



El yeso como material de construcción en la arquitectura tradicional

PEDRO BEL ANZUÉ

No creo en destruir todo para construir, prefiero ser hilo conductor de una historia.

Álvaro Siza

Tesis Doctoral:

El yeso como material de construcción en la arquitectura tradicional

Autor:

Pedro Bel Anzué

Directores:

Dra. Kerstin Elert

Dr. Antonio Almagro Gorbea

Tutor:

Dr. Carlos Rodríguez Navarro

Programa de Doctorado:

Ciencias de la Tierra

Enero de 2024

Imagen de portada:

Fachada tradicional en calle Huesca, nº 70 de Zuera (Zaragoza)



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Pedro Bel Anzué
ISBN: 978-84-1195-328-3
URI: <https://hdl.handle.net/10481/92517>



Vista de la iglesia de San Martín (Rodén, Zaragoza),
construida con piedra y juntas de yeso

Agradecimientos:

A mi familia, por ser fuente de constante apoyo, ánimo y comprensión.

A mis directores Dra. Kerstin Elert y Dr. Antonio Almagro, y a mi tutor Dr. Carlos Rodríguez por vuestra orientación, dedicación y perseverancia en el rigor y la calidad. Inicialmente, el trabajo contó con la ayuda de la Dra. María Paz Sáez Pérez, a quien hago extensible este agradecimiento.

A los miembros de la Universidad de Granada por la intensa formación que he recibido: Máster Ciencia y Tecnología en el Patrimonio Arquitectónico, y Departamentos de Mineralogía y Petrología, Odontología, CIC, donde se han desarrollado las distintas técnicas analíticas.

A todas las personas entrevistadas, artesanos, etnógrafos e investigadores, por compartir vuestro conocimiento, sirviendo como base y soporte a esta investigación.

A tantos amigos, colegas, asistentes a talleres y aplicaciones experimentales y personas que han ayudado o participado en este proyecto, por compartir vuestro tiempo.

ÍNDICE

	RESUMEN / ABSTRACT	11
1.	INTRODUCCIÓN. INTERÉS Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	21
2.	OBJETIVOS	35
3.	MARCO PREVIO	45
3.1.	MARCO TERRITORIAL	46
3.1.1.	Geografía y orografía	46
3.1.2.	Climatología	51
3.1.3.	Densidad de población	53
3.1.4.	Pequeños núcleos de población	54
3.2.	CONTEXTUALIZACIÓN GEOGRÁFICA: ESPAÑA COMO PRODUCTOR DE YESO	56
4.	HIPÓTESIS CRONOLÓGICA DEL USO Y APLICACIÓN EN OBRA DEL YESO TRADICIONAL	63
4.1.	MATERIALES Y MÉTODOS	64
4.1.1.	Revisión bibliográfica	65
4.1.2.	Información no documentada. Obtención de información sobre yeserías aún existentes (canteras, hornos, edificios productivos, herramientas) y testimonios del proceso de elaboración	66
4.2.	RESULTADOS	82
4.2.1.	Aproximación histórica: el uso del yeso en la arquitectura	82
4.2.2.	Hipótesis cronológica del uso del yeso tradicional en Aragón	113
4.2.3.	Aplicación del yeso tradicional en obra en Aragón hasta la primera mitad del siglo XX	131
4.2.4.	Resumen de las aplicaciones del yeso tradicional documentadas en Aragón	158

5.	PROCESO DE FABRICACIÓN DEL YESO TRADICIONAL Y SU EVOLUCIÓN	161
5.1.	MATERIALES Y MÉTODOS	162
5.2.	RESULTADOS	164
5.2.1.	Aproximación geológica: el ciclo del yeso	164
5.2.2.	Hipótesis cronológica de la evolución del proceso de elaboración del yeso tradicional	181
5.2.3.	Proceso de fabricación del yeso tradicional	192
6.	APLICACIONES EXPERIMENTALES Y RESULTADOS TANGIBLES	227
6.1.	INTRODUCCIÓN A LA NECESIDAD DE LAS APLICACIONES EXPERIMENTALES Y LOS RESULTADOS TANGIBLES	228
6.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	231
6.2.1.	Cocciones experimentales de yeso reproduciendo el proceso tradicional en Navarrete del Río (Teruel, 2016)	231
6.2.2.	Aplicación experimental en obra de yeso tradicional	236
6.3.	RESULTADOS	242
6.3.1.	Cocciones experimentales de yeso reproduciendo el proceso tradicional en Navarrete del Río (Teruel, 2016)	242
6.3.2.	Aplicación experimental en obra de yeso tradicional	258

7.	TÉCNICAS ANALÍTICAS APLICADAS. YESO COCIDO E HIDRATADO	325
7.1.	INTRODUCCIÓN: LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS EN LA PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO	326
7.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	328
7.2.1.	Preparación de las muestras procedentes de la cantera	328
7.2.2.	Preparación de las muestras de yeso cocido (sin hidratar)	333
7.2.3.	Preparación de las muestras de yeso hidratado tras la cocción: molienda e hidratación	340
7.2.4.	Técnicas analíticas y métodos de ensayo	344
7.3.	RESULTADOS	349
7.3.1.	Muestras de yeso procedente de la cantera, previa a la cocción	350
7.3.2.	Muestras de yeso tras la cocción controlada en el horno de mufla	358
7.3.3.	Muestras de yeso tras las cocciones experimentales en los hornos tradicionales	369
7.3.4.	Muestras de yeso hidratado procedente de la cocción controlada en el horno de mufla	388
7.3.5.	Muestras de yeso hidratado procedente de las cocciones experimentales en los hornos tradicionales	418
8.	TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS	439
9.	CONCLUSIONES	443
10.	BIBLIOGRAFÍA	459

ANEXOS	495
Anexo I. Resultados y fichas de municipios visitados	497
Anexo II. Resultados de bibliografía documentada y entrevistas	811
Anexo III. Compendio de las referencias bibliográficas con carácter local	819
Anexo IV. Fichas de los entrevistados por municipio	829
Anexo V. Fichas del proceso del yeso por municipio	879
Anexo VI. Transferencia de conocimientos: difusión a través de charlas, ponencias, cursos, jornadas y talleres	981
Anexo VII. Transferencia de conocimientos: difusión a través de los medios de comunicación	995
Anexo VIII. Premios y reconocimientos	1003
Anexo IX. Imágenes complementarias al trabajo extraídas del análisis de microscopía electrónica de barrido (FESEM)	1007
Anexo X. Gráficas complementarias a los ensayos de resistencia mecánica: flexotracción y compresión	1095

RESUMEN
ABSTRACT

Todavía hoy en la Comunidad Autónoma de Aragón se conserva un elevado número de construcciones que reflejan la gran versatilidad que el yeso tradicional tuvo en el pasado, y desde las primeras civilizaciones hasta mediados del siglo XX este material fue utilizado de manera habitual en aplicaciones estéticas, pero también en otras estructurales o con exposición a la intemperie.

El yeso tradicional se utilizó tanto como piedra sin cocer (aljez), como un conglomerante a través de un proceso de cocción, triturado e hidratado para obtener una pasta con la que se realizaron tabiques tradicionales, pavimentos, enlucidos y decoraciones interiores, revestimientos de fachadas, morteros, o usado vertido en masa formalizando sistemas estructurales (en muros de carga, pilares, forjados, nervios, bóvedas, cúpulas o escaleras). Tal fue la amplitud de usos recogidos documentados en la totalidad del territorio estudiado que nos permite considerarlo como un material protagonista en la arquitectura aragonesa.

Sin embargo, hoy en día el yeso es considerado de manera errónea como un material exclusivo para acabados estéticos y revestimientos interiores, no apto para aplicaciones estructurales ni en exteriores, y en la mayoría de las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura y Arquitectura Técnica de España se forma a los profesionales manteniendo esta idea equivocada, limitando las posibilidades de utilización del yeso y potenciando de esta manera las actuaciones incompatibles en el Patrimonio.

Even today, in the Autonomous Community of Aragon, a large number of constructions using gypsum as the principal construction materials are still preserved, reflecting the great versatility that traditional gypsum had in the past. From the earliest civilizations to the mid-20th century, this material was commonly used for decorative/finishing applications, but also for structural and/or exterior purposes.

Traditional gypsum was used both as raw stone (aljez) and as a binder through a process of calcination, crushing, and hydrating to obtain a paste used in traditional partitions, pavements, plastering, interior decorations, facade coatings, mortars, and poured for structural systems (load-bearing walls, pillars, slabs, ribs, vaults, domes, or stairs). The versatility of documented uses throughout the studied territory allows us to consider it a key material in Aragonese architecture.

However, today, gypsum is wrongly considered exclusively for decorative finishes and interior coatings, deemed unsuitable for structural applications or exterior use. Most Technical Schools of Architecture and Technical Architecture in Spain propagate this misconception in their training, limiting the potential uses of plaster and reinforcing incompatible interventions in heritage.

Para evitar que todo este conocimiento ancestral se pierda e integrar una amplia parte de estudio y transferencia de conocimientos, esta investigación surge con la intención de recuperar el “knowhow” del proceso de fabricación y aplicación del yeso tradicional, así como entender los motivos que hacen de este, un material apto para tan extensa variedad de usos en el pasado.

Para estudiar el yeso tradicional abarcando esta ambiciosa perspectiva, la presente investigación parte desde un enfoque científico en el que se han seguido unas pautas muy rigurosas en las distintas fases de estudio generando líneas transversales de trabajo a través de una perspectiva y metodología multidisciplinares que incluyen aplicaciones e investigaciones de campo con las que obtener unos resultados que permitan una lectura global y completa sobre el yeso tradicional en Aragón.

Para alcanzar los objetivos propuestos satisfactoriamente, se ha realizado un exhaustivo análisis bibliográfico local e internacional, visitas de estudio a 150 municipios aragoneses en los que se ha seguido un estricto proceso de documentación y recopilación de datos en fichas, realizando entrevistas semiestructuradas a 88 antiguos trabajadores, albañiles y fabricantes artesanos del yeso en cada uno de estos municipios, visitas a antiguas yeserías, la cocción experimental en dos hornos tradicionales de yeso realizados expresamente para esta investigación, la ejecución de numerosas aplicaciones experimentales en obra con yeso tradicional y el estudio del material con diversas técnicas analíticas en laboratorio.

To prevent the loss of this ancestral knowledge and integrate a broad study and knowledge transfer, this research aims to recover the know-how of the traditional plaster manufacturing and application process, as well as to understand the reasons that made it suitable for a wide variety of uses in the past.

To study traditional plaster from this ambitious perspective, the research takes a scientific approach, rigorously following protocols in the various study phases, generating transversal lines of work through a multidisciplinary perspective and methodology. This includes field applications and laboratory research to obtain results that provide a comprehensive overview of traditional plaster in Aragon.

To successfully achieve the proposed objectives, an exhaustive review of local and international bibliography was conducted. Field visits were made to 150 Aragonese municipalities, following a strict documentation process and data collection through interviews with 88 former workers, masons, and artisan gypsum manufacturers. Visits to old gypsum workshops, experimental calcinations in two traditional gypsum kilns built specifically for this purpose, the execution of numerous experimental applications with traditional gypsum on-site, and the study of the material using various analytical techniques in the laboratory were also carried out.

Mediante esta sistemática de trabajo, la investigación ha conseguido establecer una hipótesis cronológica de la introducción, evolución y decadencia del yeso tradicional, documentar el proceso de fabricación original y cuantificar por primera vez la versatilidad de las aplicaciones del yeso tradicional en la arquitectura popular y monumental, que se continuó utilizando y fabricando de manera casi inalterada transmitiéndose de generación en generación hasta mediados del siglo XX, fecha clave en la que la industrialización española mejoró el sistema de infraestructuras hacia un comercio más globalizado.

Las nuevas posibilidades de distribución favorecieron que los materiales de construcción tradicionales (yeso, cal, piedra, madera y barro) empezaran a ser desplazados por los materiales universales (acero y cemento). Además, la falta de los requerimientos estructurales del yeso (que cubrió el cemento Portland) y la competencia en un mercado globalizado en el que el precio era un factor decisivo para la supervivencia de las empresas, se inició un proceso de experimentación implementando modificaciones del sistema de fabricación tradicional en favor de un proceso más eficiente e industrializado, pero reduciendo notablemente la versatilidad de usos del yeso. Siguiendo estas líneas de utilización, el interés científico por el yeso se centró casi exclusivamente en su aplicación como revestimiento interior, sin existir ningún estudio sistemático que relacione las propiedades del yeso tradicional con las condiciones de cocción.

Through this systematic approach, the research established a chronological hypothesis of the introduction, evolution, and decline of traditional gypsum in Aragon. It documented the original manufacturing process and quantified, for the first time, the versatility of traditional plaster applications in popular and monumental architecture in Aragon. Traditional plaster continued to be used and manufactured almost unchanged, passed down from generation to generation until the mid-20th century, a key period when Spanish industrialization led to improved infrastructure systems and a more globalized trade.

The new possibilities of distribution led to the displacement of traditional building materials (gypsum, lime, stone, wood, and clay) by universal materials (steel and cement). The lack of structural requirements for gypsum (covered by Portland cement) and competition in a globalized market, where economic considerations were a decisive factor for company survival, led to modifications to the traditional manufacturing system in favor of a more efficient and industrialized process, significantly reducing the versatility of plaster uses. Following these patterns of use, scientific interest in plaster focused almost exclusively on its application as interior coating, with no systematic study connecting the properties of traditional plaster with the calcinations conditions.

Las empresas familiares empezaron a ser poco competitivas y quebraron rápidamente, dejando las ruinas de sus hornos y fábricas como un testimonio inalterado de los hechos y del proceso de fabricación tradicional. De esta manera, el yeso progresivamente dejó de ser utilizado en estructuras, suelos y fachadas y pasó a ser un material fabricado de manera industrial con uso exclusivo para interiores.

Esta investigación ha podido esclarecer, por primera vez, el grado de utilización del yeso en una amplia extensión de territorio como es Aragón a través de un estudio semicuantitativo, manifestando que en los municipios aragoneses fue muy habitual la utilización del yeso en fachadas, estructuras y pavimentos con independencia geográfica, climática y demográfica, desde municipios del alto Pirineo como Benasque o Gistaín con climas fríos y húmedos, hasta el cálido valle del Ebro y los municipios más aislados de Teruel.

Se han obtenido unos resultados que demuestran la versatilidad y la preferencia por la utilización del yeso en exteriores y elementos estructurales: como revestimientos completos de fachadas, elementos decorativos de remarcando de ventanas y huecos, relleno de juntas en muros de piedra, formalizando pilares o columnas completamente realizadas de yeso y en pavimentos.

La revisión bibliográfica y la información obtenida en las entrevistas han demostrado que el proceso de fabricación del yeso tradicional (extracción, cocción y triturado o molienda) permaneció prácticamente inalterado hasta mediados del siglo XX desde que la cultura musulmana lo generalizase en el siglo XI.

Family businesses became less competitive and quickly went bankrupt, leaving the ruins of their kilns and factories as a testimony of the abandonment of traditional manufacturing process. Gradually, plaster ceased to be used in structures, floors, and facades, becoming an industrially manufactured material exclusively for interior applications.

In this research, the extent of gypsum usage in a large area such as Aragon through a semi-quantitative study has been documented for the first time, showing that the use of gypsum in facades, structures, and pavements was very common in Aragonese municipalities, regardless of geography, climate, or demographics, from municipalities as Benasque or Gistaín with cold and wet climates, to the warm valley of Ebro and the more remote municipalities of Teruel.

The results demonstrate the versatility and preference for gypsum use in exteriors and structural elements, such as complete facade coatings, decorative elements around windows and openings, mortars in stone walls, pillars or columns entirely made of gypsum, and pavements.

The literature review and information obtained from interviews have shown that the traditional gypsum manufacturing process (extraction, calcination, and crushing or grinding) remained virtually unchanged until the mid-20th century from its first generalized use by the Muslim culture in the 11th century.

La extracción se realizaba frecuentemente a cielo abierto con medios manuales, la cocción se llevaba a cabo en hornos rectangulares durante un periodo de tiempo más prolongado que en el proceso industrial actual. El material normalmente empleado en la combustión era la aliaga (un tipo de arbusto), leña de árbol o combustibles mixtos que generaban una temperatura de cocción más elevada y heterogénea que la actual. Por último, para la molienda se utilizaron de manera más habitual las “algaderas” (similares a mazos de madera) o los rulos (rodillos) de piedras troncocónicas tirados por animales. La llegada del proceso de industrialización afectó a la mayoría de los fabricantes de yeso tradicional, formados por familias locales basadas en una economía de subsistencia y sin capacidad de inversión/innovación.

En la actualidad, son escasos los estudios sistemáticos que relacionen las características del yeso tradicional como son la composición mineralógica, la microestructura y la reactividad (que están estrechamente conectadas con la temperatura de cocción), con las propiedades mecánicas y la resistencia a la intemperie de este material multifásico. Por ello, en la presente investigación se ha profundizado en el estudio de muestras de yeso procedentes de una cocción bajo condiciones controladas en laboratorio, en un rango entre 100 y 1.200°C, y de muestras de yeso procedentes de dos cocciones experimentales en hornos tradicionales, sobre las cuales se han aplicado distintas técnicas analíticas y ensayos sobre hidratación y características texturales, permitiendo la identificación de los mecanismos subyacentes conducentes a diferencias en el comportamiento del yeso, que están relacionados con (I) la hidratación retrasada de la anhidrita II junto con modificaciones en el sistema poroso conduciendo a una reducción de la resistencia

Extraction often occurred in open-air with manual means, and calcinations took place in rectangular kilns for a much longer period (24-48 hours) than in the current industrial process (2 hours). The material commonly used for combustion was shrub, tree wood, or mixed fuels, generating a higher and more heterogeneous calcinations temperature than today. Finally, for grinding, “algaderas” (similar to wooden mallets) or cylindrical stone rollers pulled by animals were more commonly used. The arrival of the industrialization process affected most traditional gypsum manufacturers, local family-based businesses with a subsistence economy and no capacity for investment/innovation.

