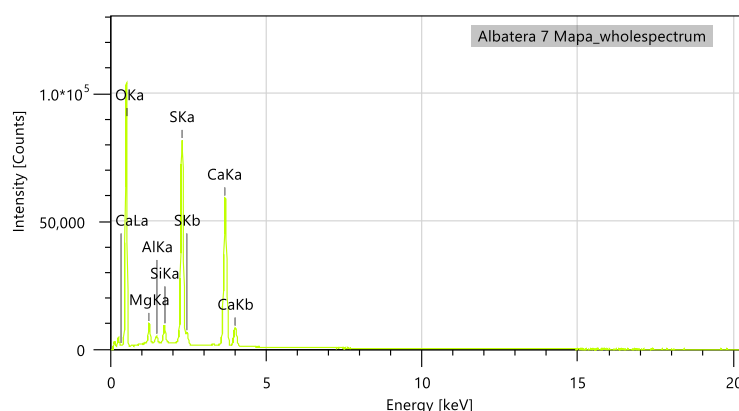
Se trata de un mortero color gris con pequeñas inclusiones color negro y algo poroso con pátina rojiza exterior.

Visto con lupa se observan cristales de tamaño superior a 1 mm con brillo tornasolado de yeso. Aparecen áridos de color blanco y color rosáceo, pequeñas inclusiones negras y abundantes poros.



Diferentes aspectos del mortero (7a) visto con lupa donde se observa en detalle un fragmento de carbón.

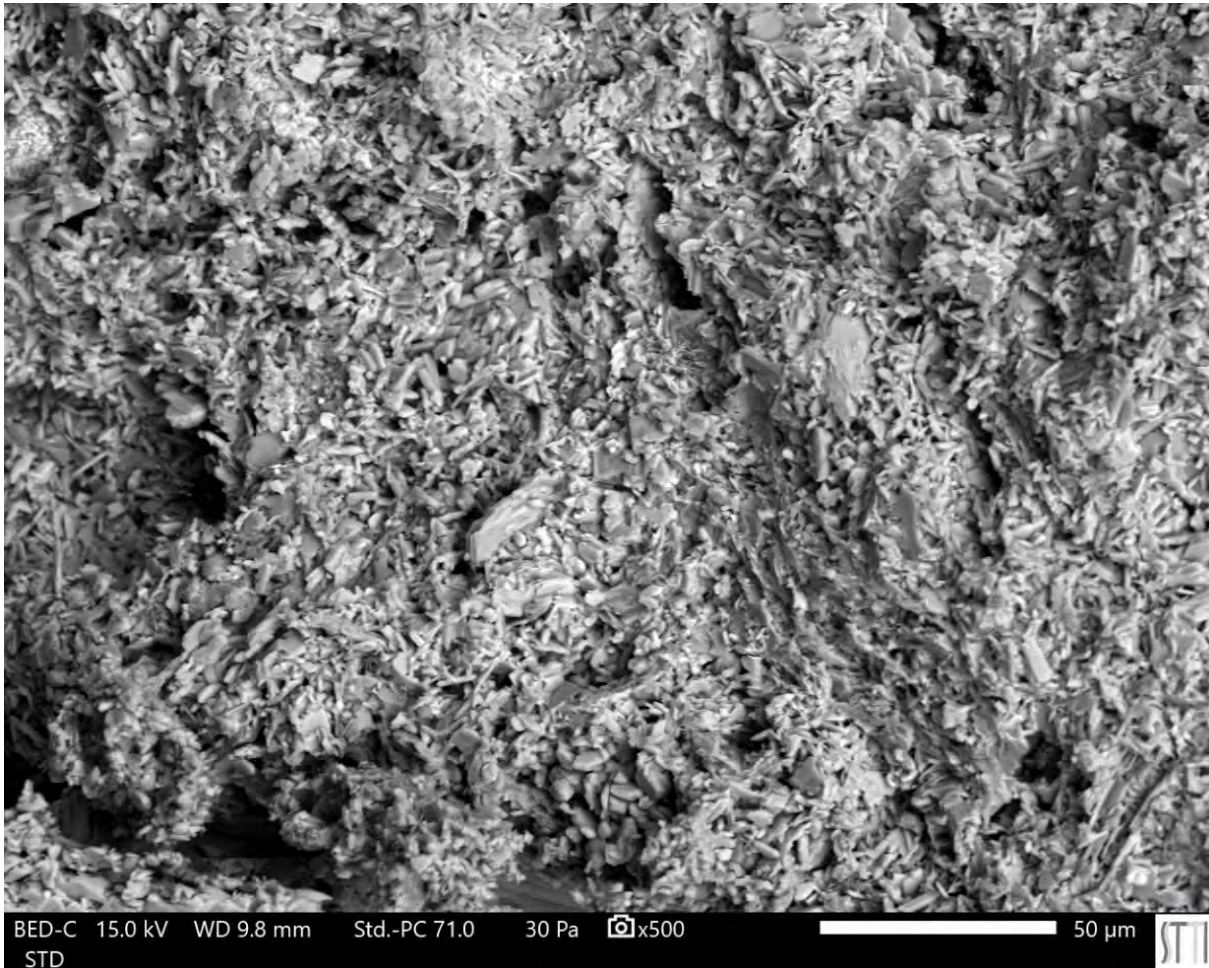
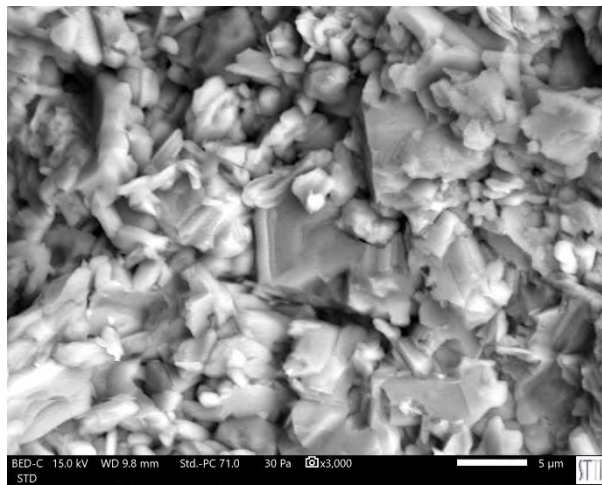
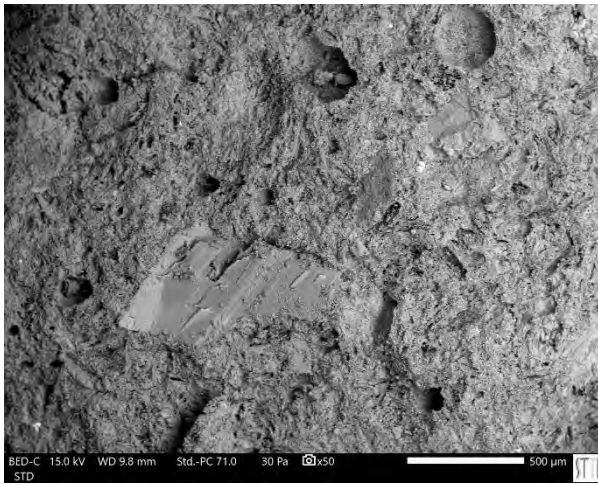
Element	Mass%
O	54.48±0.06
Mg	1.41±0.01
Al	0.46±0.01
Si	1.13±0.01
S	17.36±0.02
Ca	25.17±0.03
Total	100.00



Composición muestra 7a (elementos químicos morteros) presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio y el azufre sin carbono. También hay ligera presencia en silicio. Los componentes y su proporción se corresponden con un **mortero de yeso** con presencia de áridos calizos y de naturaleza silíceo (pudiendo provenir de cerámica ya que coincide el silicio con el aluminio y magnesio).