Currently, there are few systematic studies linking the properties of traditional gypsum, such as mineralogical composition, microstructure, and reactivity (all closely connected with the calcinations temperature), with mechanical properties and resistance to weathering of this multiphase material. Therefore, this research focuses on the study of plaster samples obtained under controlled laboratory calcinations conditions in a range between 100 and 1,200°C, as well as samples from two experimental calcinations in traditional kilns. Various analytical techniques and tests related to the study of the compositional and textural characteristic were applied to identify the underlying mechanisms leading to differences in gypsum behavior, especially related to (I) delayed hydration of anhydrite II along with modifications in the porous system leading to a

mecánica, (II) un efecto de relleno ejercido por presencia de la anhidrita II y el yeso sin cocer causando un aumento en la dureza superficial, (III) una disrupción de la matriz de yeso provocada por el yeso sin cocer provocando una reducción de la resistencia mecánica, (IV) y cristalización acelerada por siembra de basanita en presencia de yeso sin cocer y anhidrita II.

Los diversos ensayos realizados han reflejado que el yeso hidratado procedente de la cocción a 250°C ha mostrado el mejor comportamiento de resistencia mecánica y de resistencia a la intemperie, coincidiendo con ser la muestra que alcanzó un grado de hidratación completa (con una composición mineralógica más cercana al yeso moderno obtenido industrialmente).

De acuerdo a las técnicas analíticas y resultados de ensayos obtenidos, otros temas a investigar en futuras investigaciones que también contribuirían a una mejor comprensión de los procesos de alteración que sufre el yeso histórico podrían ser la durabilidad del yeso en ensayos de envejecimiento a largo plazo para determinar el efecto de posibles cambios compositivos y texturales sobre la resistencia mecánica y a la intemperie del material envejecido.

Esta investigación sobrepasa los límites del papel para materializarse también en forma de resultados tangibles que puedan perdurar en el tiempo, estudiar la viabilidad de las técnicas para favorecer su reintroducción, fomentar la transferencia de conocimientos y el interés real en la sociedad. Se han realizado y documentado una serie de trabajos experimentales que profundizan en el estudio de la versatilidad del yeso que van a permanecer como muestras construidas:

reduction in mechanical resistance, (II) a filling effect caused by the presence of anhydrite II and raw plaster causing an increase in surface hardness, (III) a disruption of the plaster matrix caused by uncalcined gypsum resulting in a reduction of mechanical resistance, and (IV) accelerated seeded crystallization of basanite in the presence of uncalcined gypsum and anhydrite II.

The various tests conducted have shown that hydrated plaster from calcinations at 250°C exhibited the best mechanical resistance and weathering behavior, coinciding with being the sample that achieved complete hydration (with a mineralogical composition closer to modern industrially obtained gypsum).

According to the analytical techniques and tests results obtained, other topics to investigate in future research that would also contribute to a better understanding of the alteration processes undergone by historical gypsum could be the durability of the gypsum in long-term aging tests to determine the effect of possible compositional and textural changes on the mechanical and weathering resistance of the aged material.

This research goes beyond the limits of a written document and materializes in tangible results that can endure over time, studying the feasibility of techniques to favor the reintroduction of gypsum, promoting knowledge transfer, and real interest in society. A series of experimental applications have been carried out and documented, focusing on the study of gypsum versatility, which will remain as

(I) la realización, documentación y monitorización de dos cocciones tradicionales en hornos de yeso construidos expresamente para ello; la reproducción de técnicas constructivas tradicionales con yeso para su puesta en valor como son: (II) la rehabilitación de un peirón en Morenilla (Guadalajara); (III) la rehabilitación de la Portada de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción en Navarrete del Río (Teruel); (IV) la rehabilitación de las fachadas del Castillo de Ricla (Zaragoza); (V) la realización de un proyecto de rehabilitación con pavimento de yeso en la reforma de un piso en Zaragoza que fue galardonado con el Primer Premio Terra Ibérica 2019 del Colegio Oficial de Arquitectos de León; (VI) la realización de un pavimento y una fachada de yeso en la rehabilitación de una vivienda en Zuera (Zaragoza); (VII) la realización de un pavimento y mostrador con tapia de yeso para la reforma de una cafetería en Zaragoza; (VIII) la ejecución de una bóveda con yeso/paja estructural, estuco de yeso tradicional y pavimento de yeso en una vivienda de nueva planta construida en Zaragoza que resultó muy galardonada, entre los que se pueden destacar el ganador del Premio Construcción Sostenible 2018 (Categoría Nacional), y finalista del premio de arquitectura Ricardo Magdalena, y a nivel internacional fue seleccionada como una de las 40 mejores construcciones del mundo por el TERRAFIBRA Award durante la celebración del 2022 con entrega de premios en París (Francia), por lo que ha aparecido en varias publicaciones internacionales como el libro "TerraFibra Architectures" (Gauzin-Müller y Vissac, 2021); (IX) la reforma de una vivienda con muros de adobe recibidos con yeso y la construcción de una escalera tabicada en San Mateo de Gállego (Zaragoza), y (X) la musealización y punto de observación de las canteras de yeso de

practical examples: (I) the realization, documentation, and monitoring of two traditional calcinations in gypsum kilns built expressly for this purpose; the reproduction of traditional construction techniques with gypsum such as: (II) the rehabilitation of a "Peirón" in Morenilla (Guadalajara); (III) the rehabilitation of the Portal of the Church of Our Lady of the Assumption in Navarrete del Río (Teruel); (IV) the rehabilitation of the facades of Ricla Castle (Zaragoza); (V) the realization of a rehabilitation project with gypsum flooring in the rehabilitation of an apartment in Zaragoza, which was awarded the First Terra Ibérica Prize 2019 from the Official College of Architects of León; (VI) the realization of gypsum flooring and facades in the rehabilitation of a house in Zuera (Zaragoza); (VII) the realization of a gypsum flooring and a counter for the renovation of a cafe in Zaragoza; (VIII) the execution of a structural gypsum/straw vault, traditional gypsum stucco, and gypsum flooring in a newly built house in Zaragoza, which was highly acclaimed, winning the Sustainable Construction Award 2018 (National Category), and being a finalist for the Ricardo Magdalena architecture award, and internationally selected as one of the 40 best constructions in the world by the TERRAFIBRA Award during the 2022 awards ceremony in Paris (France), appearing in various international publications such as the book "TerraFibra Architectures" (Gauzin-Müller and Vissac, 2021); (IX) the renovation of a house with adobe walls covered with gypsum plaster and the construction of a partitioned staircase in San Mateo de Gállego

Calamocha (Teruel) ejecutando tapia de yeso e involucrando a los alumnos de las dos Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura de Aragón en el proceso.

La realización de estas aplicaciones experimentales ha permitido concluir que la reintroducción del yeso tradicional en la arquitectura es viable desde el punto de vista técnico y económico en la mayoría de los casos, siendo especialmente más ventajoso en el caso de la formalización de una escalera tabicada, rejuntados, fachadas y pavimentos, pues se producen ahorros económicos o se mantienen los costes con respecto a las otras técnicas contemporáneas. Además, para generar una transferencia real de conocimientos de esta investigación y sus resultados se han desarrollado diversas actividades de divulgación con una asistencia superior a 500 alumnos y alta presencia en prensa y TV local generando un impacto en la transferencia de conocimientos incalculable.

Esta investigación ha contribuido a un mejor entendimiento del yeso tradicional, favoreciendo su correcta conservación y reintroducción como un material de construcción abriendo oportunidades para el desarrollo de materiales optimizados que podría dar origen a investigaciones de impacto internacional muy interesantes en el futuro, profundizando en la compatibilidad del yeso tradicional con nuevos yesos de fabricación semiindustrial.

Palabras clave: *yeso tradicional, cocción, artesanal, Aragón, fabricación, aplicación, propiedades, hidratación, basanita, anhidrita.*

(Zaragoza), and (X) the musealization and observation point of the gypsum quarries in Calamocha (Teruel) by executing gypsumwalls and involving students from the two Technical Schools of Architecture in Aragon in the process.

The realization of these experimental applications has led to the conclusion that the reintroduction of traditional gypsum in today's architecture is technically and economically viable in most cases, being especially advantageous in the case of partitioned staircases, grouts, facades, and pavements, as they either involve economic savings or are of comparable costs compared to other contemporary techniques. Additionally, in order to generate real knowledge transfer from this research and its results, various outreach activities have been developed with an attendance exceeding 500 students, and a high presence in local press and TV, generating an incalculable impact on the society.

This research has contributed to a better understanding of traditional plaster, favoring its proper preservation and reintroduction as a construction material, opening opportunities for the development of optimized materials that could lead to very interesting internationally impactful research in the future, focusing on the compatibility of traditional plaster with new semi-industrial manufactured plasters.

Keywords: *traditional gypsum, calcination, artisanal, Aragon, fabrication, application, properties, hydration, bassanite, anhydrite.*

**INTRODUCCIÓN.
INTERÉS Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

El yeso o aljez ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un mineral con una elevada disponibilidad en la superficie terrestre (Riba Arderiu y Macau Vilar, 1962; Escavy Fernández et al., 2012), y presenta varias ventajas sobre los aglomerantes tradicionales: ofrece una mayor resistencia mecánica y durabilidad a la intemperie que el barro y requiere de un proceso de elaboración mucho más sencillo que la cal. Estos aspectos favorecieron sin duda que las civilizaciones pasadas integrasen el yeso como un material protagonista en la construcción de la arquitectura tradicional y monumental (Almagro Gorbea, 1986; Barahona Rodríguez, 1990), manteniendo este lugar y desarrollando con éxito su papel hasta la segunda mitad del siglo XX.

Para tener un acercamiento al verdadero impacto de esta investigación y al papel protagonista que el yeso tradicional desempeña en España, se ha consultado el registro inventariado por el Ministerio de Cultura y Deporte (MCUD, 2023) que recoge más de 16.000 edificios declarados Bien de Interés Cultural (BIC), siendo este el máximo grado de protección para un edificio histórico según la Ley 16/1985. Dicho inventario reconoce que un porcentaje superior al 70% de estos edificios fue construido integrando el yeso tradicional como material de construcción, por lo que sólo en España, esta investigación tiene una aplicación directa sobre más de 11.000 edificios de máxima importancia Patrimonial. Esta catalogación brinda a los edificios BIC un grado de protección y procedimientos de control de calidad para garantizar que las intervenciones de restauración y conservación sigan los consejos dictados por las Cartas de Venecia, Cracovia, Amsterdam, Atenas y el Libro Verde para la gestión sostenible del Patrimonio Cultural. Estos documentos coinciden en valores fundamentales como son el “respeto por la autenticidad y la Integridad” y la “conservación preventiva y compatible”.

En el caso concreto de España, la alta disponibilidad de afloramientos yesíferos ha influido positivamente para que en la actualidad se posicione como el quinto productor mundial de yeso según el Panorama Minero publicado por el Instituto Geológico y Minero de España en 2022 (IGME, 2022a; Reichl et al., 2014), aun a pesar de su reducida superficie, a nivel europeo se ubica como la principal potencia productora.

Desde la antigüedad, con las primeras civilizaciones el yeso tuvo un uso ampliamente extendido en la construcción (Kingery et al., 1988) y fue utilizado como material estructural para la realización de columnas y pilares, muros de carga, forjados, nervios estructurales, arcos, bóvedas, escaleras voladas y una gran diversidad de elementos capaces de resistir grandes solicitaciones (Almagro Gorbea, 1986; Sanz Arauz y Villanueva Domínguez, 2004; Elsen, 2006; Vegas et al., 2010; Mileto et al., 2011; Marín Sánchez, 2011; Rodríguez-Navarro, 2012; Le Dantec, 2016; Vitti, 2021; Bel-Anzué et al., 2024). De igual manera, estas primeras civilizaciones

utilizaron también el yeso como revestimientos exteriores o interiores, aplicaciones en fachadas y pavimentos (da Silveira et al., 2007; Sanz Arauz, 2009; La Spina, 2015; Freire et al., 2020).

Sin embargo, en la actualidad tanto la funcionalidad como el conocimiento acerca del yeso tradicional son muy escasos, habiéndose perdido gran parte del conocimiento del proceso de fabricación. Hoy en día, el yeso se elabora de manera industrial en grandes fábricas, su uso principal en la construcción se ha visto limitado a aplicaciones interiores y a generar elementos prefabricados con fines decorativos o de acabado (Middendorf, 2004, Amatriaín, 2016; Bel-Anzué et al., 2017), así como proteger del fuego las estructuras, particularmente tras la invención de la placa de yeso laminado (del Río Merino, 2004).

En la Comunidad Autónoma de Aragón, región que representa al ámbito de estudio de este trabajo, aun a pesar de la gran diversidad geográfica, climática y demográfica (IDEAragón, 2022a), el uso del yeso tradicional se extendió con profusión a lo largo de todo el territorio, contando con una gran cantidad de yeserías tradicionales. Además, la gran disponibilidad de este material en la superficie terrestre de la región (Regueiro y Calvo Sorando, 1997) se traduce en una considerable presencia en la arquitectura tradicional, tanto monumental como popular, dando lugar a un vasto patrimonio construido con yeso en Aragón.

En muchas zonas y lugares de la comunidad se pueden encontrar numerosos ejemplos de la gran versatilidad que el yeso tradicional tuvo en el pasado, identificando las aplicaciones habituales que se detectaron durante las visitas de estudio realizadas a los municipios aragoneses (desarrolladas en el apartado 4.2.3 de este trabajo), documentando una gran cantidad de aplicaciones de yeso en yeserías, revestimientos exteriores en fachadas, arcos de mampostería, muros, pilares y forjados, entre otras (Figura 1).

Albarracín, situado en el suroeste de la provincia de Teruel, es seguramente uno de los destinos turísticos más conocidos de Aragón, y sin embargo es tan solo uno más de tantos municipios donde encontramos el uso del yeso como revestimiento en los muros exteriores (Almagro Gorbea, 1986), pero el único en Aragón que obliga por Normativa Urbanística Municipal al mantenimiento y preservación de esta técnica en la actualidad, motivo por el que las calles mantienen su identidad original, y podría considerarse, según Almagro Gorbea (1986), una “ciudad de yeso”. Según los investigadores Sanz Arauz y Villanueva Domínguez (2004), esta utilización del yeso en el exterior impone la existencia de grandes aleros para alejar el agua del paramento, así como cubiertas de teja árabe. En esta localidad perdura (pese a que ha sido

recientemente a Tramacastilla) la última fábrica o “yesería” de yeso tradicional de España dirigida por el artesano Antonio Meda, que se comercializa con el nombre de Yeso de Albaracín.

No obstante, la presente investigación ha demostrado que, independientemente al seguramente merecido apelativo de “ciudad de yeso” asignado a Albaracín, son muchos más los municipios que podrían compartir y ostentar dicho título por la elevada cantidad de aplicaciones detectadas en varios de ellos y el buen estado de las mismas pese a la evidente falta de mantenimiento.





Figura 1. Algunos ejemplos de la utilización del yeso en Aragón: a) yeserías del Palacio de la Aljafería, (Zaragoza, siglo XI); b) yeserías exteriores en la Casa del Papa Luna, Daroca (Zaragoza, siglo XV); c) - e) Rodén (Zaragoza), pueblo de origen romano completamente abandonado tras la Guerra Civil (Territorio Mudéjar, 2019) donde se refleja la utilización masiva del yeso: piedra, morteros, revestimientos interiores y exteriores, forjados, suelos, fachadas; f) torre de la Iglesia de San Martín en Teruel (siglo XIV), realizada con un muro interior de tapia de yeso y otro exterior de ladrillo con juntas de yeso; g) empleo de yeso en la realización del zócalo en la Casa Salas (siglo XVI) en San Esteban de Litera (Huesca), un gran caserón de tres plantas con fachada de ladrillo sobre zócalo de sillería de yeso (SIPCA, 2019); h) Castillo de Ayyub en Calatayud (Zaragoza, siglo IX), se empleó el yeso para juntas de piedra y revestimientos exteriores. Fotografías del autor.

El proceso tradicional de elaboración del yeso era determinante en la calidad del producto resultante, y se llevaba a cabo en lugares conocidos como “yeserías”, entendiéndose como tales los centros de transformación del aljez (piedra de yeso) para generar el material apto para la construcción. Normalmente, cada municipio tenía varias yeserías y cada una era gestionada por una única familia, aunque en algunos casos no muy frecuentes se hacía entre varias familias.

Cada yesería se componía de tres zonas diferenciadas: cantera donde se realizaba la extracción del material, hornos para la cocción del mineral y zonas para la trituración o molienda y venta (Figura 2). Esta actividad principal precisaba de otras secundarias, realizadas por la misma familia o subcontratadas a terceros, como eran las labores de transporte del yeso o la búsqueda y acopio del combustible a utilizar durante la cocción.

Tras el proceso de extracción de la piedra de yeso de la cantera, el yeso tradicional era elaborado en centros de producción donde se cocía a temperaturas que superaban los 1.000°C (Vegas et al., 2010; Lenz, 2006; González Sánchez et al., 2020; Bel-Anzué y Elert, 2021), pero cuya distribución dentro del horno no era homogénea, pues la temperatura más elevada solamente se alcanzaba cerca de la cámara de combustión (Bel-Anzué y Elert, 2021), lo cual ocasionaba que las piedras de yeso experimentasen diferentes grados de cocción dependiendo de su ubicación dentro del horno. Además, la cocción podía ser incompleta en el caso de las piedras más grandes, y los núcleos de estas piedras podían incluso contener yeso sin cocer.

Como consecuencia, el producto obtenido era un yeso multifase, generalmente con un elevado contenido de anhidrita II (Lenz, 2006).

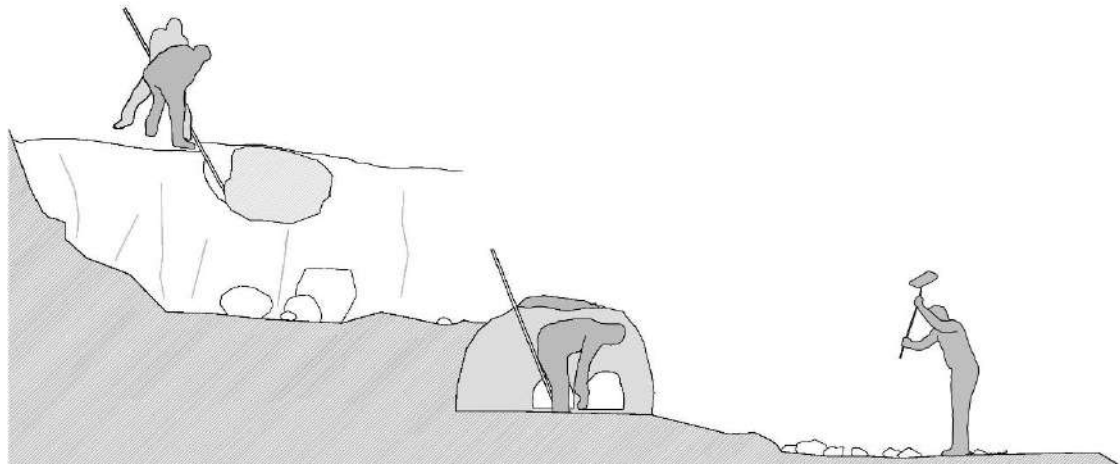


Figura 2. Esquema de yestería tradicional con sus tres fases diferenciadas. Extracción-Cocción-Molienda. Elaboración propia.

Sin embargo, la tradición constructiva del yeso se vio gravemente mermada entre las décadas de 1940 y 1970, cuando el desarrollo de la red de carreteras y el suministro de electricidad aceleraron el proceso de industrialización en España (Berzosa Alonso-Martínez, 1976). Hay que tener en cuenta que el siglo XX fue una época de aceleración económica, progreso y cambio en cuanto a la construcción tradicional se refiere, más si cabe cuando hablamos exclusivamente del yeso. Villanueva Domínguez (2005) distingue tres periodos bien diferenciados en la historia de la construcción: tradicional, industrial y postindustrial. Si bien en muchos de los ámbitos de la construcción la Revolución Industrial (entre finales del siglo XVIII y finales del XIX) supuso un punto de inflexión por la aparición de nuevos materiales, en el caso del yeso. Particularmente en España y en Aragón, esta industrialización no se produjo hasta bien entrado el siglo XX, perviviendo todavía hasta esa fecha los modos de vida y producción artesanales.

La modernización de los modos de producción dio lugar a materiales elaborados en grandes fábricas, dejando a un lado el uso de hornos tradicionales y modificando así las propiedades físico-mecánicas del yeso tradicional. Las nuevas posibilidades de distribución provocaron que los materiales de construcción tradicionales (yeso, cal, piedra, madera y barro) quedaran limitados en sus aplicaciones al empezar a ser desplazados por los materiales universales (acero y cemento). Los fabricantes de yeso tradicional, formados por familias locales basadas en una economía de subsistencia y sin capacidad de inversión e innovación, resultaron gravemente afectados, viéndose continuamente obligados a evolucionar buscando un aumento del volumen producido y una reducción de los costes. Esto necesariamente significaba una reducción de la

temperatura de cocción y del combustible, lo que generaba un material más competitivo para aplicaciones como revestimientos y acabados en interiores, pero a su vez variaba su composición y limitaba muchas de sus propiedades que obtenía al ser fabricado artesanalmente por lo que se redujo considerablemente su amplia versatilidad (Bel-Anzué y Elert, 2021).

Así, en pocos años el yeso dejó de ser utilizado en estructuras, suelos, fachadas y pasó a ser un material considerado de uso exclusivo para acabados estéticos interiores (Almagro Gorbea, 1986; Amatriáin, 2016). Además, el grueso de las investigaciones del yeso se centró principalmente en mejorar la trabajabilidad pura de estos yesos olvidando las posibilidades estructurales del material. Especialmente durante la segunda mitad del siglo XX se comenzaron a estudiar en profundidad las modificaciones producidas en las características del yeso mediante la introducción de aditivos durante la fabricación industrial del yeso para permitir controlar mejor el proceso de fraguado como perlita, almidón, fibra de vidrio o vermiculita (Erdem, 1997; Martias et al., 1994; Van Driessche et al., 2019) así como el uso de yeso procedente del fosfoyeso (Cao et al., 2022) o procedente de la desulfuración de los gases de combustión (del Río Merino et al., 2022) causando la disminución de la resistencia mecánica del producto (Zhang et al., 2020).

Con la llegada de los materiales modernos el interés por el yeso tradicional fue decayendo progresivamente y se redujo notablemente el interés científico por este material a las aplicaciones interiores (Arredondo, 1980) lo que inevitablemente ha originado un gran desconocimiento de las propiedades del yeso tradicional.

No obstante, en los últimos años se está manifestando un gran interés científico por parte de técnicos e investigadores que desea valorar y conocer con mayor profundidad el yeso tradicional (siendo posible encontrar estudios que analizan un aspecto concreto de este material), entre los que me encuentro como autor de este trabajo y como arquitecto, que trata de recuperar el eslabón perdido a mediados del siglo XX en la transferencia intergeneracional del conocimiento de la arquitectura, técnicas y materiales tradicionales.

Algunas personas pueden pensar que este nuevo enfoque parte de una ideosincrasia irreal, bucólica, romántica, etnográfica, o por ecología buscando recuperar técnicas de bajo consumo energético; pero en el caso concreto de esta investigación el motivo se fundamenta en que, tras intentar hacer un trabajo comprometido con el entorno, las raíces, el bienestar y la compatibilidad, he descubierto que no hay otra opción para hacer un trabajo sensato y sostenible. Lo que en boca del arquitecto Rogelio Salmona, se expresó de la siguiente manera:

“Importar las soluciones es fallarle a la historia y a nuestros pueblos. Es sencillamente no resolver nada, sino maquillar con los cosméticos de una cultura y una arquitectura internacional, que pretende adaptarse a cualquier sitio, que por ser de todas partes no es de ninguna, que no expresa ni transforma porque no tiene raíces”.

Rogelio Salmona

La literatura existente actualmente del yeso tradicional en España es cada vez más extensa (Sanz Arauz, 2009; Vegas et al., 2010; Marín Sánchez, 2014; La Spina, 2015; Marín Sánchez y Zaragoza Catalán, 2017; Marín Sánchez y Zaragoza Catalán, 2020; González Sánchez et al., 2020) y la investigación relacionada con el yeso multifásico tradicional se ha centrado principalmente en la caracterización mineralógica y textural de los morteros históricos (Kawiak, 1991; Blasco-López y Alejandro Sánchez, 2013; Freire et al., 2019a; Schmid et al., 2019; Freire et al., 2020).

Sin embargo, hasta la fecha no se ha podido localizar ninguna publicación que permita cuantificar o estimar el volumen o la cantidad de utilización que tuvo el yeso tradicional en un territorio, puesto que los ámbitos de estudio se limitan a estudiar casos concretos muy particulares o casos muy genéricos donde no es posible obtener una imagen global y cuantificada de los sistemas de aplicación y uso del yeso tradicional. Además, no existen estudios detallados y sistemáticos que relacionen las propiedades de este producto multifásico (resistencia mecánica y resistencia a la intemperie) con las condiciones de cocción de la materia prima y su comportamiento de hidratación.

Las investigaciones más recientes se centran en materiales con yeso reciclado con cantidades significativas de impurezas o aditivos, como es el caso del fosfoyeso (Singh, 2005; Li y Zhang, 2021; Cao et al., 2022), o bien son estudios que consideran un rango limitado de temperaturas (<200°C), típico de la producción del yeso moderno industrial (Fernandes Cordon et al., 2019; Koper et al., 2020; Hao et al., 2021). Los estudios que analizan un mayor rango de temperaturas de cocción generalmente usan yeso como subproducto y la composición mineralógica resultante y el comportamiento de hidratación no son comparables con los del yeso tradicional (Cao et al., 2022; Jiao et al., 2022).

Este problema de limitación de conocimiento en las aplicaciones del yeso se acrecenta debido a tres dificultades principales, que derivan o subyacen tras una causa fundamental, como es la

falta de conocimiento sobre el material y sus propiedades: (I) dificultad normativa, (II) dificultad formativa y (III) dificultad terminológica.

- I) Dificultad normativa. La normativa vigente en España que regula el yeso como material de construcción (RD 10568/1985, de 31 de mayo) lo contempla únicamente en las aplicaciones de revestimiento interior de tabiques, trasdosados, enlucidos y elementos prefabricados o decorativos. Las normativas europeas vigentes (normas UNE-EN europeas traducidas y adaptadas en España), también ensayan solamente el yeso como material para revestimientos interiores (AENOR, 2009; AENOR, 2014a; AENOR, 2014b), por lo que las normativas actuales de aplicación no hacen mención en ningún momento a su aptitud estructural ni utilización en revestimientos de fachadas ni pavimentos.

- II) Dificultad formativa. El ámbito académico no favorece la recuperación del conocimiento sobre el yeso tradicional y todavía hoy numerosas Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura y Arquitectura Técnica son desconocedoras de la versatilidad de este material, dificultando la transferencia de conocimientos entre los resultados obtenidos en los últimos años de investigación científica y la materia que se enseña en las facultades. En la mayoría de planes de estudio de los Grados Universitarios relacionados con la construcción, el contenido impartido versa en torno a los materiales y sistemas de construcción convencionales (el hormigón armado, el acero o la madera como materiales con capacidad estructural), aquellos que incorporan materias relacionadas con el yeso centran la consideración de su uso como conglomeranteo revestimiento interior de muros y tabiques, negando su capacidad estructural, de resistencia al exterior o capacidad para ser usado como pavimento (Unizar, 2022; ETSAB, 2022; EUPLA, 2022; UNAV, 2022).

Si bien es cierto que, como excepción, algunos Grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica, siguiendo las tendencias científicas anteriormente citadas, sí que introducen de forma puntual el estudio de materiales y técnicas tradicionales, entre los que se incluye el yeso y sus aplicaciones, incorporando bibliografía específica en sus planes de estudio (ETSAM, 2022; ETS, 2022; EPSEB, 2022), entre las que se encuentran: la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) (González Sánchez et al., 2020), la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (Sanz Arauz, 2009), la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) (Vegas et al., 2010; Mileto et al., 2011), y la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) (La Spina, 2015).

- III) Dificultad terminológica. En el idioma español se introduce una coincidencia terminológica que aumenta la confusión en torno al término “yeso”, puesto que se engloba bajo la misma palabra a elementos que son diferentes: tanto a la piedra de yeso sin cocer o aljez, a los productos obtenidos tras la cocción (hemihidrato de tipo α o tipo β , también llamados basanita, y anhidrita de tipos I, II o III, o un conjunto de varios de ellos, generando un producto multifásico), así como al producto obtenido tras la rehidratación del material cocido, bien sea el utilizado en elementos estructurales en el pasado (yeso tradicional-artesanal) o el actual fabricado para enlucidos interiores (yeso comercial-industrial). Esta falta de precisión o de rigor en la terminología ocasiona en la actualidad confusión, especialmente entre las personas no familiarizadas con el yeso, y refuerza todavía más el desconocimiento ya que la unificación terminológica, hace pensar en primera instancia que estamos ante el mismo material en todos los casos.

Toda esta dificultad de acceso a la información acerca del yeso tradicional como material estructural y sus propiedades mecánicas ha favorecido que no se haya propagado con profusión, derivando así en una falta de conocimiento profundo sobre sus propiedades. Como resultado se han producido varias restauraciones incompatibles en edificios de máxima protección.

Un ejemplo paradigmático ha sido la fallida rehabilitación de la Torre del Moro de Ivorra (Lérida) en 2015 (Figura 3), originalmente construida con yeso y mampostería (Segura, 2019), incluso en la actualidad sufre daños estructurales por una restauración incompatible desmontada para no generar riesgos a los viandantes.



Figura 3. Torre del Moro de Ivorra (Lérida) (Segura, 2019).

En otras intervenciones en el Patrimonio, el desconocimiento del yeso tradicional ha originado una desconfianza por parte de muchos técnicos hacia este material, por lo que es habitual prescribir morteros de cal en lugar de yeso, y en muchas ocasiones se realizan con cal hidráulica, con cemento Portland o con cementos industriales coloreados, los cuales, generalmente, han tenido un tiempo de vigencia muy inferior a los morteros tradicionales de revestimiento (ya fueran de yeso o de cal) que pretendían sustituir, son evidencias del desconocimiento general sobre la incompatibilidad de materiales sustitutivos modernos como el yeso industrial y el cemento Portland (Callebaut et al., 2001). Además, el uso de estos cementos puede conducir a la aparición de etringita¹, cuya formación retardada es problemática porque origina un incremento de volumen causando un deterioro en el mortero (Portland Cement Association, 2001).

Según Abenza Ruiz (2009), debido a la reología propia del cemento, su atacabilidad ante la contaminación de los ambientes actuales hace que envejezca muy prematuramente, siendo además un material menos poroso que el yeso (Fernández et al., 2004). En cambio, otro tipo de morteros como por ejemplo el de cal o el de yeso son más recomendables para ser aplicados en el exterior por ser más elásticos y permitir la transpiración de las capas de revestimiento (Guixeras y Argano, 2010; Castellón Guillén, 2021), evitando así condensaciones intersticiales

¹ Comunicación personal, L. Prieto Prieto y F. Guerra Librero (Zaragoza, 2023).

que puedan dañar el mortero y beneficiando por tanto la durabilidad del mortero y del paramento que se reviste.

Casos, como el citado anteriormente, han sido una importante fuente de motivación para elaborar este trabajo, donde se propone como principal objetivo rescatar, volver a sacar a la luz y poner de nuevo en valor las virtudes de este material, desgraciadamente pérdidas.

Con esta investigación se pretende, por tanto realizar una aportación más a la literatura existente y contribuir con datos concretos acerca de las propiedades del yeso tradicional para reconocer el papel protagonista que tuvo este material dentro de la arquitectura en Aragón y, a través del entendimiento de las diferencias en el proceso de fabricación, promover de nuevo su correcto uso en la actualidad para lograr una mayor compatibilidad en las intervenciones en el Patrimonio Arquitectónico (Middendorf, 2002; Bel-Anzué et al., 2017; Schlütter et al., 2010) y abrir una nueva línea de investigación que permita estudiar la reintroducción del yeso en la obra nueva con el objetivo de recuperar algunas de las funciones que tuvo en el pasado.

Algunos arquitectos interesados en la sostenibilidad están iniciando este camino a favor de la utilización del yeso en suelos (Bel-Anzué et al., 2017) y fachadas (AA.VV., 2011), dado su interés como material para la bioconstrucción por su baja emisión de CO₂ durante la cocción si se compara con el cemento (Lushnikova y Dvorkin, 2016). El yeso tiene un menor impacto ambiental ya que requiere una menor temperatura de calcinación en comparación con otros conglomerantes como la cal (900°C) (Elert et al., 2002) o el cemento Portland (1.400°C), su molienda requiere menor cantidad de energía comparado con el cemento Portland, convirtiéndose en una alternativa sostenible para la arquitectura contemporánea (Pinheiro y Camarini, 2015; Suárez et al., 2016; Erbs et al., 2018; Weimann et al., 2021). Además, el yeso podría ser reciclado simplemente por calcinación, contribuyendo a una economía circular (Geraldo et al., 2017), lo que se ha convertido en un tema estudiado por algunos autores para analizar la viabilidad del reciclaje de los residuos de yeso (Jiménez Rivero et al., 2016).

No obstante, pese a que los resultados obtenidos parten de unos datos de estudio centrados en el ámbito de la región de Aragón, recientes investigaciones (La Spina, 2015) muestran bastantes similitudes en la secuencia de hechos y sistemas constructivos (sin llegar a cuantificar su uso en una amplia región) por lo que se prevé que, dadas las similitudes reveladas entre la tecnología de fabricación del yeso, la tipología de los hornos tradicionales y las aplicaciones compartidas con dichos estudios del yeso tradicional, los resultados de esta investigación puedan ser extrapolables a otras Comunidades Autónomas pertenecientes al resto de la “España yesífera”

(La Spina et al., 2013) (término acuñado por los autores Riba Arderiu y Macau Vilar, 1962), e incluso a otros países europeos y Oriente Medio (Dariz y Schmid 2019; Le Dantec, 2016; Oudbashi y Shekofte, 2008; Wende et al., 2010), ampliando notablemente el impacto de los resultados de este trabajo a una repercusión de ámbito internacional.

El objetivo principal de este trabajo consiste fundamentalmente en ampliar el conocimiento sobre el yeso tradicional y dinamizar la transferencia de conocimientos a la sociedad, aportando datos a la comunidad para reflejar la importancia del yeso históricamente, así como las variadas posibilidades ofertadas en el ámbito de la arquitectura contemporánea.

“No se puede amar lo que no se conoce, ni defender lo que no se ama”

Leonardo da Vinci, s.f.

El resultado principal y más importante de esta investigación supone, por tanto, un acercamiento y apertura al conocimiento del yeso tradicional en todos sus ámbitos de utilización para obtener una visión de conjunto lo más extensa posible:

- I) desde esta perspectiva histórica permite conocer su proceso de elaboración y la evolución del mismo;
- II) desde un enfoque de campo que proporcione datos de la aplicación en obra en diversos elementos de la arquitectura popular y monumental;
- III) desde una perspectiva experimental para reproducir las técnicas tradicionales “in situ” y conocer de primera mano cómo estas se desarrollaban;
- IV) desde un planteamiento de estudio a través de técnicas analíticas en laboratorio que permita conocer las distintas propiedades organolépticas, mineralógicas y mecánicas.

Para lograr abarcar la mayor cantidad posible de aspectos y ámbitos sobre el yeso tradicional, esta investigación parte de un enfoque científico, guiado por unas pautas muy rigurosas y concretas en las distintas fases del estudio, generando líneas transversales del mismo.

Este enfoque holístico y multidisciplinar en la metodología ha permitido desarrollar una documentación y un análisis detallados que contribuyen a una mejor comprensión de las peculiaridades técnicas de este material en una visión de conjunto y poder entender de qué manera los procesos de extracción, cocción, triturado y aplicación influyen en las características organolépticas, en las propiedades físico-mecánicas y en la microestructura.