SEM 7ª. Mortero

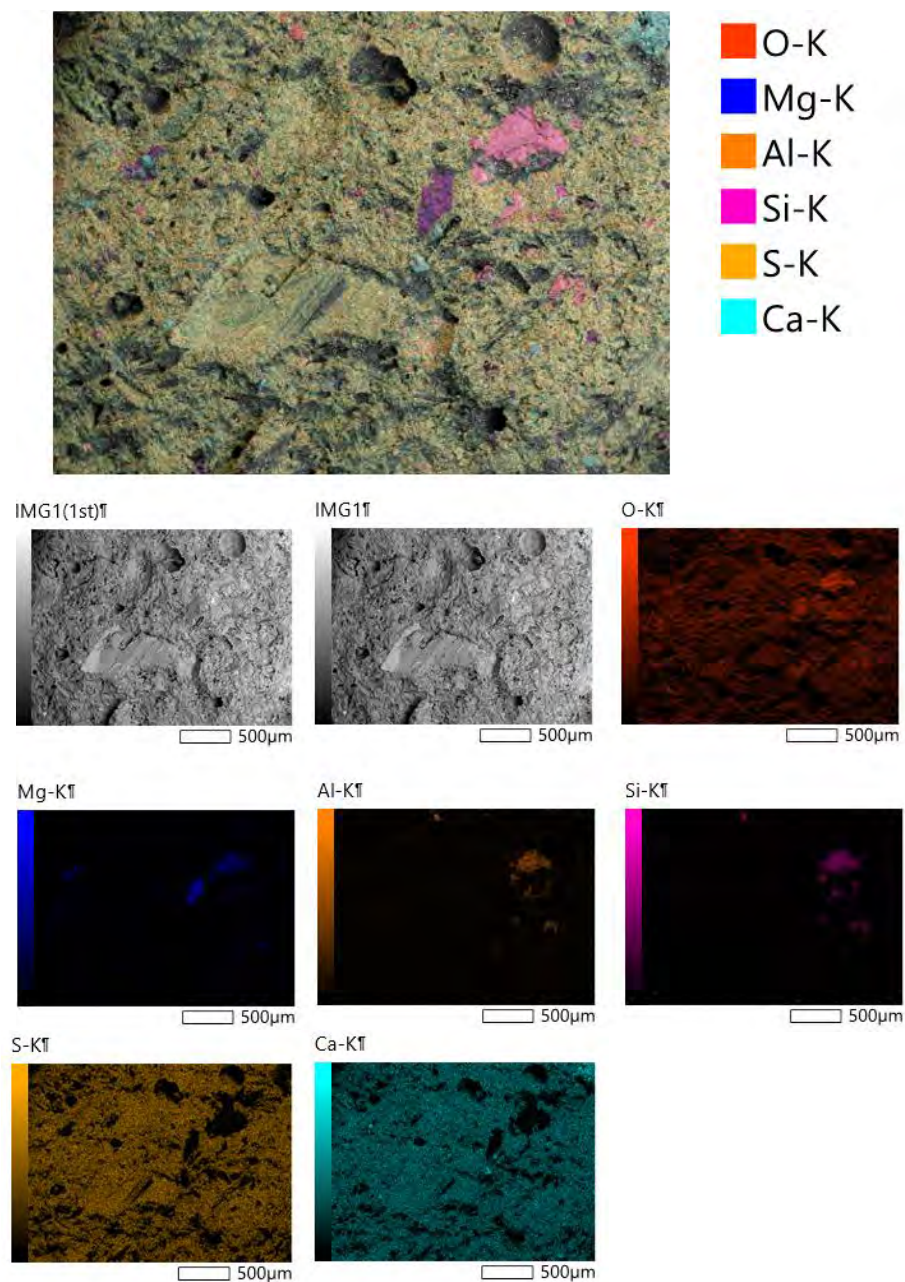
La observación al SEM permite ver cristalización de **yesos** de forma laminar con abundante porosidad y detalle de recrystalizaciones.



Análisis Mapping 7a. Mortero

En el análisis mediante mapping se observa que los principales componentes químicos están superpuestos en la misma zona existiendo una elevada presencia de calcio (Ca) en color azul cian que se superpone con el oxígeno (O) en rojo y con el azufre (S) en color naranja. Esto indica que se trata de **YESO**.

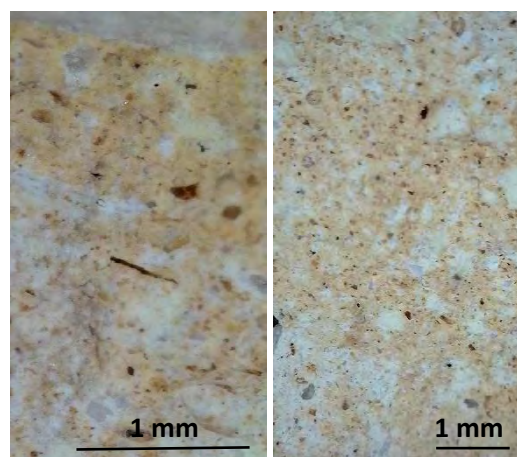
Parte del silicio coincide con el aluminio en naranja, con el magnesio y oxígeno pudiendo provenir de cerámica triturada. El calcio en las zonas donde aparece más intenso corresponde a pequeños áridos (finos) de naturaleza caliza.



MUESTRA 7b. Ladrillo

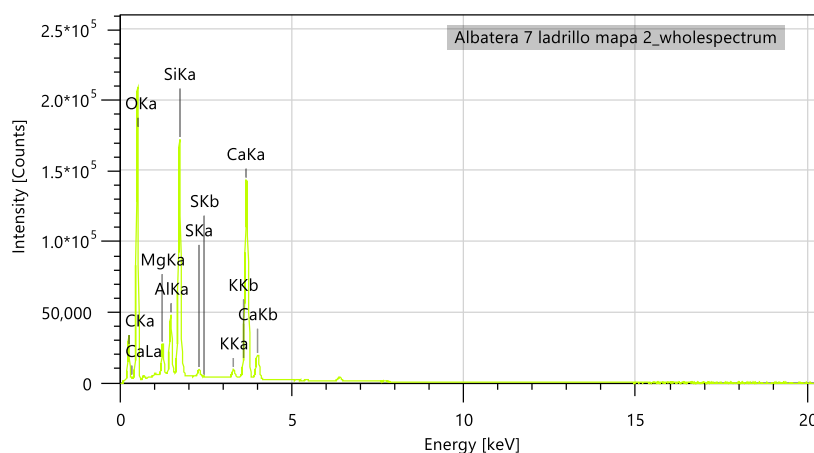
Se trata de un fragmento de ladrillo color rosáceo-rojizo con pequeñas inclusiones de color marrón y de color blancas. Muestra cierta porosidad con pátina rojiza exterior.

Visto con lupa se observa una masa heterogénea con abundantes cristales color blanco en sobre una masa rosácea. Se aprecian abundantes micro-poros.



Diferentes aspectos del mortero (7b) visto con lupa donde se observa en detalle una zona de masa vítrea color rosácea con cristales de color blanco en su interior.