Adicionalmente, para complementar el objetivo principal de esta investigación, se ha procurado que toda la información obtenida y recopilada sobre el yeso tradicional no quede únicamente en un ámbito meramente teórico, sino también se ha tratado de asegurar una transferencia de conocimientos desde el ámbito universitario/científico hacia los actores de la rehabilitación y construcción (arquitectos, arquitectos técnicos, restauradores, albañiles, etc.) y el público general

en orden a favorecer y conseguir a esta investigación tener una repercusión real en el conocimiento y entendimiento del yeso tradicional

Esta investigación, que persigue la resolución de un aparentemente sencillo objetivo como se ha mencionado anteriormente, radica en “ampliar el conocimiento sobre el yeso tradicional”. Se ha estructurado siguiendo la técnica que consigue transmitir un mensaje eficaz y vigente desde el retórico griego Hermágoras de Temno (siglo I a.C.) y popularmente conocida como las 6W por las palabras inglesas (“what”, “who”, “where”, “when”, “why” and “how”), asumiendo al protagonista de esta investigación, el yeso tradicional, queda despejado el “who”.

Para responder el resto de cuestiones que estructuran la investigación (“dónde” y “cuándo” se usaba el yeso tradicional, “cómo” se fabricaba, “qué” es el yeso tradicional y “porqué” fue tan versátil y apto para usos) se han fijado cuatro objetivos específicos basados desde el interés de conocer y comprender los diferentes aspectos del yeso tradicional, cada uno de ellos de naturaleza diferente, pero dentro de un marco general que engloba al yeso tradicional como material de construcción en la arquitectura en Aragón.

Objetivo Específico 1. Hipótesis cronológica del uso y aplicación en obra del yeso tradicional desde las primeras civilizaciones hasta mediados del siglo XX.

El Primer Objetivo Específico se centra en estudiar a fondo las aplicaciones constructivas y el uso histórico del yeso con especial énfasis en Aragón, abordando las cuestiones de “dónde” y “cuándo” se usaba, ofreciendo una perspectiva amplia en el ámbito histórico (desde sus orígenes prehistóricos hasta nuestros días) y en su aplicación en obra en los distintos municipios de Aragón. Se trata por tanto de un objetivo que estudia la aplicación en obra del yeso para entender y cuantificar por primera vez la versatilidad de las técnicas constructivas en cada municipio.

Todo ello se aborda desde una perspectiva multidisciplinar, aunando el estudio de documentación histórica existente, la investigación etnográfica mediante visitas y entrevistas y el análisis técnico-constructivo, estableciéndose tres fases principales:

- I) En primer lugar, desde una perspectiva de documentación histórica, se persigue establecer un cronograma del uso del yeso tradicional en Aragón realizando un detallado recorrido histórico, centrado en la importancia del yeso como material de construcción desde los primeros asentamientos prehistóricos hasta la actualidad, mediante la exhaustiva búsqueda de documentación bibliográfica y el estudio de los municipios visitados, con la especial dificultad que entraña la datación de la arquitectura popular analizada por la inexistencia de datos precisos en esta arquitectura tan poco estudiada y documentada. La bibliografía descriptiva encontrada incluye un amplio número de publicaciones científicas; cabe destacar la ayuda prestada por el investigador y etnógrafo aragonés Félix A. Rivas, quien ofreció su ayuda de valor incalculable, crucial en la búsqueda y localización de 116 publicaciones locales (sin gran impacto científico), pero con el suficiente rigor para garantizar la veracidad de los datos aportados (recogidas en el Anexo III), y así permitir documentar la utilización del yeso tradicional durante la primera mitad del siglo XX.
- II) En segundo lugar, se realiza un estudio del periodo desde mediados del siglo XX hasta la actualidad (aspectos técnicos y socioeconómicos, la demografía y los cambios en los sistemas de construcción), tratando así de dar respuesta al porqué del progresivo abandono del yeso como material de construcción ocasionado por el cambio de paradigma producido en la sociedad española de la época.

- III) En tercer y último lugar, desde un enfoque propio de la rama de la arquitectura y la construcción, se estudian y cuantifican las aplicaciones y sistemas que manejan, de manera habitual, el yeso tradicional en las distintas zonas de Aragón. Mediante un análisis exhaustivo, fundamentado en varias visitas a una gran cantidad de municipios, se han recogido datos precisos sobre el uso del yeso categorizándolos según su aplicación en arquitectura popular o en monumental hasta mediados del siglo XX, sintetizando toda la información a través de fichas.

El análisis semicuantitativo de los datos reflejados en cada ficha de municipio permite cuantificar el uso que el yeso tuvo en la arquitectura popular y monumental en todas las regiones de Aragón. Este enfoque experimental y empírico recoge gran cantidad de datos medidos "in situ", sumados a la valiosa y extensa información obtenida a través de las 88 entrevistas realizadas a antiguos trabajadores, lo que permite ofrecer el soporte y la veracidad necesarios para contrastar la información obtenida con la bibliografía, lo cual otorga a este trabajo una gran riqueza y valor en los resultados alcanzados.

Será también objeto de este apartado la evaluación y determinación de coincidencias entre las aplicaciones en arquitectura monumental como en arquitectura popular, pudiendo determinar y establecer correlaciones entre ambas, debida a la confluencia coetánea de los mismos trabajadores ejecutando y construyendo tanto las viviendas y almacenes como las casas palaciegas y monumentos, que forman el vasto patrimonio construido con yeso en Aragón.

Objetivo Específico 2. Proceso de fabricación del yeso tradicional y su evolución hasta mediados del siglo XX en Aragón.

El Segundo Objetivo Específico también ha sido llevado a cabo desde una perspectiva transversal y multidisciplinar. Envuelve los aspectos concernientes a responder “cómo” se fabricaba el yeso tradicional en relación a recuperar, documentar, proteger el “knowhow” en la distintiva fabricación ancestral y artesanal del yeso como materia prima de construcción, evaluando cronológicamente los cambios que pudieron afectar a la evolución de las técnicas de fabricación. Siguiendo la metodología fijada en el Objetivo Específico 1, se han desarrollado dos objetivos secundarios:

- I) En primer lugar, se persigue establecer una hipótesis cronológica en el desarrollo de las técnicas de elaboración del yeso desde su introducción en Aragón hasta mediados del siglo XX. Resulta especialmente significativo tratar de entender los cambios sufridos durante el siglo XX, cuando la industrialización irrumpió en el terreno de la construcción, investigando los matices que afectaron al sistema de producción del yeso tradicional y la evolución que fue teniendo la técnica hasta llegar al sistema de producción actual.
- II) En segundo lugar, se pretende documentar y describir con precisión el proceso de fabricación del yeso tradicional, desgranando los matices y las peculiaridades que lo convirtieron en uno de los materiales más utilizados en la antigüedad. Se obtienen además unos resultados semicuantitativos que permiten establecer unos valores porcentuales para evaluar las diversas fases del proceso de fabricación del yeso tradicional: la selección de canteras, métodos de extracción, tipologías de horno y material de combustión, condiciones de cocción y medios de trituración, almacenamiento y transporte al sitio de construcción.

Objetivo Especifico 3. Aplicaciones experimentales y resultados tangibles: cocción y aplicación en obra de yeso siguiendo las técnicas tradicionales.

El Tercer Objetivo Especifico permite desarrollar varias funciones en simultáneo que son vitales para asegurar la calidad de la investigación y su verdadera aplicación práctica para la sociedad.

A través de la cocción experimental y las aplicaciones experimentales, se pretende cotejar la veracidad de los datos obtenidos en los objetivos previos (comprobar que la información obtenida a partir de publicaciones locales, así como la información obtenida de antiguos trabajadores, era una información fiable) al confrontarlo con un análisis empírico de las prácticas y técnicas de elaboración del yeso tradicional y su aplicación en obra.

Por otro lado, mediante la experimentación práctica realizada, surge una oportunidad única de documentación de manera fidedigna de los procesos de elaboración y aplicación que permita recoger los aspectos más importantes para la comprobación de la calidad del proceso, permitiendo su reproducción en el futuro. Analizando la viabilidad económica de las aplicaciones en la actualidad y evaluando sus posibles líneas de trabajo para su reintroducción en la construcción actual.

A la vez se han generado unos resultados tangibles, que van desde la obtención de un yeso tradicional monitorizado para la aplicación de técnicas analíticas en laboratorio, así como la realización de distintas obras de rehabilitación y nueva construcción que trascienden de la mera investigación para perdurar en el tiempo y sirviendo como instrumentos para la realización de cursos, talleres y jornadas de difusión para favorecer que esta investigación trascienda a la sociedad. Estas actuaciones se han estructurado en dos ramas principales de actuación:

- I) Realización de cocciones experimentales, reproduciendo la totalidad del proceso de elaboración de yeso tradicional (desde la extracción hasta el triturado y ensacado).
- II) Realización de aplicaciones experimentales “in situ” del yeso obtenido mediante esta y otras cocciones tradicionales.

Objetivo Específico 4. Técnicas analíticas aplicadas. Yeso cocido e hidratado: análisis organoléptico, mineralógico y ensayos mecánicos.

El Cuarto Objetivo Específico consiste en determinar y conocer las propiedades físico-mecánicas del yeso tradicional para conocer “qué” es en términos químicos y mineralógicos y el “por qué” de su utilización tan extensa y versátil en la arquitectura tradicional hasta mediados del siglo XX. Por ello, se analizan las propiedades fisicoquímicas del yeso obtenido tradicionalmente en cocciones experimentales “in situ” y en laboratorio partiendo desde un enfoque mineralógico, hasta estudiar sus propiedades mecánicas como la resistencia a flexotracción y compresión, y la resistencia frente al envejecimiento acelerado.

El objetivo de este apartado de la investigación no solo pretende ofrecer un conocimiento detallado del efecto del proceso de cocción tradicional en el comportamiento final del yeso, sino también busca avanzar en una línea de investigación que posibilite a los profesionales a formular productos multifásicos compatibles para aplicaciones específicas en el campo de la restauración, conservación del Patrimonio, e incluso su reintroducción en la obra nueva.

Este estudio genera por tanto un avance en el desarrollo de las tecnologías necesarias para fabricar en un futuro un yeso de manera industrial que mantenga las propiedades de un yeso tradicional, logrando la durabilidad y resistencia a la intemperie que los yesos fabricados artesanalmente poseían en el pasado que le conferían la virtud de ser un material apto para su uso estructural y de revestimientos tanto interiores como exteriores. Para poder desarrollar este objetivo se han estructurado dos grandes líneas.

- l) En primer lugar, se estudian las propiedades de los yesos obtenidos tras una cocción realizada en laboratorio y condiciones controladas, permitiendo conocer las condiciones de cocción aplicadas, extrayendo muestras a distintas temperaturas de cocción que posteriormente se hidratan y se analizan en distintos ensayos.

- II) En segundo lugar, se estudian las propiedades de los yesos obtenidos en las cocciones experimentales “in situ” realizadas en Navarrete del Río (Teruel), siguiendo las técnicas tradicionales mediante la información reunida de los objetivos anteriores. Estos yesos se analizan siguiendo los mismos ensayos que los obtenidos en la cocción controlada, de manera que se pueden comparar y establecer silogismos entre los resultados de ambos procesos para poder establecer cuál es la temperatura real de cocción (transmitida al interior de las piedras) en un horno tradicional, permitiendo identificar cuáles son los factores que llevaron al yeso tradicional a ser un material tan extendido en Aragón.

En el marco previo se contextualiza y justifica la adecuación del ámbito de estudio elegido para la investigación mediante una breve introducción al marco territorial geográfico y demográfico que supone la Comunidad Autónoma de Aragón, pues es un territorio con una gran abundancia de afloramientos yesíferos, propiciadores de un elevado interés por la explotación del yeso.

Mediante la contextualización de la situación actual de la producción de yeso en España situada como una de las principales productoras en todo el mundo, se realiza una breve aproximación al marco geográfico y demográfico actual.

3.1. MARCO TERRITORIAL

La investigación realizada en este trabajo se acota geográficamente a la Comunidad Autónoma de Aragón (provincias de Huesca, Zaragoza y Teruel), una región con una amplia superficie de afloramientos yesíferos.

Se trata de un vasto entorno sometido a una gran casuística de factores sociopolíticos y variables físicas (geológicas, topográficas, geográficas) que han sido analizados para poder establecer conexiones con las causas que aceleraron o preservaron la técnica de fabricación tradicional, o entender los motivos por los que en algunos municipios convivieron simultáneamente distintos procesos de fabricación.

3.1.1. Geografía y orografía

En términos geográficos, Aragón es una comunidad sumamente diversa y variada (IDEAragón, 2022b). Consecuencia de su compleja orografía, fruto de la presencia de dos cordilleras importantes, como son los Pirineos al norte, con altitudes que superan los 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm), y la Cordillera Ibérica al sur, con cimas por encima de 2000 msnm, y el corredor del Ebro que actúa como eje vertebrador entre ambos sistemas montañosos, Aragón presenta una gran diversidad de paisajes, unidades de relieve y geomorfologías. En la Figura 4 se muestra el mapa físico e hidrológico de la comunidad, donde se pueden distinguir las principales figuras de relieve.

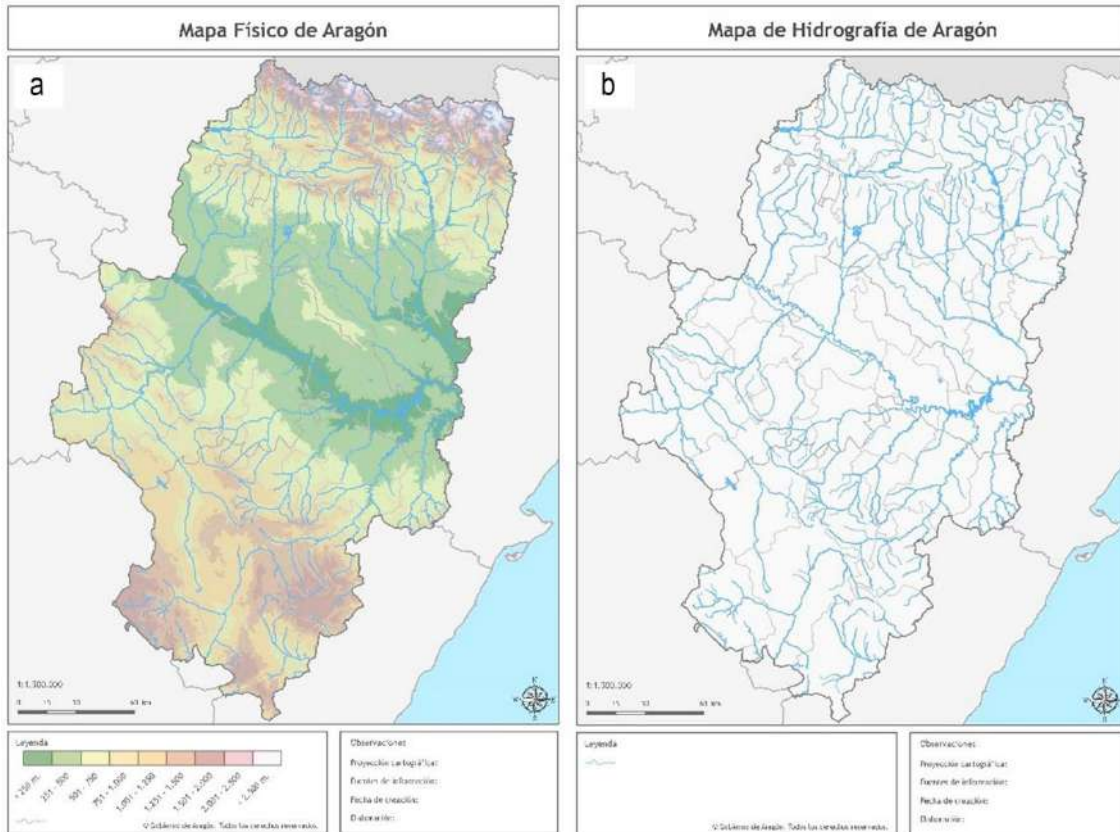


Figura 4. a) Mapa Físico de Aragón; b) mapa de Hidrografía de Aragón (IDEAragón, 2022k).

Las principales unidades de relieve y paisaje presentes en Aragón son las siguientes:

- I) El Pirineo, situado al norte de la provincia de Huesca, supone casi un 10% de la superficie de Aragón. La subunidad de relieve más relevante es el Pirineo Axial, donde se localizan los materiales más antiguos y las mayores altitudes coronadas por los 3404msnm del Aneto. Los elementos geomorfológicos más significativos son los propios de los modelados glaciar y periglacial, presentes en la zona Axial de la cordillera (Figura 5). A caballo entre el Pirineo y el Valle del Ebro, el Prepirineo destaca por modelados geomorfológicos como los mallos, formas turrulares bastante extendidas al sur del Pirineo, pero que alcanzan su mayor valor paisajístico en las proximidades del río Gállego, en concreto en los Mallos de Riglos y Agüero (Figura 6). Pertenecientes al Prepirineo encontramos las Sierras Interiores, de materiales calizos generalmente de época mesozoica (IDEAragón, 2022b; IDEAragón, 2022c).