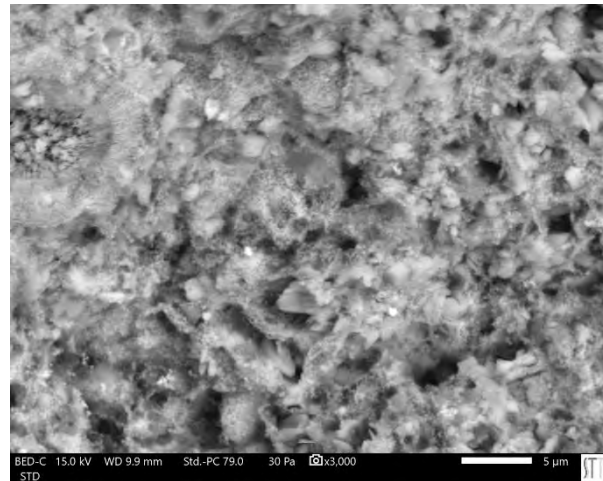
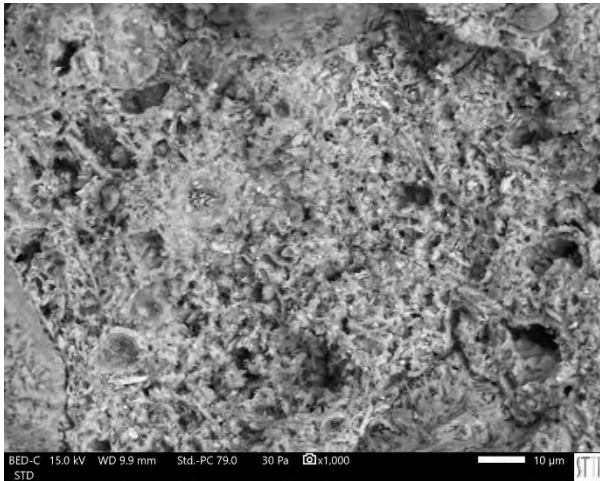
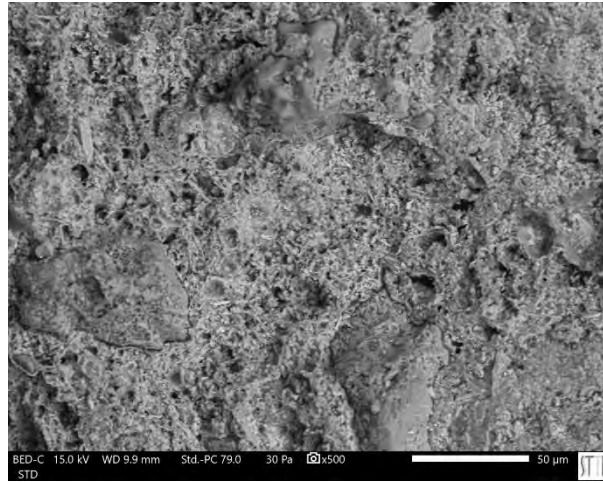
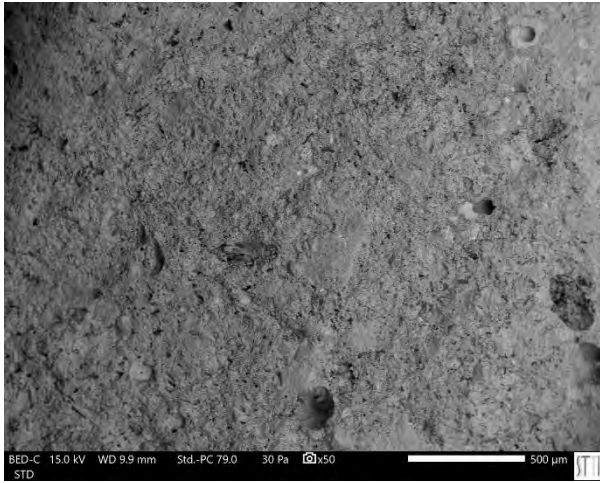
Element	Mass%
C	6.69±0.01
O	48.57±0.04
Mg	1.68±0.01
Al	3.05±0.01
Si	12.59±0.01
S	0.47±0.00
K	0.87±0.01
Ca	26.07±0.02
Total	100.00



Composición muestra 7a (elementos químicos morteros) presentes en la muestra y difractograma. Se aprecia que predominan el oxígeno, el calcio y el azufre sin carbono. También hay ligera presencia en silicio. Los componentes y su proporción se corresponden con un **mortero de yeso** con presencia de áridos calizos y de naturaleza silícea (pudiendo provenir de cerámica ya que coincide el silicio con el aluminio y magnesio).

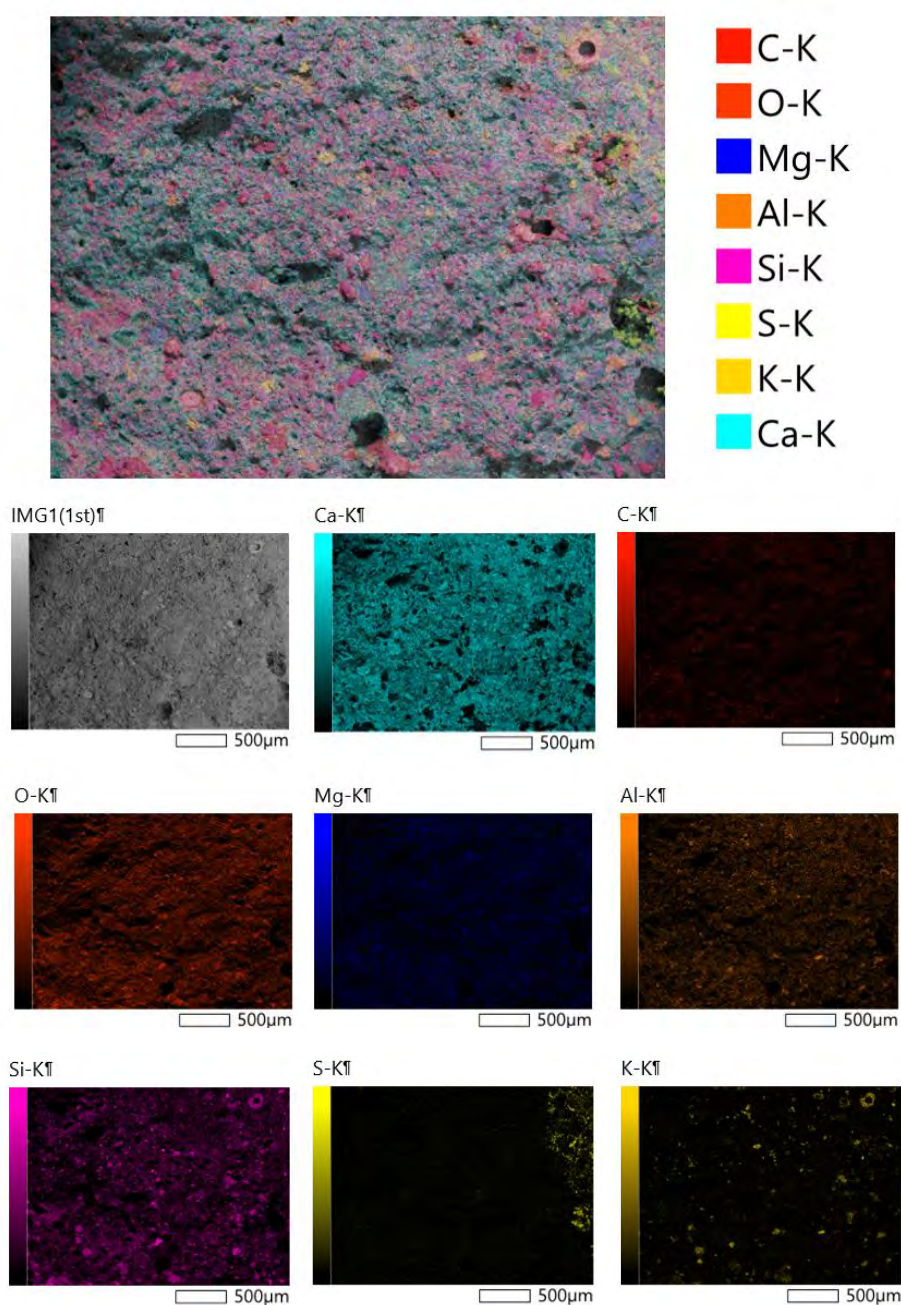
SEM 7b. Ladrillo

La observación al SEM muestra la heterogeneidad de la masa del ladrillo con abundantes fragmentos pétreos de tamaño superior a 50 μm sin fundir. También se aprecia cierta porosidad.