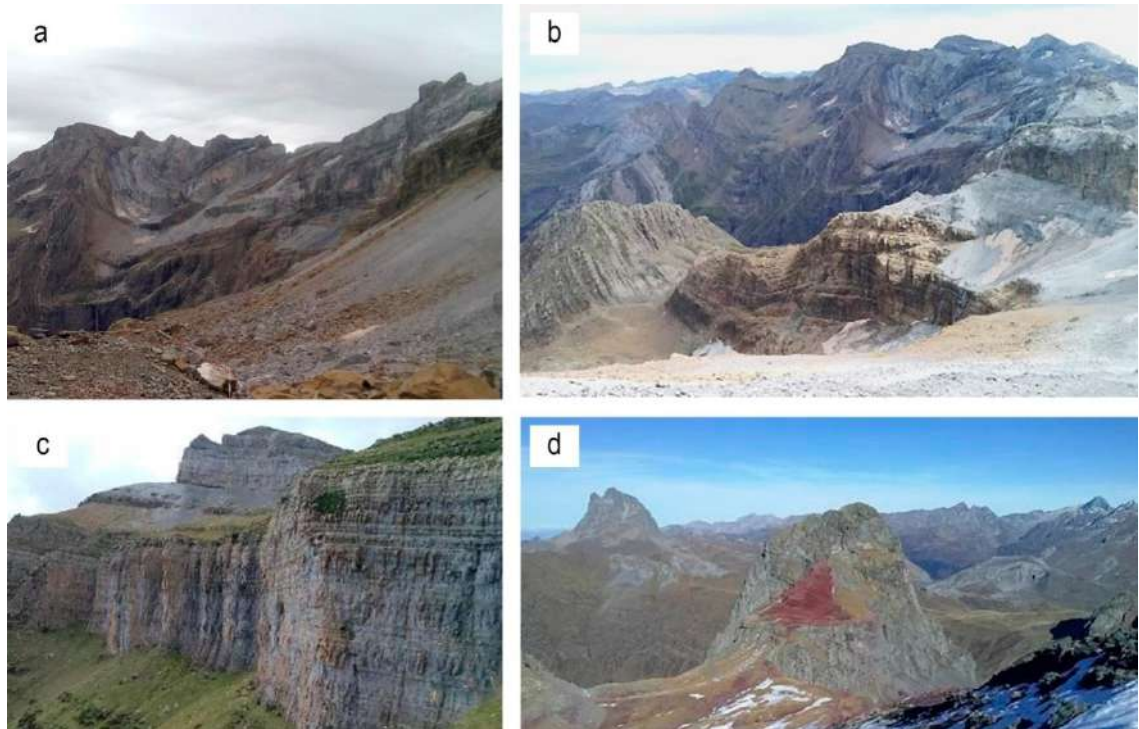


Figura 5. Distintas formaciones glaciares del Pirineo Axial: a) y b) cara norte de los Picos Astazus, Marboré, Cilindro y Monte Perdido (Huesca); c) Faja de las Flores en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca); d) Pico Middi d'Ossau, en el Pirineo francés. Fotografías del autor.



Figura 6. Distintas formaciones en el Prepirineo: a) Sierra de Guara (Huesca); b) Peña Rueba con vistas al fondo hacia los Mallos de Riglos (Huesca); c) formaciones geológicas de Mallos en Riglos, en el Prepirineo (Huesca). Fotografías del autor.

- II) Los Somontanos recorren la parte central de la provincia de Huesca (en el caso de los pirenaicos) y la zona occidental de la provincia de Zaragoza (en el caso de los ibéricos) suman casi el 20% del territorio regional y suponen el paso entre estas sierras prepirenaicas o ibéricas con la Depresión del Ebro. Suelen ser menos abruptos en el caso del Pirineo, mientras que la transición es un tanto más brusca en el caso del Somontano Ibérico, sobre todo en su sector central (IDEAragón, 2022b; IDEAragón, 2022c).
- III) La Depresión del Ebro abarca todo el sector central de la Comunidad Autónoma, suponiendo casi un 35% del total regional. Su relieve se identifica con extensas llanuras a baja altitud (generalmente por debajo de los 400msnm e incluso por debajo de los 100 en algunos puntos) y sólo con relieves residuales que rompen la monotonía, como las muelas (plataformas estructurales) (Figura 7). Cabe mencionar como más destacable la Plana Negra, los Montes de Castejón o la Muela y la Plana de Zaragoza, todas ellas formadas por calizas neógenas individualizadas gracias al encajamiento de la red fluvial circundante (IDEAragón, 2022b; IDEAragón, 2022c).

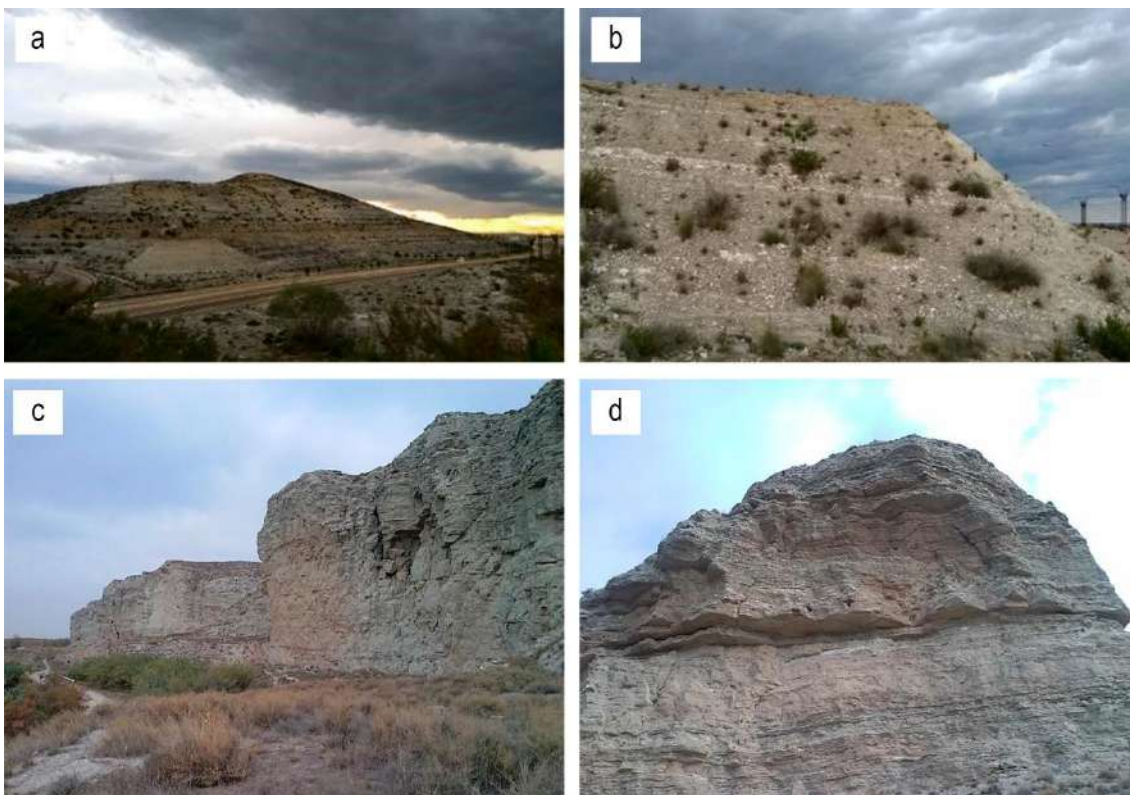


Figura 7. a) y b) Formación geológica correspondiente al entorno próximo de Zaragoza (Zona Arcosur) en la que se aprecia la presencia de yesos visibles tras el desmonte de terreno necesario al hacer una nueva autovía; c) y d) formación geológica de terrenos de yeso en Juslibol (Zaragoza). Fotografías del autor.

- IV) La Cordillera Ibérica, situada en la parte suroeste de Aragón y ocupando prácticamente la totalidad de la provincia de Teruel, es la última de las unidades del relieve y supone casi un 28% del total. Como en el caso del Pirineo, la Ibérica posee subdivisiones internas reseñables, como los valles fluviales (especialmente el Jalón y el Jiloca, vertientes al Ebro, y el Alfambra y el Guadalaviar, de cuya unión nace el río Turia), o el macizo del Moncayo (Figura 8), que con sus 2314 msnm supone la mayor cima de toda la Cordillera Ibérica. Igualmente destacables son cañones fluviales como los de los ríos Martín, Guadalope, Mijares o Matarraña (IDEAragón, 2022b; IDEAragón, 2022c).

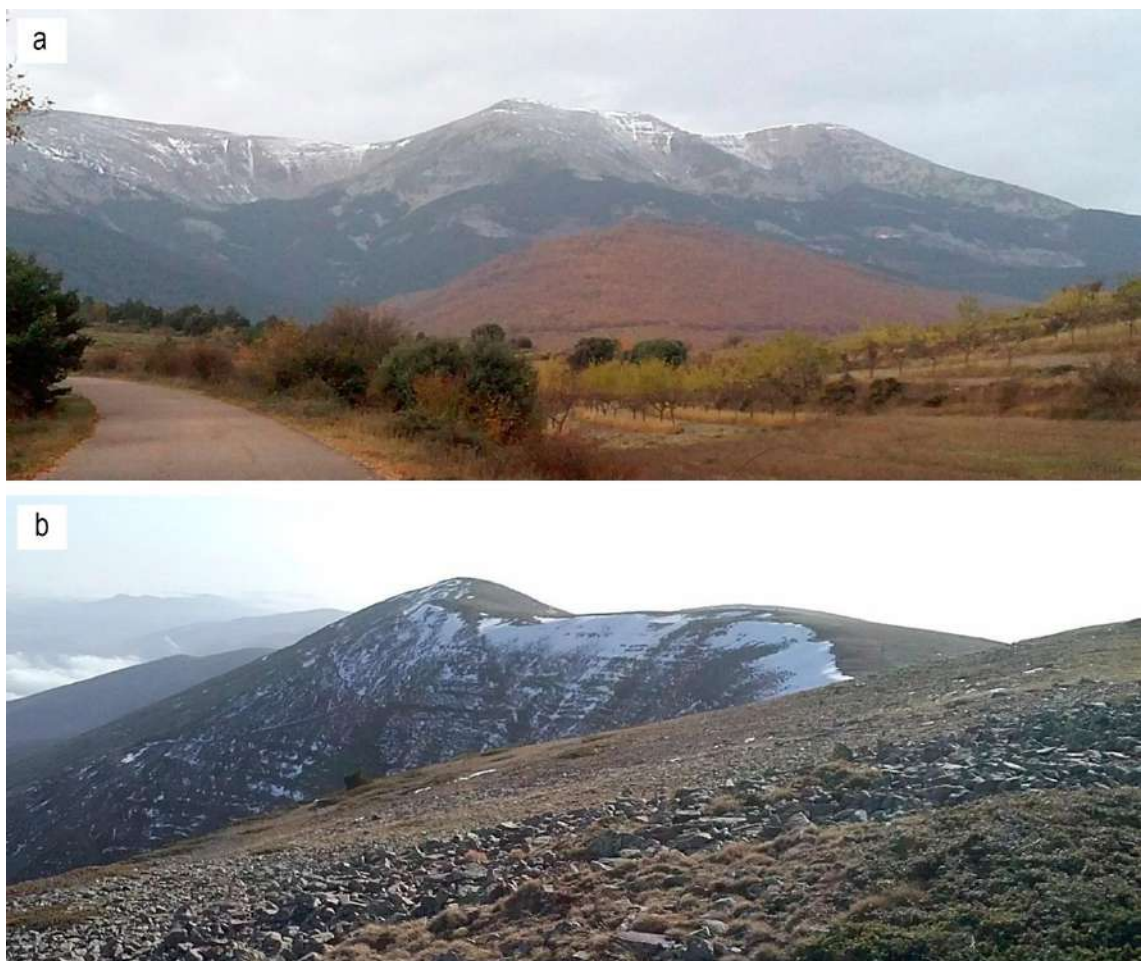


Figura 8. Macizo del Moncayo (Zaragoza): a) vista desde las faldas de la montaña; b) vista desde la cima. Fotografías del autor.

3.1.2. Climatología

Pese a que en términos generales el clima de Aragón se podría calificar como mediterráneo continental, la acentuada diferencia en la orografía ocasiona diferentes microclimas que ocupan desde zonas glaciares en el Pirineo Axial hasta esteparias como los Monegros. Acorde con Cuadrat Prats (2005), el clima de Aragón se podría clasificar en las siguientes categorías:

- I) En la región del valle del Ebro (provincia de Zaragoza y sur de la provincia de Huesca alcanzando parte de los Somontanos) nos encontramos con un *clima mediterráneo continental semidesértico*, caracterizado por una escasa cantidad de precipitaciones. Las temperaturas medias en invierno rondan los 7°C y en verano alcanzan los 20-22°C, con máximas históricas que han llegado cerca de los 45°C.
- II) En zonas centrales de la provincia de Huesca y parte de Teruel, algo más alejadas del valle del Ebro, se da un *clima mediterráneo continental*. Las temperaturas medias van descendiendo progresivamente conforme aumenta la altitud, y se sitúan entre los 16-20°C para los meses de verano. En invierno la temperatura promedio desciende hasta los 4-6°C.
- III) En la depresión de Daroca-Calatayud-Teruel, una zona con altitudes entre los 600 y los 1000 msnm, así como en la franja del Prepirineo, aparece un *clima de montaña moderado*, puesto que no llega a ser tan extremo como las altas cumbres del Pirineo o el Sistema Ibérico. Así pues, las temperaturas medias para el verano se encuentran en torno a los 12-16°C, mientras en invierno descienden hasta los 2-4°C. Se trata de una región con inviernos bastante fríos, las temperaturas medias mínimas habitualmente se sitúan por debajo de los 0°C en los meses invernales.
- IV) Por último, el *clima de montaña* lo encontramos en las cumbres pirenaicas y las partes más elevadas del Sistema Ibérico. Las temperaturas medias para el verano apenas alcanzan los 10-12°C, y se sitúan por debajo de 0°C en invierno. Los inviernos en estas zonas son los más extremos, encontrando un promedio de las temperaturas mínimas que ronda los -6°C, con mínimas absolutas que en alguna ocasión han llegado a los -20°C.

En cuanto a las precipitaciones, si bien las regiones de alta montaña son más lluviosas, el territorio aragonés se podría caracterizar por la escasez pluviométrica, marcado, a su vez, con

un régimen de precipitaciones equinoccial, concentrándose en dos periodos máximos de lluvias: primavera y otoño, separados por verano e invierno secos.

Acorde con los datos de IDE Aragón (2022d), en los meses de verano casi 40.000 km² del territorio aragonés reciben en verano menos de 150 mm de precipitación, lo que conlleva un importante déficit hídrico y una elevada aridez. Por su parte, en invierno las zonas que registran más lluvias son, como cabe esperar, los Pirineos y el Sistema Ibérico, presentándose en forma de nieve, aunque sigue siendo un periodo sensiblemente seco, especialmente en la Depresión del Ebro, casi comparable al verano. Durante los meses de otoño es muy habitual la presencia de lluvias torrenciales (popularmente conocidos como gotas frías), pudiendo alcanzar los 100 mm en menos de 24 horas. Por último, la primavera es la estación con mayor presencia de precipitaciones, aunque igualmente es un periodo con fuertes contrastes, alternando periodos de estabilidad anticiclónica con sistemas frontales que generan precipitaciones.

Como se puede observar, Aragón es una comunidad con importantes contrastes en cuanto a su climatología. En la Figura 9 y Figura 10 se muestran los datos de temperatura y precipitaciones para la ciudad de Zaragoza (ubicada en pleno centro del Valle del Ebro) y Benasque, respectivamente (población pirenaica situada al Este de la cordillera).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. media (°C)	6,6	7,7	11,2	14,1	18,3	23,3	25,6	25,2	21,2	16,6	10,2	6,9
Temp. mínima (°C)	2,8	3,2	5,9	8,5	12,0	16,4	18,6	18,7	15,5	11,7	6,3	3,2
Temp. máxima (°C)	11,2	12,6	16,9	20,0	24,5	30,2	32,8	32,2	27,2	22,0	14,7	11,4
Precipitación (mm)	29	22	30	42	33	28	16	21	28	45	42	26
Humedad (%)	74%	65%	57%	54%	49%	43%	42%	44%	52%	62%	71%	74%
Días lluviosos	5	3	4	5	4	4	3	3	3	5	5	4

Figura 9. Registro de temperaturas y precipitaciones para el municipio de Zaragoza entre 1991 y 2021 (adaptado de Climate-Data, 2021a).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. media (°C)	-3,4	-3,8	-0,9	1,9	6,3	11,2	13,5	13,4	10,0	6,3	-0,2	-2,5
Temp. mínima (°C)	-6,8	-7,4	-4,9	-2,4	1,8	6,4	8,7	8,8	5,5	2,5	-3,7	-5,8
Temp. máxima (°C)	0,3	0,0	3,0	5,9	10,5	15,5	18,1	18,1	14,7	10,6	3,7	1,4
Precipitación (mm)	73	56	71	104	103	78	53	63	67	87	87	70
Humedad (%)	73%	77%	76%	77%	73%	67%	63%	63%	68%	74%	80%	71%
Días lluviosos	7	7	8	11	11	9	6	7	7	8	8	7

Figura 10. Registro de temperaturas y precipitaciones para el municipio de Benasque (Huesca) entre 1991 y 2021 (adaptado de Climate-Data, 2021b).

3.1.3. Densidad de población

En términos demográficos Aragón también presenta una acusada desigualdad a lo largo de todo su territorio (Figura 11). En este caso no está influida directamente por su clima y orografía (puesto que encontramos municipios de similares características repartidos por todo el territorio) sino marcada por las capitales de provincia y sus principales cabeceras comarcales, con densidades de población que frecuentemente superan los 200 hab/km², frente a un 70% de los municipios aragoneses inferiores a los 10 hab/km² (IDEAragón, 2022e). No hay más que fijarse en la ciudad de Zaragoza, con más de 680.000 habitantes (INE, 2021a), que concentra la mitad de la población aragonesa (~1.330.000 habitantes (INE, 2021b)), contrastando con ratios de despoblación muy elevados en muchas zonas de Aragón.

Teniendo en cuenta que la Unión Europea considera como despoblada una región cuando su densidad poblacional es inferior a los 8 hab/km², no resulta extraño encontrar a buena parte del territorio aragonés dentro del término acuñado como la “Siberia Española” (Rodríguez Labrado, 2017).

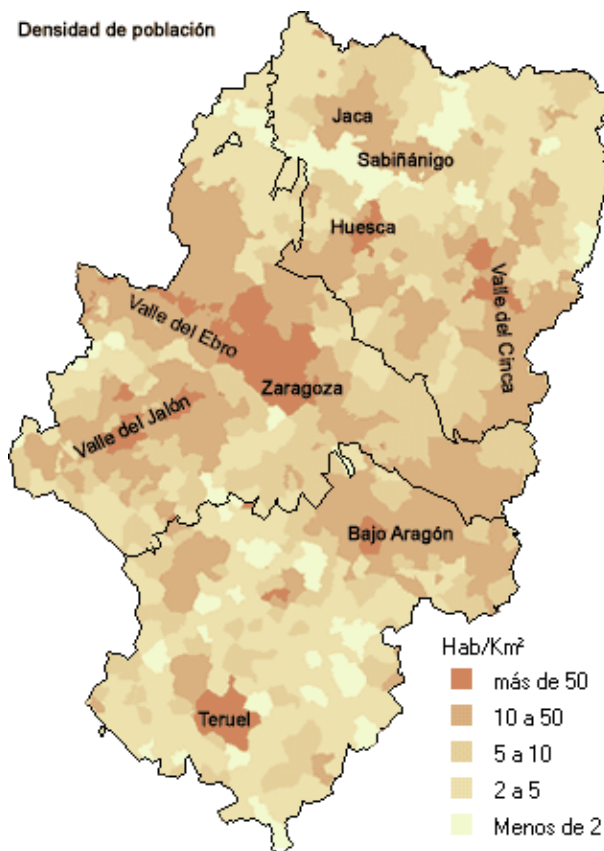


Figura 11. Mapa de la densidad de población en Aragón (InfoAragón, 2004).