Análisis Mapping 7b

En el análisis mediante mapping se observa que TODOS los componentes químicos principales están superpuestos existiendo una elevada presencia de calcio (Ca) en color azul cian que se superpone con el silicio (Si) en color rosa, con el oxígeno (O) en rojo, con el aluminio (Al) en color naranja, con el magnesio en color azul oscuro y con el potasio (K) en color amarillo anaranjado. Esto refleja los componentes de la arcilla con la que se fabricó el ladrillo. Existen numerosos nódulos de calcita sin cocción pudiéndose observar en las zonas donde aparece más intenso coincidiendo con el oxígeno en zonas más intensas también corresponde a pequeños fragmentos calizos empleados en la masa como fundentes principalmente.



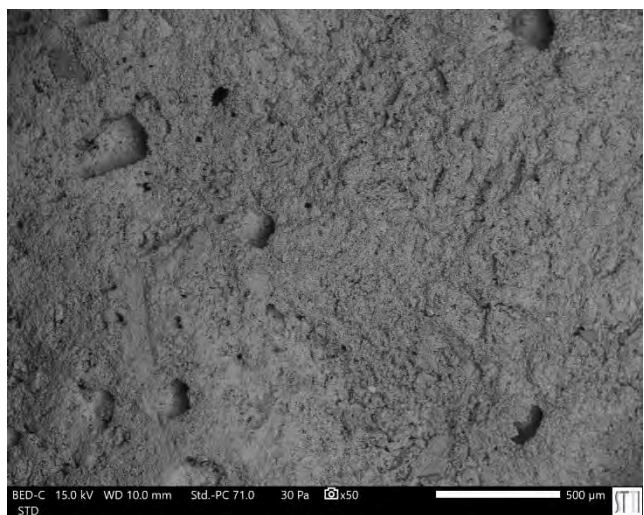
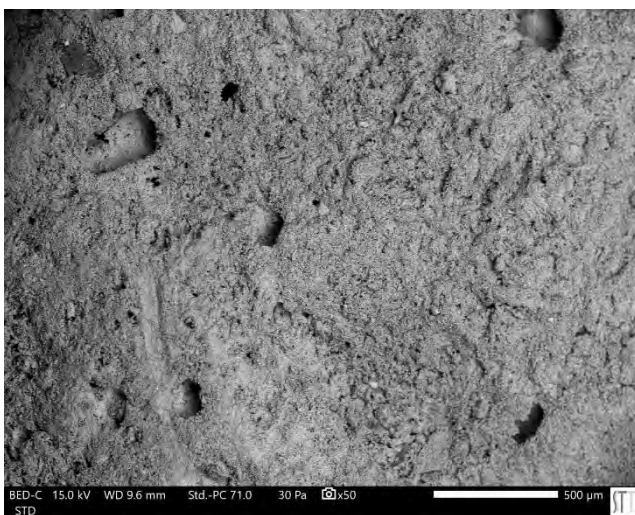
ESTUDIO DE CONSOLIDANTE SOBRE LOS MATERIALES DE LA TORRE

Se ha aplicado en consolidante Tecnadis Sólidos sobre los diferentes materiales que conforman la torre, concretamente sobre las muestras, 1, 2, 3, 7 y 7 ladrillo. Se han aplicado 4 manos del producto de forma seguida.

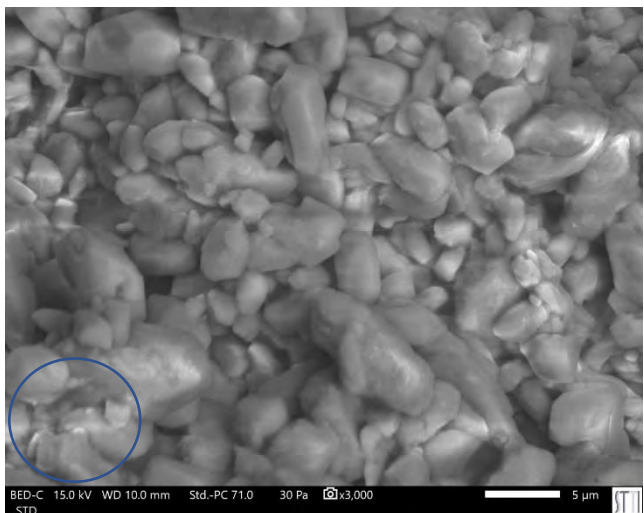
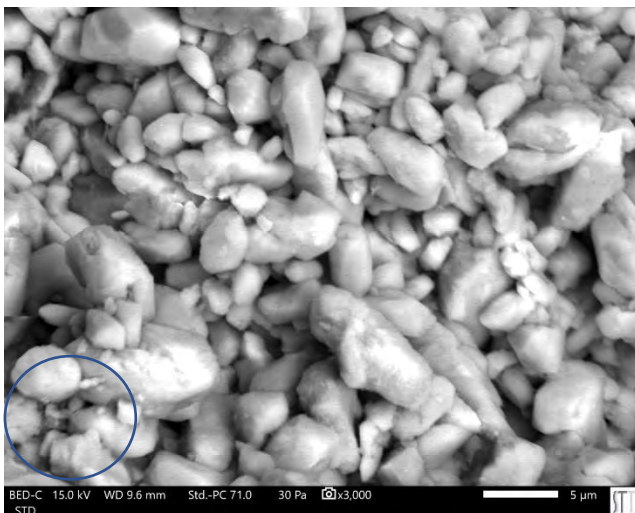
Muestra 1. Mortero de yeso con cal

El nano-consolidante Tecnadis Solidus aplicado sobre el mortero de yeso de la muestra 1 es capaz de consolidar sin generar película y manteniendo los poros y la microtopografía semejante a la misma muestra sin tratar, esto se considera positivo ya que permite la transpiración.

La observación al SEM de la misma muestra en su superficie antes y después del tratamiento permite apreciar cierta consolidación superficial sin llegar a ocluir las oquedades. Vista al SEM en detalle a 3000 aumentos se observa que el tratamiento une las micropartículas del mortero dejando menos huecos.



Se aprecia la misma zona de la muestra 1 de yeso a 50x antes y después del tratamiento. Se aprecia que la superficie está más compacta pero sin ocluir los huecos.



Se aprecia la misma zona de la muestra 1 de yeso a 3000x antes y después del tratamiento. Se aprecia que la superficie está más compacta, pero sin apenas modificar la microtopografía del material. El tratamiento envuelve y adhiere las partículas.

Mapping de muestra 1 de yeso y cal consolidada

En el mapping se aprecia en la misma zona el aumento del silicio (Si) en color rosa en superficie pasando del 1,97 al 4,65%. El consolidante se observa mejor especialmente en zonas con oquedades. También ha aumentado el carbono disminuyendo el calcio.



■ C-K
 ■ O-K
 ■ Mg-K
 ■ Al-K
 ■ Si-K
 ■ S-K
 ■ K-K
 ■ Ca-K



■ C-K
 ■ O-K
 ■ Mg-K
 ■ Al-K
 ■ Si-K
 ■ S-K
 ■ K-K
 ■ Ca-K

Sin tratar

Element	Mass%
C	5.87±0.01
O	52.19±0.06
Mg	0.60±0.01
Al	0.74±0.01
Si	1.97±0.01
S	14.93±0.02
K	0.38±0.01
Ca	23.31±0.03
Total	100.00

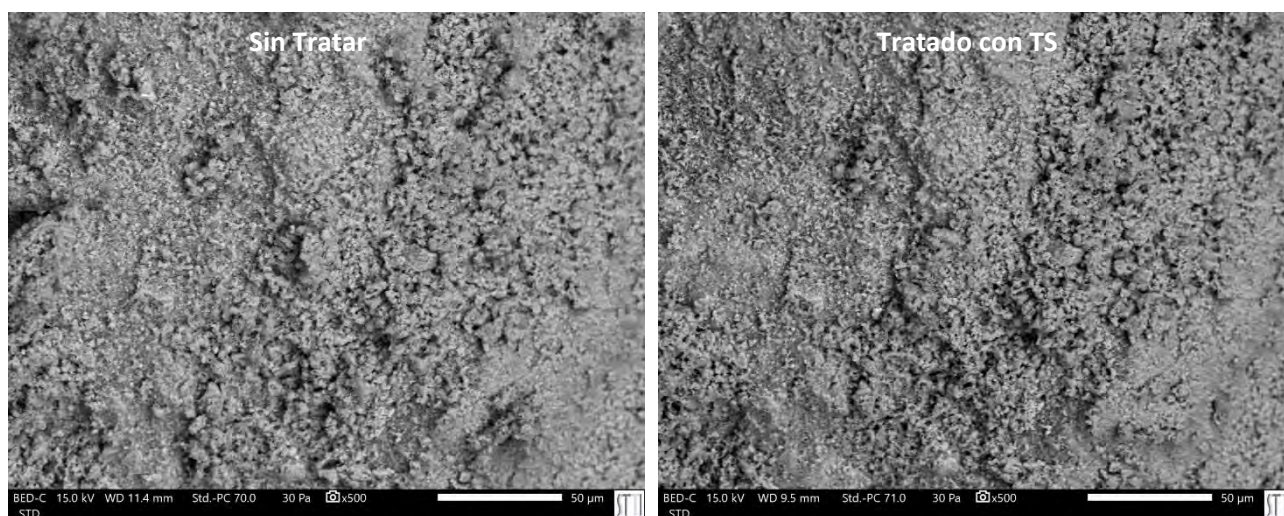
Tratado con TS

Element	Mass%
C	8.70±0.02
O	52.22±0.08
Mg	0.52±0.01
Al	0.60±0.01
Si	4.65±0.02
S	13.13±0.03
K	0.32±0.01
Ca	19.85±0.04
Total	100.00

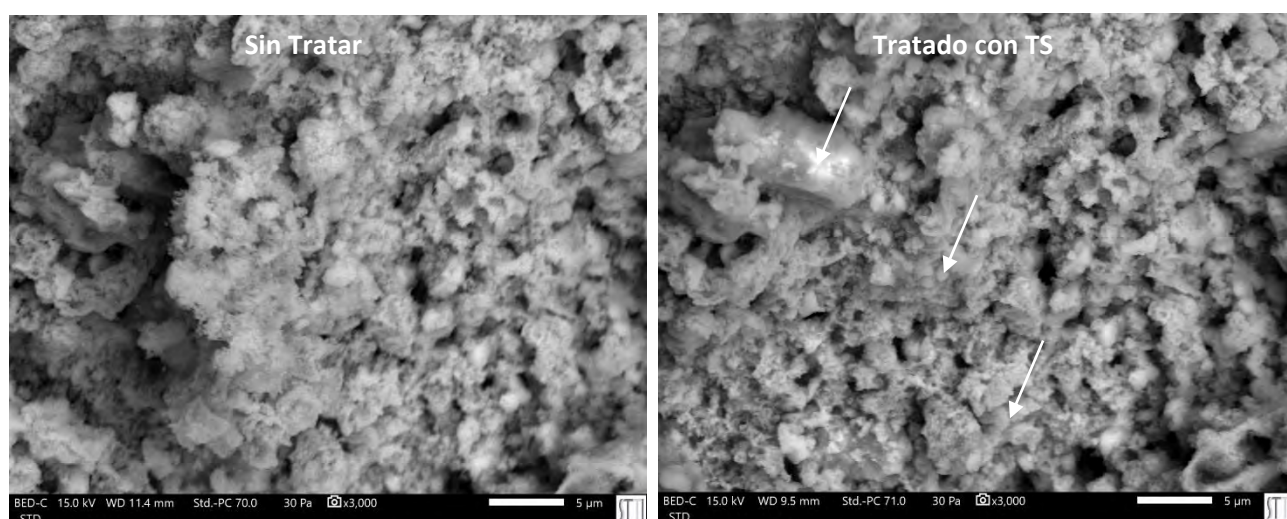
Muestra 2. Mortero de cal

El nano-consolidante Tecnadis Solidus aplicado sobre el mortero de cal de la muestra 2 es capaz de consolidar sin generar película y manteniendo los poros y la microtopografía semejante a la misma muestra sin tratar, esto se considera positivo ya que permite la transpiración.

La observación al SEM de la misma muestra en su superficie antes y después del tratamiento no presenta diferencias en la topografía. Vista al SEM en detalle a 3000 aumentos tampoco se aprecia que se haya modificado la micro-topografía aunque si se aprecian ciertos cristales que antes no estaban y micro-huecos rellenados.



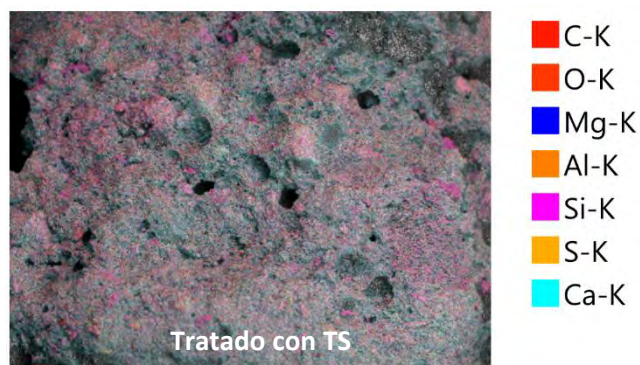
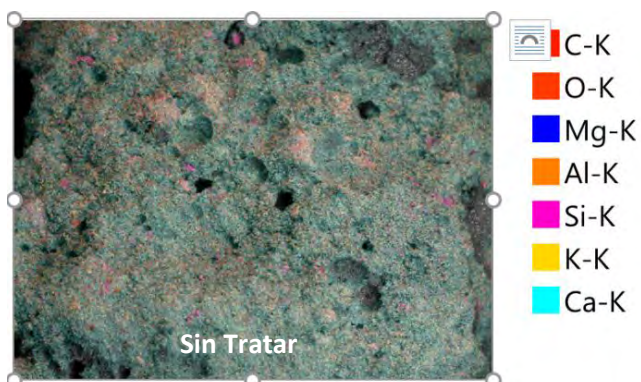
Se aprecia la misma zona de la muestra 2 de cal a 50x antes y después del tratamiento.



Se aprecia la misma zona de la muestra 2 de cal a 3000x antes y después del tratamiento.

Mapping muestra 2 de cal

En el mapping se aprecia en la misma zona el aumento significativo del silicio aportado por el consolidante (Si) en color rosa en superficie pasando del 2,26% al 7,81%. El tratamiento se ha repartido uniformemente por toda la superficie. También ha aumentado el carbono y el oxígeno, disminuyendo el calcio en superficie.