Aragón cuenta con un total de 1.748 núcleos de población distribuidos entre sus 731 municipios. A escala provincial, la provincia de Huesca cuenta con 913 núcleos de población, lo que supone más del 50% de los núcleos aragoneses (IDEAragón, 2022f). Estas cifras se explican de la mano de las características que determinan el hábitat humano, especialmente en el Pirineo, conformado por una multitud de pequeños núcleos poblacionales muy dispersos entre sí. La provincia de Huesca presenta una densidad de población de 14,4 hab/km² (IDEAragón, 2022g).

Por el contrario, la provincia de Zaragoza cuenta con 487 núcleos de población (la mitad de los núcleos oscenses, aun a pesar de triplicar la población de Huesca). Por lo tanto, el modelo de hábitat en el Valle del Ebro y su entorno puede considerarse como el contrario al pirenaico, concentrando a la población en relativamente pocos núcleos. Así, la densidad es considerablemente superior, llegando hasta los 56,3 hab/km² (IDEAragón, 2022g).

La provincia de Teruel es la de menos núcleos de población, siendo solamente 348. Aunque en la actualidad sean muchos los núcleos de población que cuentan con un reducido número de habitantes (consecuencia directa del proceso de éxodo rural sufrido en la segunda mitad del siglo XX), el hábitat turolense es mayoritariamente concentrado, tanto en las montañas del sur como en las tierras llanas del bajo Aragón; sin embargo, su densidad de población apenas alcanza los 9,1 hab/km² (IDEAragón, 2022g).

3.1.4. Pequeños núcleos de población

A pesar de este elevado contraste entre los municipios aragoneses, si centramos la atención únicamente en el mundo rural (regiones donde cabe esperar un uso más prolongado del yeso tradicional, ya que la industrialización llegó más tarde que a las grandes ciudades) nos encontramos con una gran diversidad entre los pequeños núcleos de población pues se hallan repartidos a lo largo de todo el territorio de manera bastante homogénea.

En términos de altitud, en áreas pirenaicas existen varios municipios ubicados por encima de los 2.000 msnm, como el pueblo de Cerler (Figura 12a). Igualmente, en la provincia de Teruel los municipios ubicados sobre los altiplanos se encuentran frecuentemente en altitudes superiores a los 1.500 msnm (Figura 12b). La transición entre los valles de alta montaña y la depresión del Ebro dan lugar a municipios con altitudes medias entre 500 y 900 msnm, se identifican con zonas de los somontanos y algunas sierras ibéricas (Figura 12c). En el Valle del Ebro e igualmente en zonas de los Monegros y el bajo Cinca, nos encontramos municipios situados por debajo de los 400 msnm (Figura 12d-f) (IDEAragón, 2022h; IDEAragón, 2022i).

En lo relativo a las pendientes, es en el Pirineo, como era de esperar, donde nos encontramos con los municipios de pendientes más elevadas, llegando hasta los 65°. En las sierras del Prepirineo la pendiente media se encuentra entre los 15 y 20°. Los núcleos rurales más llanos se encuentran en el Valle del Ebro, en las cubetas de la Hoya de Huesca y en la zona oriental correspondiente al bajo Cinca, con pendientes incluso por debajo de los 3° (IDEAragón, 2022j).

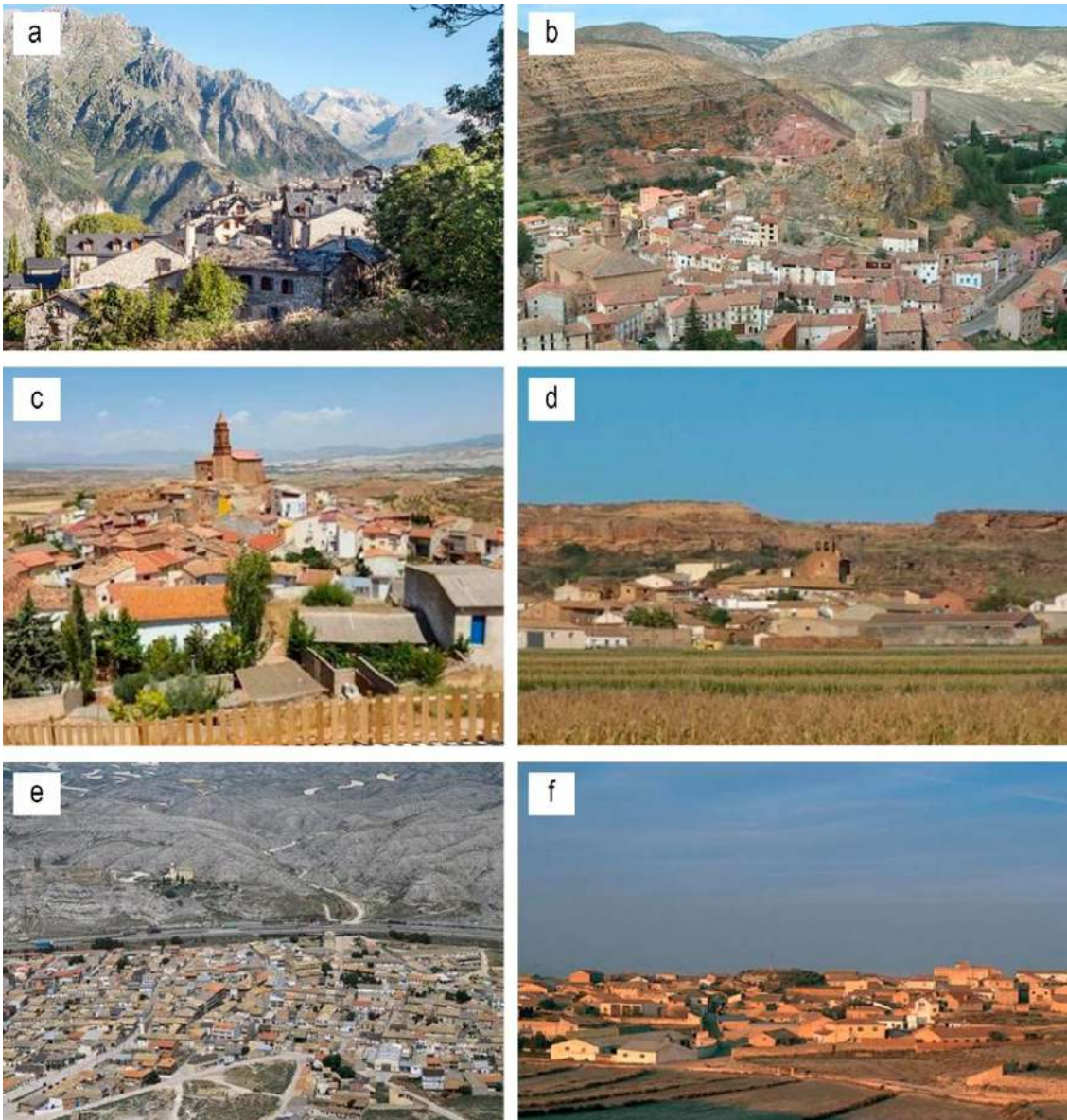


Figura 12. Algunos pequeños núcleos rurales de Aragón ubicados en diferentes paisajes: a) Pueblo de Cerler perteneciente al municipio de Benasque (Huesca) emplazado en el Pirineo (Grantotufo, s.f.); b) Villel (Teruel), encajado entre las laderas del río Turia (Ayuntamiento de Villel, s.f.); c) Olivés (Zaragoza) a los pies de una de las sierras del Sistema Ibérico (Ayuntamiento de Olivés, s.f.); d) Grañén (Huesca) ubicado en los Monegros (Os Monegros, 2015); e) Alfajarín (Zaragoza) (Montes de Alfajarín, s.f.); y f) Monegrillo (Zaragoza) (Excursiones Monegrillo, s.f.).

3.2. CONTEXTUALIZACIÓN GEOGRÁFICA: ESPAÑA COMO PRODUCTOR DE YESO

En la actualidad, el yeso es ampliamente usado en la construcción y es el sector que origina un mayor número de empresas productoras de la Unión Europea (Haneklaus et al., 2022). Con una demanda total de 57 millones de toneladas de yeso al año, el 94% de la producción se destina al sector de la construcción, repartidos entre:

- I) Manufacturación de placas de yeso laminado y cartón-yeso (51%);
- II) Producción de yeso para la construcción en la aplicación de revocos y enlucidos (26%);
- III) Producción de cemento (17%),
- IV) Tan solo un 6% restante destinado a la agricultura (Figura 13, izda.) (EU, 2020).

En Europa, actualmente la industria de yeso tiene un volumen de ventas de unos 7.700 millones de euros. Se encuentran operativas 154 canteras y 160 plantas de producción, que generan directamente empleo para 28.000 trabajadores e indirectamente para otras 300.000 personas. El número de instaladores de placas de yeso en la Unión Europea ronda los 1,1 millones, se estima que la industria forma alrededor de 25.000 personas al año (Marlet, 2018).

Como resultado de la importancia de la industria del yeso en la Unión Europea, las predicciones sobre el futuro del uso del yeso se pueden considerar bastante precisas, y generalmente está previsto que la demanda del yeso para la construcción en Europa permanecerá constante con un pequeño incremento entre el 0,5 y el 2% por año hasta 2030 (Figura 13) (Haneklaus et al., 2022).

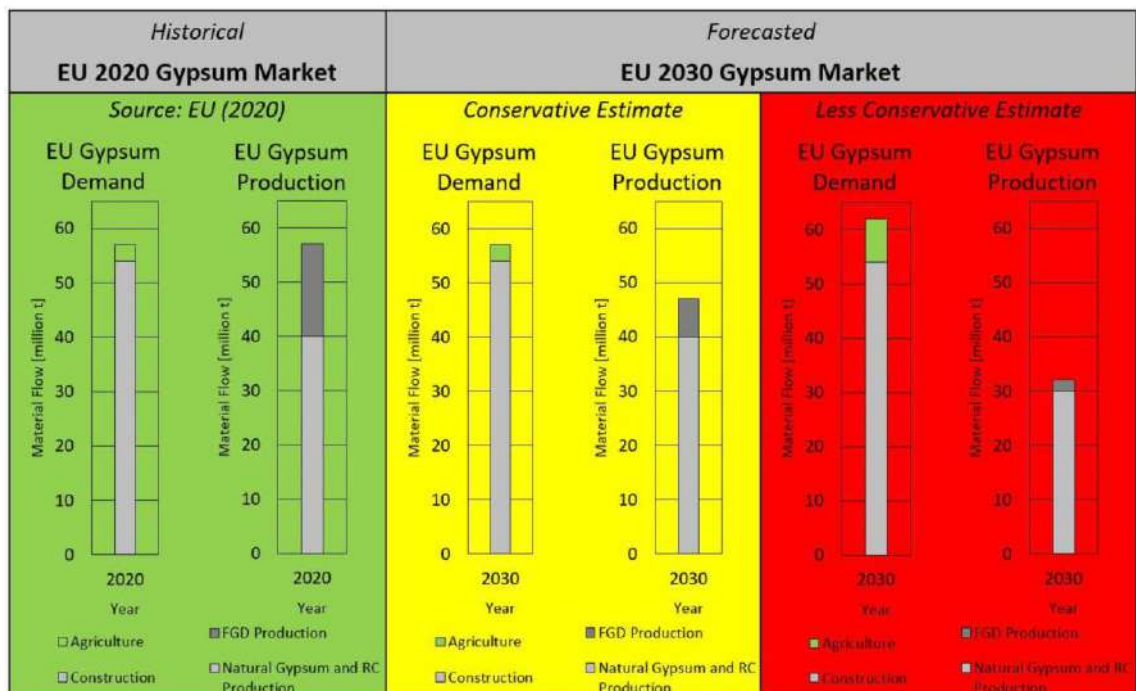


Figura 13. Columna verde: mercado de yeso en Europa en el año 2020 (demanda y producción: en millones de toneladas). Columna amarilla y roja: previsión y estimación del futuro mercado en Europa en el año 2030 (estimación conservativa y estimación menos conservativa) (Haneklaus et al., 2022).

Sin embargo, la demanda de yeso para la construcción prevista para el año 2040 se estima en 53,8 millones de toneladas (Lyar y Harlieb, 2019), manteniéndose casi igual a los 57 millones de toneladas demandados en el año 2020 (EU, 2020). Además, la futura demanda de yeso para la agricultura en el año 2040 podría alcanzar los niveles del uso actual en la construcción, pudiendo ser necesario para el sustrato, por el esperado incremento de la salinización debido al cambio climático. Esto provocaría un aumento de la demanda de yeso que la producción no podría cubrir. Según las predicciones, para el año 2030 podría haber un agujero en la demanda de entre 10 y 30 millones de toneladas de yeso (Lyar y Harlieb, 2019), reforzando la necesidad de continuar en las líneas de investigación generadas por Pinheiro y Camarini (2015), Suárez et al. (2016), Erbs et al. (2018), Weimann et al. (2021) y Geraldo et al (2017) para reciclar los residuos de yeso de la construcción a través de procesos químicos y cubrir este déficit.

En concreto, España es uno de los más importantes productores de yeso del mundo, situándose como quinta potencia mundial en la producción de yeso y primera mayor de Europa según los datos de 2019 (Figura 14) (Reichl et al., 2014).

La producción española, si la medimos en relación con la superficie del país, sobrepasa de manera considerable a la de naciones como Estados Unidos, un país que solamente duplica la obtención de yeso teniendo hasta 20 veces más superficie. A nivel europeo, su producción casi triplica los números de Alemania que se posiciona en segundo lugar (Tabla 1) (IGME, 2022a).

PESO RELATIVO EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE YESO EN 2019

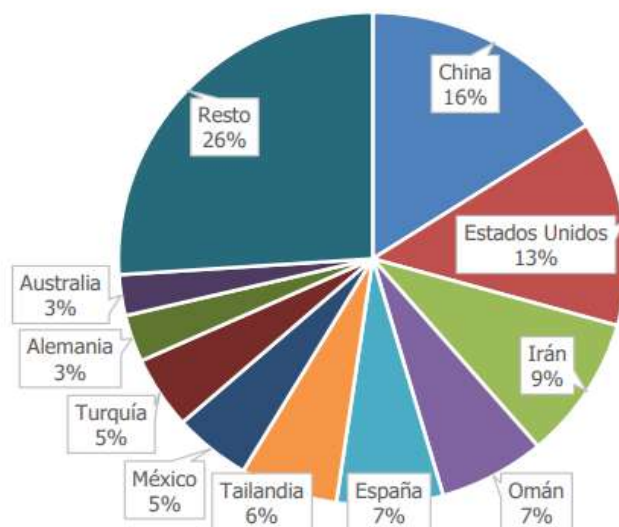


Figura 14. Producción mundial de yeso en el año 2019 (IGME, 2022b).

Tabla 1. Producción minera de yeso desde el año 2012 hasta el 2016 en Europa (adaptado de IGME, 2022a).

País (t)	2012	2013	2014	2015	2016
EU(28)	21.919.236	22.255.714	24.830.395	18.398.449	21.417.803
España	6.359.923	7.388.699	6.925.120	7.403.767	8.770.650
Alemania	2.653.906	2.417.125	2.699.775	2.574.312	3.970.000
Francia	3.685.000	3.455.000	3.279.000	1.807.978	1.734.975
Reino Unido	1.700.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
Polonia	1.227.900	1.084.560	1.052.470	1.018.450	1.043.000
Rumanía	879.000	736.100	815.586	888.746	890.000
Grecia	621.329	760.000	664.288	649.280	777.990
Chipre	327.800	315.000	347.600	471.885	682.024
Austria	791.961	635.299	729.892	715.195	674.346
Italia	2.563.000	3.163.273	5.886.650	571.730	617.188
Portugal	264.427	299.038	328.730	309.966	310.000

La obtención y producción de yeso en España fue en aumento desde los años 90 hasta 2006, momento en el que alcanzó la cima con un máximo de 15,3 millones de toneladas y un total de 92 canteras activas (MINETUR, 2012), liderando la producción europea y situándose en el tercer puesto en el mundo. En este momento la producción de yeso descendió considerablemente con el comienzo de la crisis financiera (Herrero et al., 2013), en comparación, en el año 2010 se produjeron 7 millones de toneladas de 101 canteras activas (MTED, 2012). Aunque en los años

posteriores su producción se vio disminuida, alcanzó otro pico en el año 2020 con una producción de 13,3 millones de toneladas (MTED, 2022).

Además, España es también un importante exportador de este material, con más de la mitad de su explotación vendida al extranjero desde el año 2012, superando el 60% de volumen exportado desde el año 2018 (Tabla 2) (IGME, 2022a), siendo además el tercer país en el mundo en beneficios de exportación de yeso en el año 2020, con más de 120 millones de euros solamente por detrás de Tailandia y Alemania (OEC, s.f.).

Tabla 2. Usos de la producción de yeso en España desde el año 2012 hasta el año 2020 (adaptado de IGME, 2022b).

(% del total)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Exportación	47%	50%	55%	57%	56%	57%	61%	61%	65%
Yesos (escayolas, paneles...)	45%	44%	37%	32%	32%	34%	29%	32%	26%
Fabricación de cementos	8%	6%	7%	7%	8%	6%	4%	5%	6%
Otros destinos	0%	0%	0%	3%	4%	3%	4%	2%	2%
Fertilizantes	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	1%
Fabricación de cales	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hormigones, morteros...	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Cargas (papel...)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Agricultura, jardinería...	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Las reservas españolas de yeso son abundantes y un buen conocimiento de la ubicación de las reservas de mineral permite establecer mejores estrategias de explotación. Riba Arderiu y Macau Vilar (1962), a partir de los datos del Plan Nacional de Yesos, estimaron que el área total en España ocupada por materiales yesíferos suponía un 7,2% del total. Además, establecieron un área que denominaron “la España yesífera (o yesosa)”, que ocupaba el 58,5% de la superficie de España (Figura 15), la mayor parte localizada en la mitad oriental del país, además de las provincias de Asturias, Palencia, Valladolid, Córdoba, Sevilla, Málaga y Cádiz, englobaba la zona de España donde era posible encontrar afloramientos de materiales yesíferos (Gárate Rojas, 1999; La Spina y Grau Jiménez, 2017).