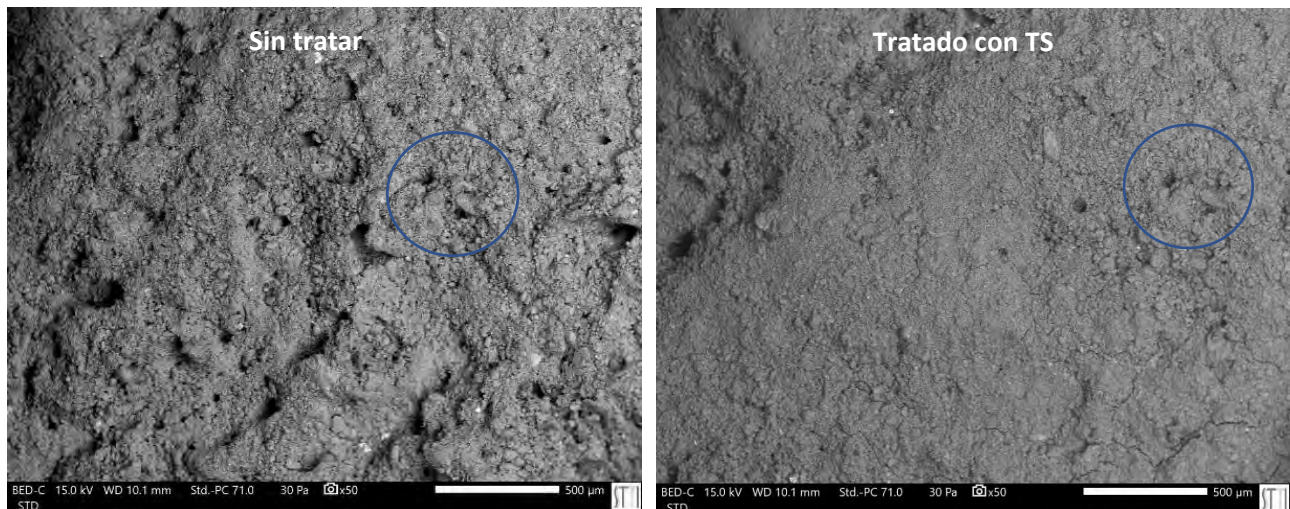
Element	Mass%
C	7.83±0.01
O	50.60±0.06
Mg	1.06±0.01
Al	0.90±0.01
Si	2.26±0.01
S	0.30±0.00
K	0.31±0.01
Ca	36.74±0.04
Total	100.00

Element	Mass%
C	10.91±0.01
O	51.44±0.05
Mg	0.94±0.01
Al	0.79±0.01
Si	7.81±0.01
S	0.25±0.00
Ca	27.86±0.03
Total	100.00

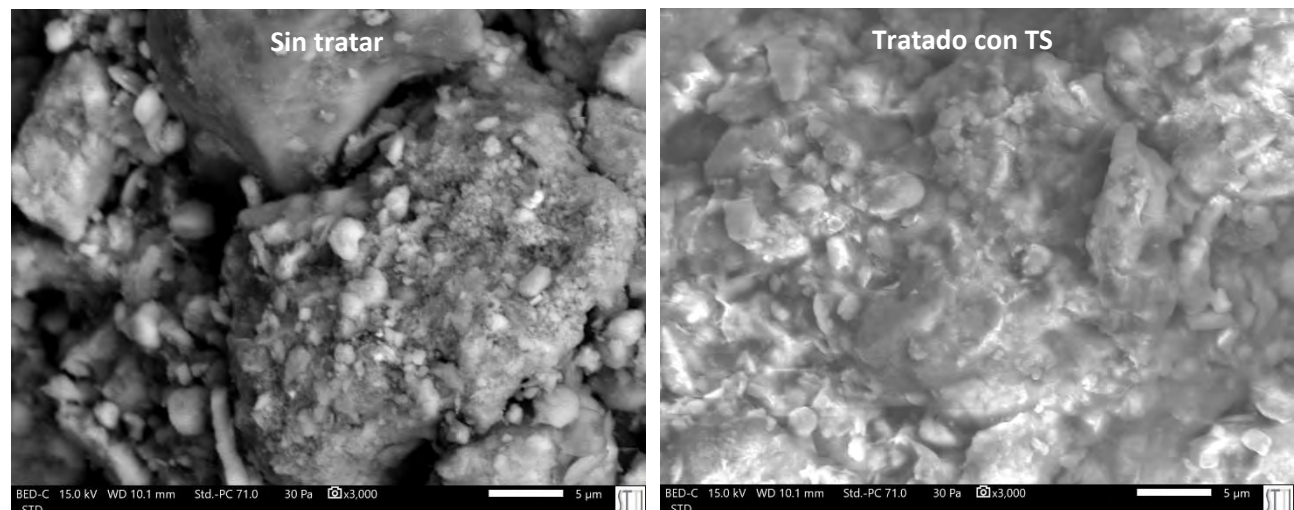
Muestra 3. Mortero de cemento

El nano-consolidante Tecnadis Solidus aplicado sobre el mortero de cemento de la muestra 3 genera cierta película debido a la baja absorción del material. En este material se comporta de forma muy diferente al mortero de cal y de yeso.

La observación al SEM de la misma muestra en su superficie antes y después del tratamiento permite apreciar oquedades rellenas por el tratamiento e incluso a 50 aumentos se observan ciertas craquelaciones indicas en la imagen inferior derecha. Vista al SEM en detalle a 3000 aumentos se observa que el tratamiento cubre la superficie del mortero.



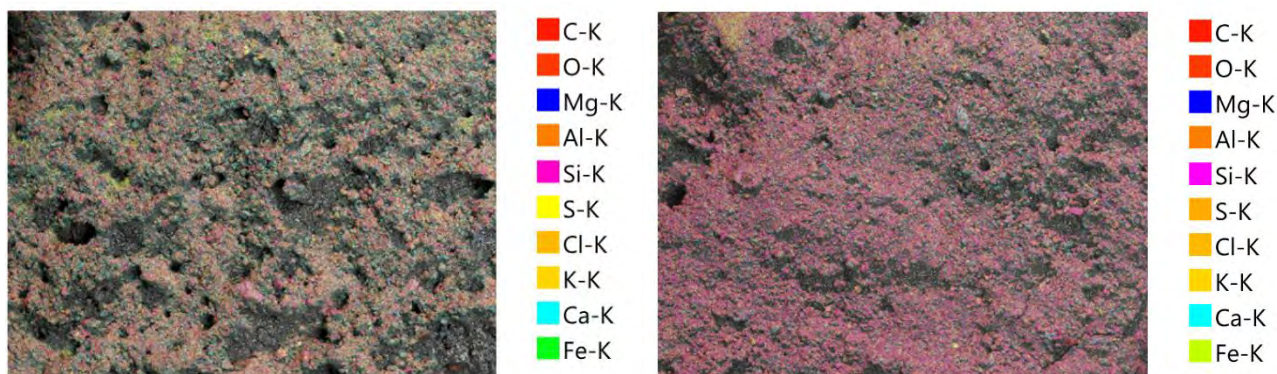
Se aprecia la misma zona a 50x antes y después del tratamiento. El círculo muestra la misma zona con dos poros sin rellenar antes y después del tratamiento. Sin embargo, en la parte inferior de la zona estudiada todos los poros se han cubierto e incluso el tratamiento se ha craquelado.



Observación en detalle a 3000x antes y después del tratamiento. El mortero se ha cubierto por el tratamiento.

Mapping tratamiento sobre mortero de cemento

En el mapping se aprecia en la misma zona el aumento del silicio (Si) en color rosa en superficie. Aunque parezcan zonas diferentes se trata de la misma zona antes y después del tratamiento solo que al tapizarse la superficie por el consolidante se ha producido una transformación en su aspecto.

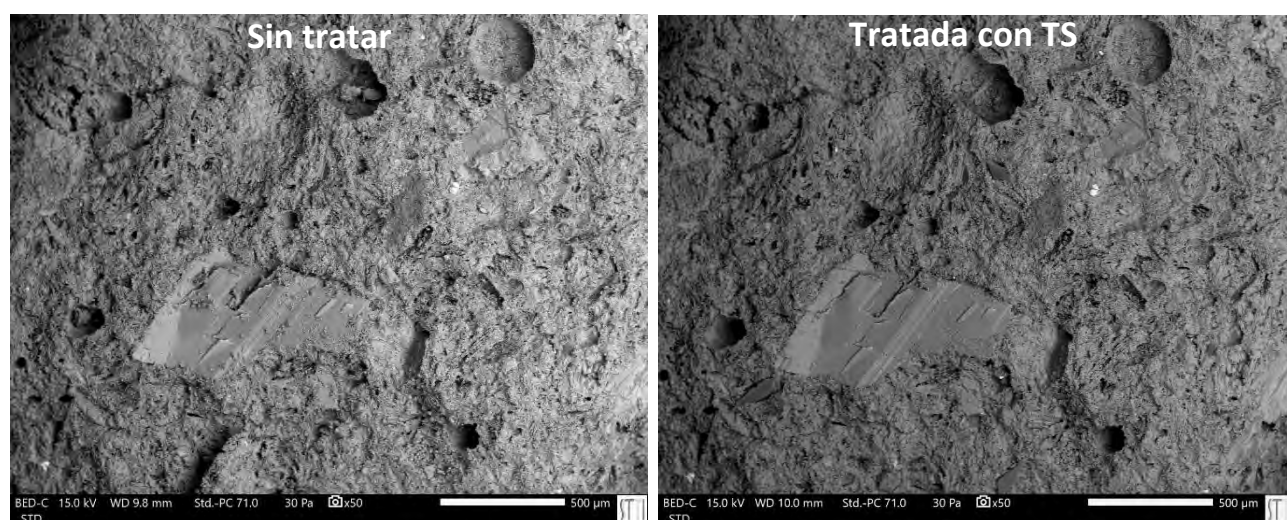


Sin tratar		Tratado con TS	
Element	Mass%	Element	Mass%
C	6.70±0.01	C	13.17±0.02
O	49.03±0.06	O	47.92±0.05
Mg	1.99±0.01	Mg	1.35±0.01
Al	3.68±0.01	Al	2.55±0.01
Si	10.18±0.02	Si	16.21±0.02
S	0.66±0.01	S	0.46±0.00
Cl	0.26±0.00	Cl	0.14±0.00
K	2.04±0.01	K	1.36±0.01
Ca	22.45±0.03	Ca	15.06±0.02
Fe	3.00±0.02	Fe	1.79±0.02
Total	100.00	Total	100.00

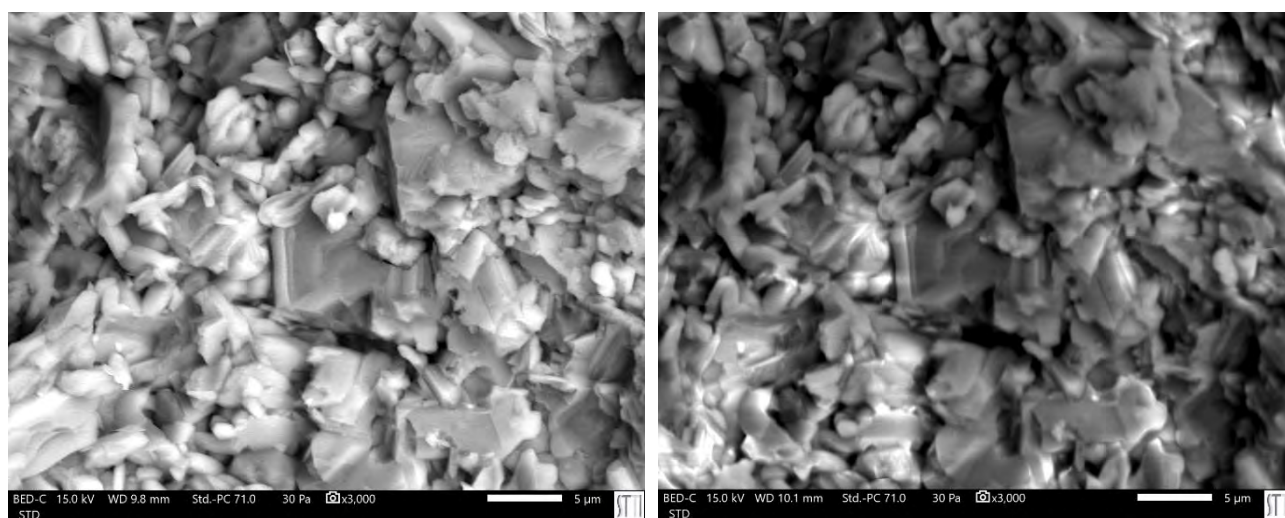
Muestra 7. Mortero de yeso

El nano-consolidante Tecnadis Solidus aplicado sobre el mortero de yeso de la muestra 7 es capaz de consolidar sin generar película y manteniendo los poros y la microtopografía semejante a la misma muestra sin tratar, esto se considera positivo ya que permite la transpiración, aunque en este caso la consolidación parece haber sido menor que en los otros morteros según se deduce del mapping obtenido y de la observación al SEM.

La observación al SEM de la misma muestra en su superficie antes y después del tratamiento no presenta diferencias en la topografía. Vista al SEM en detalle a 3000 aumentos tampoco se aprecia que se haya modificado la micro-topografía.



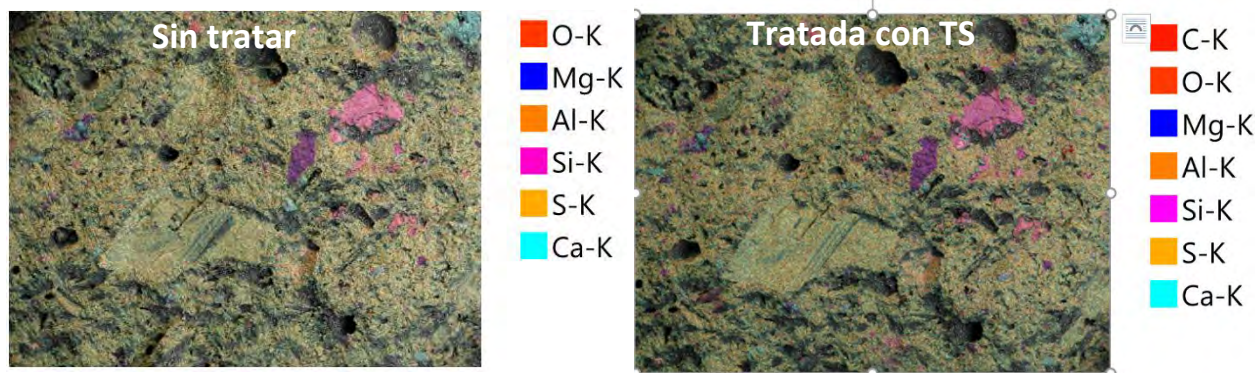
Se aprecia la misma zona a 50x antes y después del tratamiento. No se observan diferencias.



Se aprecia la misma zona a 3000x antes y después del tratamiento. No se observan diferencias. Los brillos tornasolados en la segunda imagen corresponden al tratamiento.

Mapping muestra 7. Mortero de yeso

En el mapping se aprecia en la misma zona el aumento del silicio aportado por el consolidante (Si) en color rosa en superficie pasando del 1,13% inicial al 2,46 tras el tratamiento. El tratamiento se ha repartido uniformemente por toda la superficie. El carbono ha aparecido como nuevo elemento aportado por el consolidante mientras que el calcio y el azufre han disminuido.



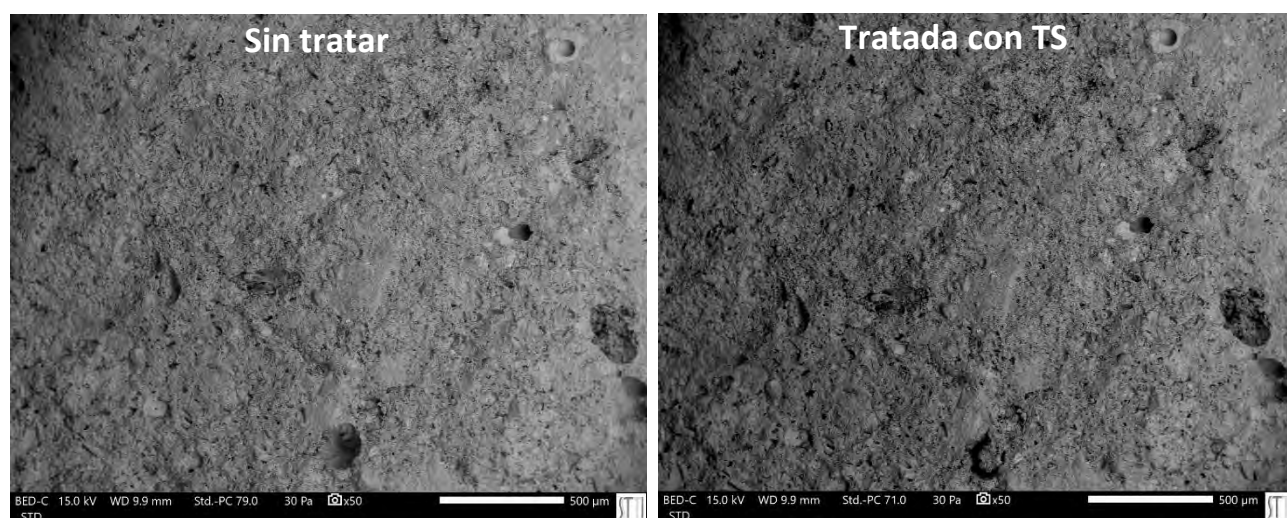
Element	Mass%
O	54.48±0.06
Mg	1.41±0.01
Al	0.46±0.01
Si	1.13±0.01
S	17.36±0.02
Ca	25.17±0.03
Total	100.00