Un estudio más reciente (Escavy Fernández et al., 2012), gracias en parte a la aparición de gran cantidad de información detallada sobre la geología de España y en particular sobre las zonas yesíferas, parece indicar, sin embargo, que el área ocupada por materiales yesíferos, de unos 21.077 km², supone el 4,2%, valor que difiere de manera significativa con el aportado por Riba

Arderiu y Macau Vilar (1962). Se estima además que las reservas de yeso en España alcanzan los 60.000 millones de toneladas (Regueiro y Calvo Sorando, 1997), de las cuales casi la mitad se sitúan en Aragón.

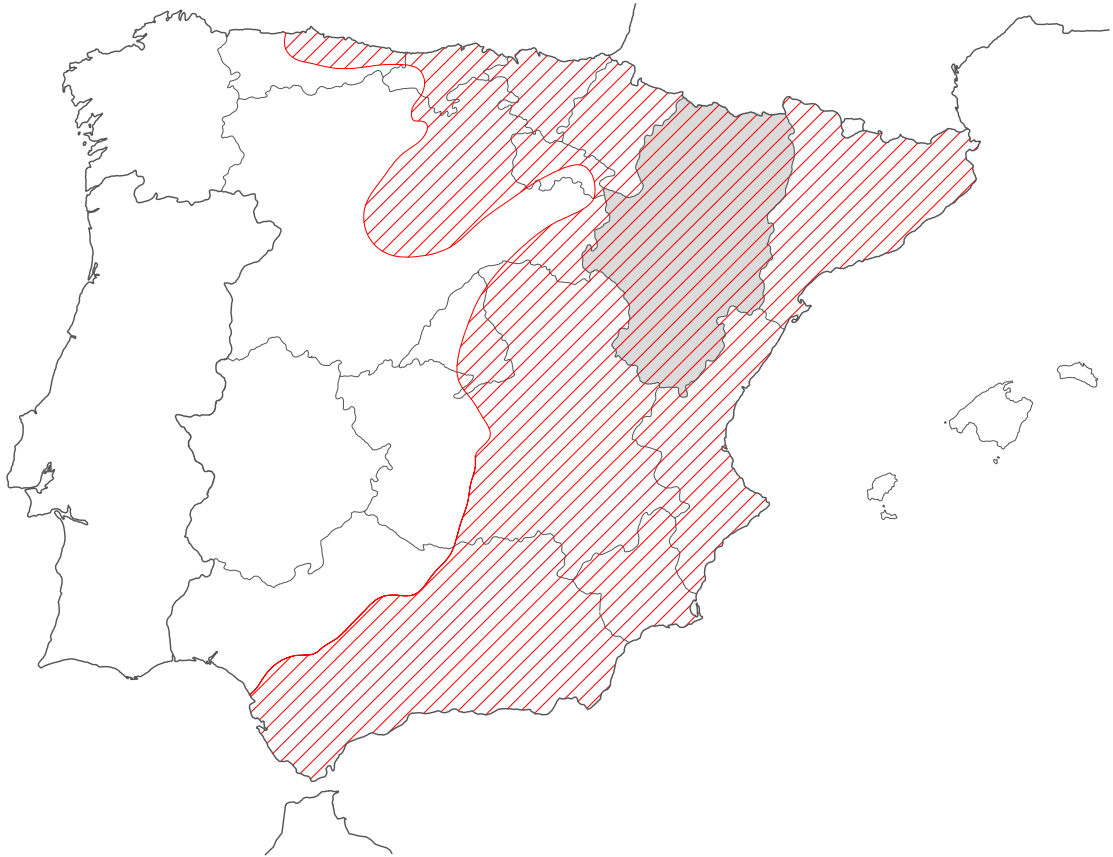


Figura 15. Aragón en la "España yesífera" (adaptado de Riba Arderiu y Macau Vilar, 1962). Elaboración propia.

Los yacimientos evaporíticos conservados en España datan de la época del Cámbrico hasta el Cuaternario. Según Escavy Fernández et al. (2012), las evaporitas se forman por precipitación química de salmueras naturales, ya sea de origen marino o continental. Los vestigios evaporíticos más antiguos del registro geológico español se han descrito en materiales carbonatados, como yeso y pseudomorfos de anhidrita, en depósitos cámbricos de la cuenca Cantábrico-Ibérica (norte de España) (Escavy Fernández et al., 2012).

La primera formación evaporítica debidamente identificada en España se encuentra en los depósitos del Triásico que caracterizan el centro y norte de Europa. En España, las evaporitas de esta edad aparecen en la parte oriental de la Península Ibérica. Durante el Jurásico Inferior y

el Cretácico, los afloramientos se concentran hacia las partes central y oriental de la Península. Posteriormente en el Cenozoico encontramos acumulaciones de evaporitas más gruesas y anchas, produciéndose un gran porcentaje de la superficie total de yeso en este periodo, con unos 13.600 km². Finalmente, en el Cuaternario, las condiciones evaporíticas son comunes en muchas regiones de España, principalmente en la cuenca del Ebro y en la zona de La Mancha (Escavy Fernández et al., 2012).

En este amplio territorio ya existen estudios que demuestran el papel protagonista del yeso en la arquitectura tradicional de las distintas regiones de España, ligado estrechamente a los afloramientos yesíferos, como son: Aragón, Cataluña, toda la costa del Levante, regiones interiores como Cuenca y Albacete y la zona de Andalucía oriental (García Grinda, 1998; Gárate Rojas, 1999; Sanz Arauz y Villanueva Domínguez, 2004; Vegas et al., 2010; Rubio Domene, 2010; Marín Sánchez, 2014; La Spina, 2019; González Sánchez et al., 2020).

HIPÓTESIS CRONOLÓGICA DEL USO Y APLICACIÓN EN OBRA DEL YESO TRADICIONAL

Mediante este apartado se desarrolla el Objetivo Específico 1, dando respuesta a las preguntas “dónde” y “cuándo” se usaba el yeso tradicional en el mundo y en particular en Aragón, estudiando a fondo la versatilidad de sus aplicaciones constructivas y su uso histórico, ofreciendo una perspectiva amplia en el ámbito histórico mediante una hipótesis cronológica y en la aplicación que tuvo en obra en los distintos municipios de Aragón, cuantificando por primera vez la versatilidad de las técnicas constructivas en cada municipio, analizando la influencia de la gran variabilidad climática, pluviométrica y poblacional, teniendo municipios situados desde los 100 hasta los 1.500msnm con poblaciones desde los 2 hasta más de 600.000 habitantes.

4.1. MATERIALES Y MÉTODOS

En relación con el Objetivo Específico 1, la metodología aplicada se ha establecido con el principal propósito de recopilar la mayor cantidad de información posible, para garantizar la validez y veracidad de la misma y asegurar mediante este trabajo que el conocimiento relacionado con el yeso tradicional y su tecnología de fabricación pueda tener una continuación en las próximas generaciones. Para ello, se ha establecido una doble metodología que combina revisión bibliográfica y el estudio de documentación histórica existente, investigación etnográfica mediante visitas y entrevistas y el análisis técnico-constructivo, dando un enfoque multidisciplinar a la investigación.

Por un lado, la revisión bibliográfica ha sido clave a la hora de recopilar información relativa al yeso tradicional y las técnicas de elaboración, habiéndose podido localizar 24 publicaciones históricas 116 publicaciones locales.

Por otro lado, se ha obtenido información de primera mano de gran valor (en aquellos casos en los que no se encontraba publicada) por medio de las visitas realizadas a 150 municipios aragoneses y de los testimonios de 88 antiguos trabajadores del yeso a través de entrevistas que, aunque se centran en conocer aspectos relacionados con la tecnología tradicional de elaboración del yeso (concerniente al Objetivo Específico 2), proporcionaron también información de gran valor sobre la aplicación del yeso tradicional en los diferentes municipios. Todo ello se pudo corroborar y complementar con la posterior cocción experimental en dos hornos tradicionales (apartado 6.3.1) y una serie de aplicaciones experimentales de yeso tradicional en obra (apartado 6.3.2).

De esta manera, el flujo de búsqueda de información se ha seguido según el esquema que se muestra en la Figura 16:

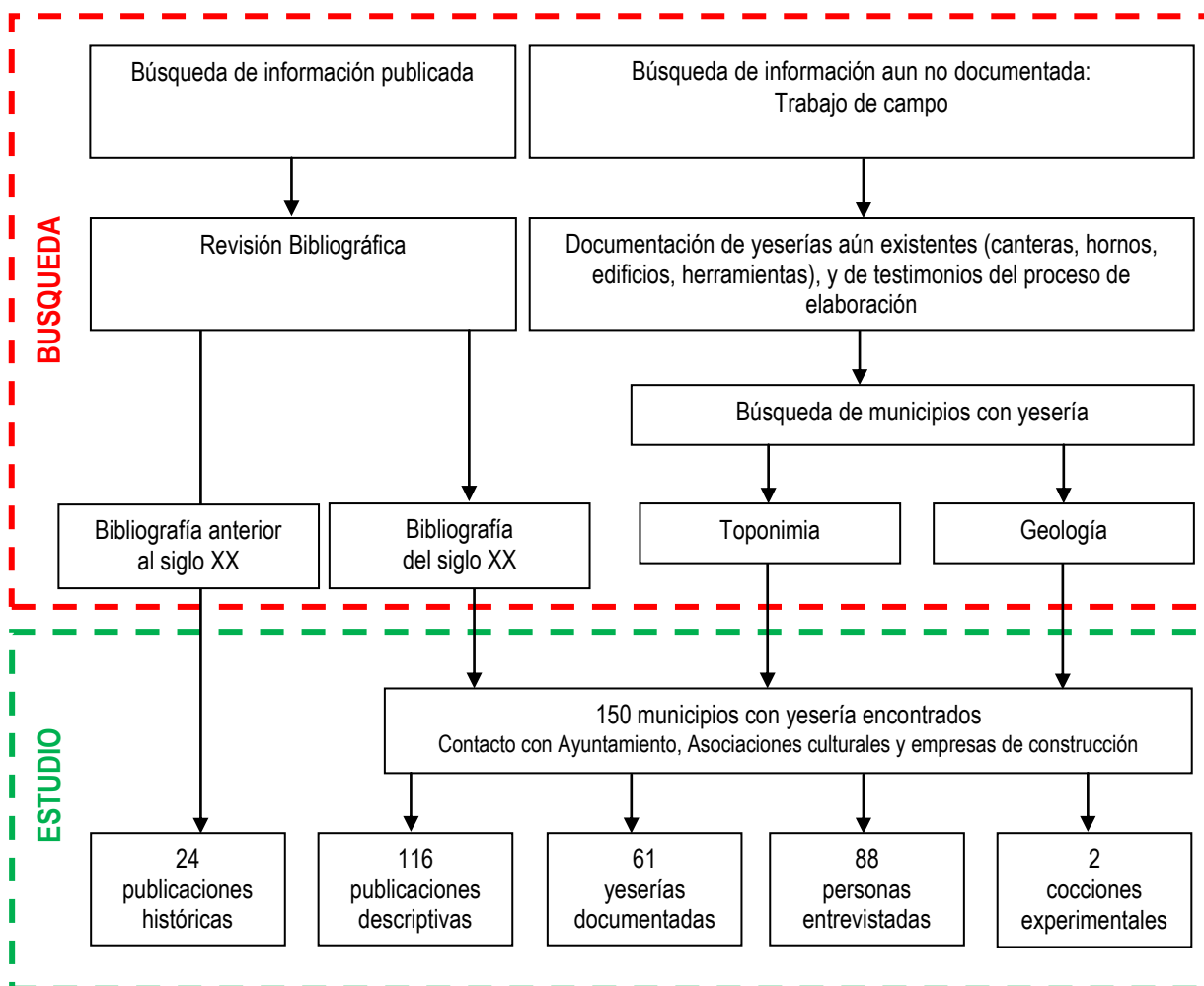


Figura 16. Flujo de información entre las distintas fases de la investigación. Elaboración propia.

4.1.1. Revisión bibliográfica

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases electrónicas y en las plataformas de internet de trabajos de investigación (libros, artículos científicos, documentales etnográficos, registros, notas, revistas locales, blogs, vídeos) relacionados con el yeso en Aragón. Adicionalmente, se estudiaron las referencias y bibliografía de los trabajos encontrados. Se recompilaron 24 publicaciones de carácter histórico (anteriores al siglo XX) y 116 publicaciones locales de escaso interés científico en las que se encontró información sobre el proceso de fabricación del yeso tradicional en 89 municipios (se pueden consultar en el Anexo III).

4.1.2. Información no documentada. Obtención de información sobre yaserías aún existentes (canteras, hornos, edificios productivos, herramientas) y testimonios del proceso de elaboración

Para estudiar la información aun no documentada relativa al yeso tradicional, ha sido necesario trabajar y generar un volumen representativo de datos a través de dos fuentes principales de información que permitieron conocer de manera empírica los distintos aspectos del yeso tradicional en numerosas regiones de Aragón: visitas de campo "in situ" a municipios y antiguas canteras y testimonios de antiguos trabajadores del yeso.

Por un lado, la metodología aplicada en esta fase de la investigación consistió en investigar un gran número de municipios repartidos por las diferentes zonas del territorio aragonés, los cuales han sido investigados mediante visitas de campo para extraer información "in situ".

Para la identificación de los municipios a estudiar, puesto que cualquier criterio de búsqueda aleatoria puede ser cuestionado y alterado, asimismo de tener en cuenta los municipios identificados en la bibliografía localizada descrita anteriormente, se procedió a realizar una primera búsqueda geológica superponiendo los planos que documentan las afloraciones yesíferas (Escavy Fernández, 2013) y el mapa de Riba Arderiu y Macau Vilar (1962) adaptado por Sanz Arauz (2009) sobre el plano de municipios aragoneses; ello permitió identificar las poblaciones situadas sobre grandes afloraciones yesíferas y en consecuencia con una alta probabilidad de disponer de yaserías. De esto se deriva un considerable número de municipios susceptibles de haber elaborado yeso según la manera tradicional hasta mediados del siglo XX.

Paralelamente, a través de la base de datos catastral se efectuó una búsqueda de los municipios aragoneses que todavía mantienen nombres de: avenidas, calles, plazas, caminos y parajes que denoten una relación entre el municipio y la producción de yeso. Por ejemplo: Camino de las Yaserías, Calle de los Aljezares... Los términos de la búsqueda fueron: "yeso", "aljez", "cheso", "yasería", "aljecería", "aljezar", "aljecera", "chesería", "yesero", "estuco", "hornero".

Como resultado, se ha obtenido un listado con un total de 150 municipios que se han investigado (Tabla 3) repartidos en toda la geografía aragonesa desde el Pirineo hasta las regiones más al sur de Teruel, desde los lindes con Cataluña hasta la parte más occidental limítrofe con Castilla y La Rioja, entre los que se localizaron y estudiaron 61 antiguas canteras y yaserías en las cuales se fabricó el yeso tradicional, y de los cuales 89 de ellos fueron además documentados de manera bibliográfica con las publicaciones locales (Figura 17).

Tabla 3. Listado de los 150 municipios aragoneses investigados y documentados en fichas.