Element	Mass%
C	4.07±0.01
O	53.20±0.05
Mg	1.26±0.01
Al	0.40±0.00
Si	2.46±0.01
S	15.83±0.02
Ca	22.78±0.03
Total	100.00

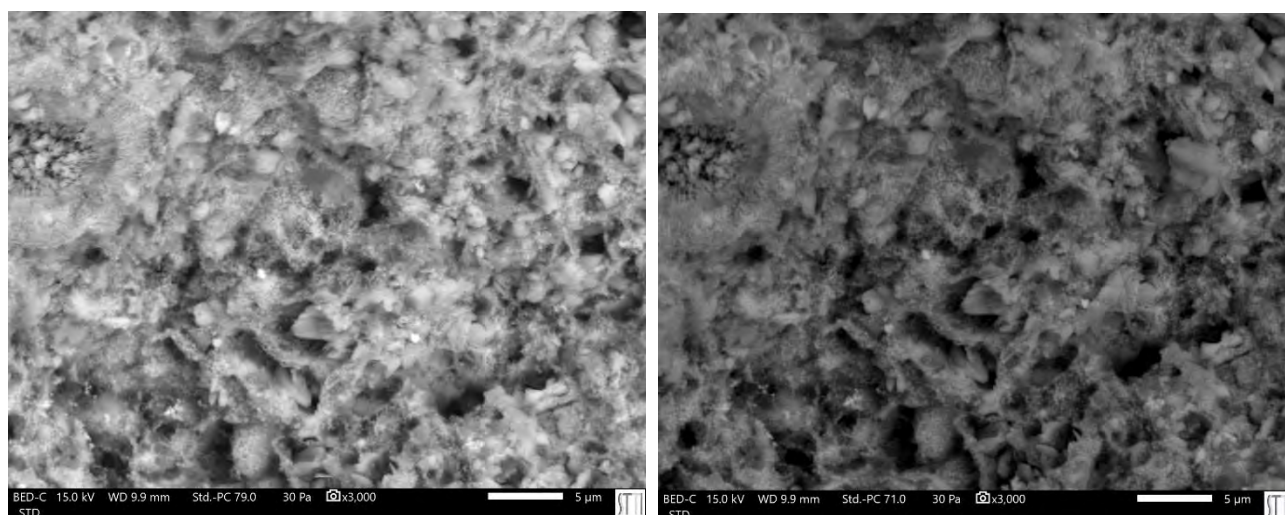
Muestra 7. Ladrillo

El nano-consolidante Tecnadis Solidus aplicado sobre el mortero de yeso de la muestra 7 es capaz de consolidar sin generar película y manteniendo los poros y la microtopografía semejante a la misma muestra sin tratar, esto se considera positivo ya que permite la transpiración, aunque en este caso la consolidación parece haber sido menor que en los otros morteros según se deduce del mapping obtenido y de la observación al SEM.

La observación al SEM de la misma muestra en su superficie antes y después del tratamiento no presenta diferencias en la topografía. Vista al SEM en detalle a 3000 aumentos tampoco se aprecia que se haya modificado la micro-topografía.



Se aprecia la misma zona del ladrillo a 50x antes y después del tratamiento. No se observan diferencias.



Se aprecia la misma zona del ladrillo a 3000x antes y después del tratamiento. No se observan diferencias.

Mapping muestra 7. Ladrillo

En el mapping se aprecia en la misma zona el aumento del silicio aportado por el consolidante (Si) en color rosa en superficie pasando del 12,59% inicial al 13,68 tras el tratamiento. El tratamiento se ha repartido uniformemente por toda la superficie. El carbono ha aumentado ligeramente aportado por el consolidante mientras que el calcio ha disminuido.



Element	Mass%
C	6.69±0.01
O	48.57±0.04
Mg	1.68±0.01
Al	3.05±0.01
Si	12.59±0.01
S	0.47±0.00
K	0.87±0.01
Ca	26.07±0.02
Total	100.00

Element	Mass%
C	7.62±0.01
O	48.52±0.05
Mg	1.58±0.01
Al	2.76±0.01
Si	13.68±0.02
S	0.53±0.00
K	0.78±0.01
Ca	24.53±0.03
Total	100.00

5. CONCLUSIONES SOBRE LOS MATERIALES

Tras los estudios y análisis realizados los resultados obtenidos se resumen en la tabla siguiente:

MUESTRA	FOTOGRAFIA	COMPOSICIÓN
1.- Mortero de junta de fábrica de ladrillo con pátina		Yeso con cal
2.- mortero		Cal
2.- patina		Lechada de cal con arcillas rojas
3 Mortero recubrimiento		Cemento portland
4a Mortero recubrimiento		Yeso
4b Ladrillo base		Ladrillo silico-calcáreo
5 Mortero recubrimiento con pátina		Yeso con presencia de carbón
6 Mortero decoraciones		Yeso con presencia de carbón
7 mortero con pátina		Yeso con presencia carbón
7 ladrillo		Ladrillo silico-calcáreo

De la observación al SEM (Microscopio Electrónico de Barrido) teniendo en cuenta la forma de cristalización de cada tipo de conglomerante y de los análisis efectuados se puede deducir que hay 4 tipos de morteros que pueden ser de etapas constructivas diferentes según tipología:

Mortero de Yeso con algo de cal= Muestra 1

Mortero de Yeso grueso (moreno) con carbón y áridos calizos y silíceos= Muestras 4, 5, 6 y 7.

Mortero de cal= Muestra 2

Mortero de cemento= Muestra 3

6. CONCLUSIONES SOBRE EL TRATAMIENTO CONOLIDANTE TECNADIS SOLIDUS

Tras los estudios y análisis realizados se concluye que el consolidante TECNADIS SOLIDUS es eficaz para los materiales estudiados, aunque al aplicarlo sobre el cemento (muestra 3) ha generado cierta película craquelada, lo que indica que penetra menos que en el resto de morteros, esto probablemente sea debido a su menor porosidad. Se recomienda aplicarlo en menor medida sobre este tipo de material.

Sobre el yeso es capaz de consolidar sin crear película. Se recomienda su uso con 3-5 pasadas seguidas.

Sobre el mortero de cal es capaz de consolidar sin crear película generando un aumento considerable del silicio presente. Se recomienda su uso con 3-5 pasadas seguidas.

Sobre el mortero de cemento es capaz de consolidar, aunque creando película. Se recomienda su uso con solo 1-2 pasadas seguidas.

Sobre el ladrillo es capaz de consolidar sin crear película. Se recomienda su uso con 3-5 pasadas seguidas.

Se emite este informe a fecha 17 de marzo.

Fdo: Yolanda Spairani Berrio.
Directora del Grupo de Investigación de Restauración Arquitectónica de la Universidad de Alicante.