Huesca (35)		Teruel (43)		Zaragoza (72)			
1	Albelda	36	Aguaviva	79	Aladrén	115	Mequinenza
2	Alberuela de Tubo	37	Albalate del Arzobispo	80	Alfajarín	116	Miedes de Aragón
3	Alcampell	38	Albarracín	81	Almonacid de la Cuba	117	Monegrillo
4	Alcubierre	39	Andorra	82	Aniñón	118	Moneva
5	Almunia de San Juan	40	Azaila	83	Añón	119	Montón
6	Arguís	41	Bañón	84	Bardallur	120	Morata de Jalón
7	Azanuy - Alins	42	Barrachina	85	Belmonte de Gracián	121	Moros
8	Azlor	43	Belmonte de San José	86	Bisimbre	122	Moyuela
9	Bara	44	Burbáguena	87	Borja	123	Nuévalos
10	Ballobar	45	Calamocha	88	Bujaraloz	124	Paracuellos de Jiloca
11	Barbastro	46	Calanda	89	Bureta	125	Perdiguera
12	Benasque	47	Cañada de Verich	90	Cadrete	126	Pina de Ebro
13	Bielsa	48	Castel de Cabra	91	Calatayud	127	Pozuelo de Aragón
14	Candasnos	49	Castelnou	92	Caspe	128	Puebla de Albortón
15	Castejón del Puente	50	Castelserás	93	Chodes	129	Quinto de Ebro
16	Castillazuelo	51	Fortanete	94	Cuarte de Huerva	130	Ricla
17	Cofita	52	Galve	95	Daroca	131	Rodén
18	Fonz	53	Híjar	96	El Buste	132	Rueda de Jalón
19	Fraga	54	Jatiel	97	Farlete	133	San Mateo de Gállego
20	Gistaín	55	La Fresneda	98	Frescano	134	Sástago
21	Huesca	56	La Ginebrosa	99	Fuendejalón	135	Tauste
22	Lanaja	57	La Puebla de Híjar	100	Fuentes de Ebro	136	Terrer
23	Monzón	58	Libros	101	Fuentes de Jiloca	137	Tierga
24	Nueno	59	Linares de Mora	102	Gelsa	138	Tobed
25	Peraltila	60	Luco de Bordón	103	Herrera de los Navarros	139	Uncastillo
26	Plan	61	Martin del Río	104	Juslibol	140	Urrea de Jalón
27	Pozán de Vero	62	Más de las Matas	105	La Almolida	141	Valmadrid
28	Robres	63	Molinos	106	La Almunia de Doña Godina	142	Velilla de Jiloca
29	San Esteban de Litera	64	Monroyo	107	La Puebla de Alfindén	143	Villafeliche
30	San Juan de Plan	65	Montalbán	108	Las Pedrosas	144	Villamayor de Gállego
31	Sariñena	66	Navarrete del Río	109	Lécera	145	Villar de los Navarros
32	Tamarite de Litera	67	Noguera de Albarracín	110	Leciñena	146	Zaragoza
33	Torrallba de Aragón	68	Ojos Negros	111	Longares	147	Zaragoza (barrio rural: Alfocea)
34	Torrente de Cinca	69	Oliete	112	Magallón	148	Zaragoza (barrio rural: Peñaflo)
35	Yésero	70	Perales de Alfambra (Villalba Alta)	113	Maluenda	149	Zaragoza (barrio rural: Torrecilla de Valmadrid)
		71	Pozuelo del Campo	114	Mediana de Aragón	150	Zuera
		72	Teruel				
		73	Torre los Negros				
		74	Torrecilla del Rebollar				
		75	Tramacastilla				
		76	Urrea de Gaen				
		77	Villanueva del Rebollar				
		78	Villel				

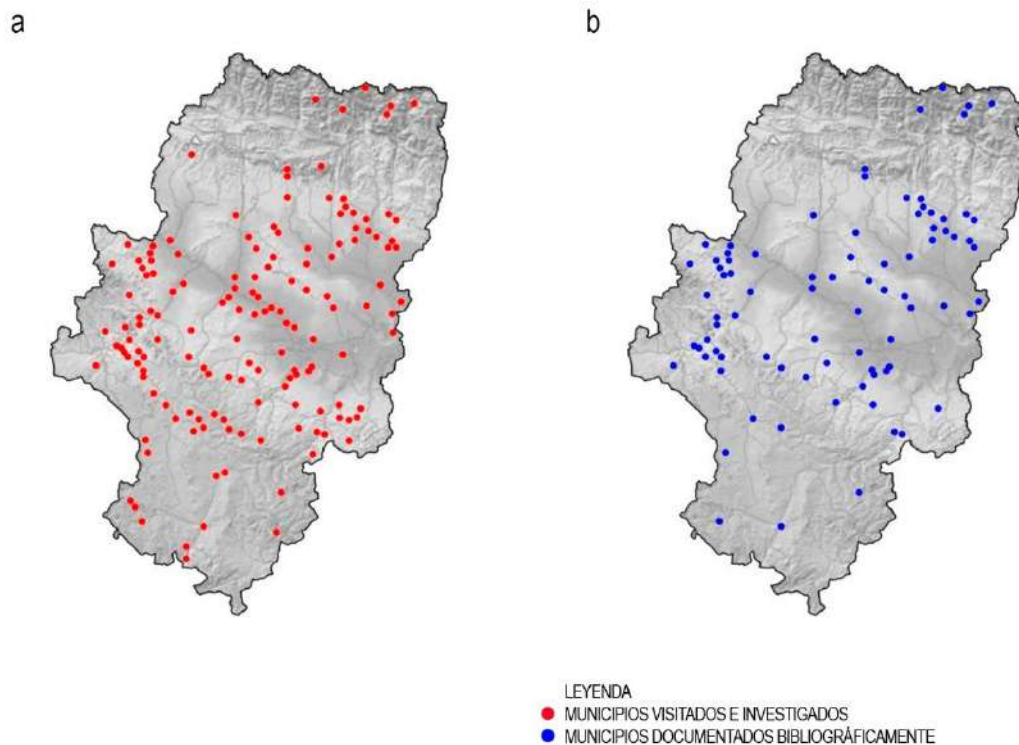


Figura 17. Mapa de la Comunidad Autónoma de Aragón: a) mostrando los 150 municipios visitados e investigados; b) mostrando los 89 municipios documentados bibliográficamente. Elaboración propia.

En este punto concreto de la investigación, donde el número de municipios visitados cobra una elevada importancia para poderse definir como una muestra suficientemente representativa, conviene matizar el enfoque seguido en el estudio. En las ciencias sociales, al realizar un estudio de población, existen dos ramas de la ciencia que responden a dos enfoques diferenciados: la sociología y la antropología. Aunque intelectualmente son vistas como ciencias hermanas, lo cierto es que existen profundas diferencias entre ellas (Bennett y Wolff, 1955).

En este apartado se ha seguido un enfoque combinado; se estudia desde un enfoque antropológico, basado en datos cualitativos, derivados principalmente de la observación, por lo cual se profundiza en lo significativo, pero se combina con lo representativo. Así, la metodología aquí empleada tiene también un enfoque sociológico, busca resultados cuantitativos, por medio de una objetividad relativa, a través de la suma de los muchos ejemplos estudiados.

El análisis sociológico debería partir de una muestra de un tamaño relativamente apropiado (Gómez y Gómez, 2019) seleccionando municipios que representen al conjunto, por lo que se han seleccionado municipios con gran variabilidad geográfica, desde el Pirineo hasta Los Monegros o el Valle del Ebro (Figura 17), seleccionando además municipios con una población mayor: las tres capitales de provincia (Huesca, Zaragoza y Teruel) y municipios superiores o

cercanos a los 10.000 habitantes (Barbastro, Fraga, Monzón, Calatayud, Caspe, La Almunia de Doña Godina o Zuera).

Por lo tanto, según la teoría del muestreo probabilístico es posible calcular la precisión (margen de error), con un nivel de confianza predefinido que habitualmente se establece en un 95% (Pértega Díaz y Pita Fernández, 2003), según la siguiente fórmula:

$$\text{Margen de error } (e) = \sqrt{\frac{\frac{z^2 \sigma^2 N}{n} - z^2 \sigma^2}{N - 1}}$$

Donde

z es una constante que depende del nivel de confianza predefinido: a un nivel de confianza del 95% le corresponde un valor de z de 1,96 (Pértega Díaz y Pita Fernández, 2003).

σ representa la desviación estándar de la población; si es desconocido se utiliza un valor constante que equivale a 0,5.

n es el tamaño de la muestra poblacional a obtener (150 municipios).

N es el tamaño de la población total (731 municipios).

Así pues, según la fórmula matemática desarrollada, Aragón cuenta con un total de 731 municipios en sus 33 comarcas (IDEAragón, 2022f), de modo que de los 150 municipios estudiados el margen de error de los resultados obtenidos se situaría en un $\pm 7\%$.

Habiendo confeccionado el listado con los 150 municipios seleccionados para investigar, se procedió a realizar las visitas de campo, que se llevaron a cabo de dos formas distintas. En primera instancia se recorrieron físicamente "in situ", con una cámara fotográfica para acceder a tomar imágenes de los sistemas constructivos ejecutados con yeso más habituales del municipio, comenzando por el casco histórico, la zona más susceptible de contener construcciones realizadas con yeso, y recorriendo el municipio hacia la periferia para visitar las construcciones agrícolas antiguas.

En segunda instancia, se recorrieron los mismos municipios con la herramienta Google Maps / Street View, pues en muchos de los pueblos se accedía a recorrer su estado en el año 2008, observando varios edificios en un estado no intervenido/derribado, y posibilitando así obtener aún más información.

Las visitas a los municipios se realizaron contactando con los ayuntamientos, asociaciones culturales, centros de estudio, etnógrafos y empresas relacionadas con el sector de la construcción con la intención de, además de investigar las aplicaciones de yeso en los edificios, poder localizar la ubicación de las canteras de yeso y obtener el contacto de las 88 personas que fueron paralelamente entrevistadas.

Por otro lado, se han llevado a cabo una serie de entrevistas semiestructuradas, cuya información más relevante se sintetiza en el Anexo II. En total se entrevistaron a 88 antiguos albañiles y trabajadores del yeso (Tabla 4), en algunos casos dueños de compañías, que estuvieron activos entre 1935 y 1980.

Las entrevistas se estructuraron de modo que ofrecieran una extensa información aplicable a los distintos apartados del trabajo, ya que incluían preguntas sobre la aplicación en obra del yeso y sus usos más frecuentes, pero también se buscaba información que permitiera describir el proceso de fabricación del yeso y sus variaciones (que corresponde al Objetivo Específico 2).

Estas entrevistas se confeccionaron según una plantilla base de preguntas fundamentales dirigidas a las personas entrevistadas, estableciendo así una misma pauta para todas las consultas, lo cual facilitó la recopilación de la información. Esta plantilla con la totalidad de las preguntas realizadas a cada entrevistado se puede consultar en el Anexo IV.

Se comenzaba con cuestiones generales (a qué se dedicaba, cuántas familias se dedicaban a fabricar yeso, secuencias de trabajo, o fechas en las que se realizaban las cocciones, entre otras), siguiendo con preguntas acerca del proceso de extracción y la cantera, transporte, construcción y tipo de hornos, cocción y material empleado para la combustión, enfriado, triturado, y almacenaje y ensacado.

Adicionalmente, las personas entrevistadas estuvieron presentes también durante numerosas visitas a los municipios descritos anteriormente, contribuyeron a identificar de primera mano los edificios de yeso, algunos de los cuales habían sido realizados por ellos mismos o familiares cercanos, otorgando un testimonio descriptivo de gran valor para los resultados de la investigación en curso.

Tabla 4. Listado de los 88 antiguos trabajadores del yeso entrevistados.

Huesca (15)		Teruel (24)		Zaragoza (48)			
1	José Miguel Seira (*)	17	Antonio Meda (*)	42	Alfredo Sancho	66	Isidoro Murillo Escuer
2	Emilio Durany	18	Andrés Millán	43	Carlos Balaga	67	Constan
3	Jesús García y Surta García	19	Juan Lorenzo	44	Miguel Zardoya	68	Félix Rivas
4	Urbez Grasa	20	José Paracuellos	45	Carmelo Used	69	Paco Mercado
5	Sebastián Grasa	21	Pepe Rodrigo	46	Marcos Escanilla	70	Enrique Bordonaba Almalé
6	Manuel Chavarría Val	22	Francisco Martín	47	José María Juez Martínez	71	Fermín Marcén
7	María José Fontanet Bardaji	23	Emilio Benedicto	48	José Lozano Navarro	72	Félix Bolea Almalé
8	Antonio Mariñoso Cantarelo	24	José Miguel (Yesos Brumos)	49	José Luis Soria Navarro	73	Ramón Laboreo
9	Carlos Fernández	25	Antonio Montañés Montañés	50	María Sol González Cayeja	74	Jesús Juan Lacambra
10	Anael Rosales Besne	26	Eduardo Montañés Casanova	51	Ángel Miñana	75	Estibaliz López
11	Joaquín Viudas	27	Jesús Herrero	52	Toño (Chodes)	76	Jaime Carbonell
12	"Joseret"	28	Ramón Celma (padre)	53	Yesos Díaz Ibáñez en Cuarte de Huerva	77	José Pola Pola (*)
13	Rubén Tremps Bagué	29	Antonio Aguilar	54	Alfredo Ramiro Calvo	78	Jesús Yague Sanz
14	José Miguel Pesqué	30	Hermanos Ortiz Saura	55	Moisés Antonio Julve Gibanel	79	Eduardo Lavilla Francia
15	Pedro Aguilá Farré	31	Francisco Bosque	56	Valentín Alierta Orduño	80	Fernando Anadón Lahoz
16	Teodoro García	32	Félix Daroca	57	Javier Moreno Lizaga	81	Jorge Olano
		33	José Bello Polo	58	José Miguel Aznar	82	José Luis Ona
		34	Raúl Gimeno Marco	59	Jesús Pinos	83	Héctor Arcusa
		35	Vincenzina La Spina	60	Manuel	84	Jesús Calvo Prisco
		36	Dolores Ortín Azuara	61	Luis Marcén	85	Colón: Fábrica Colón y Jaraba en Zuera
		37	Ignacio Lechón	62	Domingo y Juan José Marcén y su familia	86	Pepe de Buen
		38	José Lechón	63	Ambrosio Solanas	87	Fábrica del Colorado en Zuera
		39	Esteban López	64	Jesús Gil Alejandro	88	Fábrica de yeso de Alceda
		40	Natalio (Villalba Alta)	65	Andrés Didios		
		41	Maximino Malo				

Una vez que toda la información concerniente a un municipio hubo sido analizada, procedente tanto de las visitas como de las entrevistas semiestructuradas, se elaboró una ficha para cada uno de los 150 municipios, clasificando los distintos usos y técnicas constructivas de manera generalizada (Figura 18). Nunca se recogieron los resultados excepcionales o los casos puntuales (por ejemplo, municipios en los que solo se pudiese identificar un elemento de yeso), sino que se han tratado desde una perspectiva más global haciendo lo posible por obtener conclusiones globales tras el recorrido completo de cada municipio. Estas fichas de síntesis han resultado complejas de realizar, debiendo ser revisadas en paralelo al avance del trabajo, debido a que conforme avanzaba la investigación se localizaron en diversos municipios aplicaciones del yeso que obligaron a reformular la clasificación de usos y tipologías constructivas.

En cada uno de los municipios se ha estudiado por separado la utilización del yeso en la arquitectura popular y su utilización en la arquitectura monumental, pues las posibilidades económicas y los objetivos eran distintas para cada uno de los casos. Esta separación permite obtener unos resultados más representativos para cada municipio, así como para el análisis completo.

Las fichas han sido diseñadas y estructuradas con la finalidad de permitir un fácil entendimiento incluso para un lector poco especializado. Cada ficha tiene dos hojas: el anverso incluye toda la información de los usos del yeso en el municipio objeto del estudio; el reverso incluye varias de las fotografías consideradas más representativas de cada municipio, recogiendo con amplitud los sistemas constructivos más habituales en el lugar y detectando en algunos casos utilizations del yeso llamativas o de gran valor por su carácter singular. Para tener acceso a la totalidad de los datos recogidos en las fichas se puede consultar el Anexo I, donde inicialmente se muestran los datos de manera pormenorizada para cada uno de los municipios y al final del mismo se realiza una tabla resumen que permite la cuantificación que se desarrolla en el sub apartado de resultados que nos ocupa.

FICHA Nº 7		MUNICIPIO: BELMONTE DE GRACIÁN		PROVINCIA: ZARAGOZA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS				ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X	X	
		Decorativos				
	INTERIORES	Sencillos		X	X	
		Decorativos				
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			X	
		Detalles de ventanas y huecos		X	X	
		Cornisas y similares		X	X	
		Detalles decorativos		X	X	
	INTERIORES	Esculturas				X
		Detalles de ventanas y huecos				X
		Detalles decorativos			X	
		Molduras de paredes y techos			X	
SUELOS Y PAVIMENTOS				X		
TABIQUERÍA INTERIOR		UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
		REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
		REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir				
		Con revestimiento		X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenca		X		
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir				X
		Con revestimiento				X
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X	X		
	Con revestimiento		X	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			X		
	MUROS	De piedra de yeso en seco		X	X	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido				
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapiate)				
		Encofrado de yeso vertido		X		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS					
	CIMENTACIÓN					
	ARCOS					
	PILARES	Exentos				
Embebidos en muro						
CONTRAFUERTE						
PIEDRA	MAMPUESTO			X	X	
	LABRADA / CANTEADA					
	EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO						
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO						
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:						
Visita realizada:		noviembre 2008				
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Muntadas 16, c/ Santa Lucía 5 y 27, c/ José Calvo Sotelo 15 y 24, c/ Virgen 27				
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Palacio Parroquial Astigua				
Entrevistas realizadas:						
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)				



c/ Calvo Sotelo



c/ de la Virgen



Casa Palacio Parroquial s. XVII

Figura 18. Ejemplo de ficha elaborada. Municipio de Belmonte de Gracián (Zaragoza): anverso y reverso.

Cabe destacar en la metodología de identificación de los edificios con yeso un aspecto que limita el ámbito de estudio, por lo que se ha llevado a cabo una sistemática para el reconocimiento del yeso y así incrementar la precisión de los resultados obtenidos.

La probabilidad de reconocer los edificios y sistemas constructivos ejecutados con yeso es muy limitada y su identificación se ha realizado sobre todo a través de sus propiedades organolépticas, limitándose a los edificios no intervenidos ni alterados. Por lo tanto, únicamente han formado parte de esta investigación los edificios que conservan inalterado su estado original de construcción en su totalidad o, al menos, en una superficie suficientemente representativa.

La metodología de discriminación para verificar si el sistema constructivo en estudio estaba realizado con yeso o con otro conglomerante de aspecto similar (cal) se basó en la identificación organoléptica y en un sencillo ensayo de campo para no incurrir en errores.

Gracias a la experiencia adquirida con el avance del estudio fue paulatinamente más asequible diferenciar entre un revestimiento de cal, yeso o mixto a simple vista, lo que puede resultar difícil por tratarse de materiales de un tono blanco muy similar entre ellos y en el pasado el uso de estos dos materiales fue predominante hasta la aparición de materiales más modernos como el cemento, el cual es claramente identificable a simple vista por su tono grisáceo no ofreciendo posibilidad de confusión.

Por tanto, durante la elaboración de las fichas de los municipios estudiados, se utilizaron tres técnicas principales para discernir si el elemento constructivo era de yeso o de cal y si debía de ser incluido en el estudio o no:

- I) Planos de rotura. Por un lado, la notable diferencia de resistencia a flexión del yeso y de la cal permite diferenciarlos a simple vista, ya que el yeso es mucho más elástico y flexible que la cal (Almagro Gorbea, 1986). El mortero de cal tiene una resistencia a flexión inferior a 1 MPa, incluso para tiempos de curado de 1 año o superior (Lanas y Álvarez, 2006), mientras que normalmente la del mortero de yeso es superior a 4 MPa (García Santos, 1988). Cuando un revoco de estos materiales está mucho tiempo expuesto a la intemperie por acción de la humedad, dilataciones térmicas, deformaciones del muro por los esfuerzos, etc., comienzan a producirse unos movimientos, desprendimiento del soporte y desgastes que ocasionan lesiones en el revoco de la fachada. En el caso de la cal, el revoco se deshace en pequeños fragmentos, como si se estuviese arenizando (Figura 19a), mientras en los revocos de yeso se observan grandes fisuras, generando grandes paños o trozos de revestimiento

despegados de la fachada, pero todavía adheridos a la pared únicamente en un punto, retando a la fuerza de la gravedad sin llegar a caer, resistiendo gracias al buen comportamiento a flexión del yeso (Figura 19b-d).

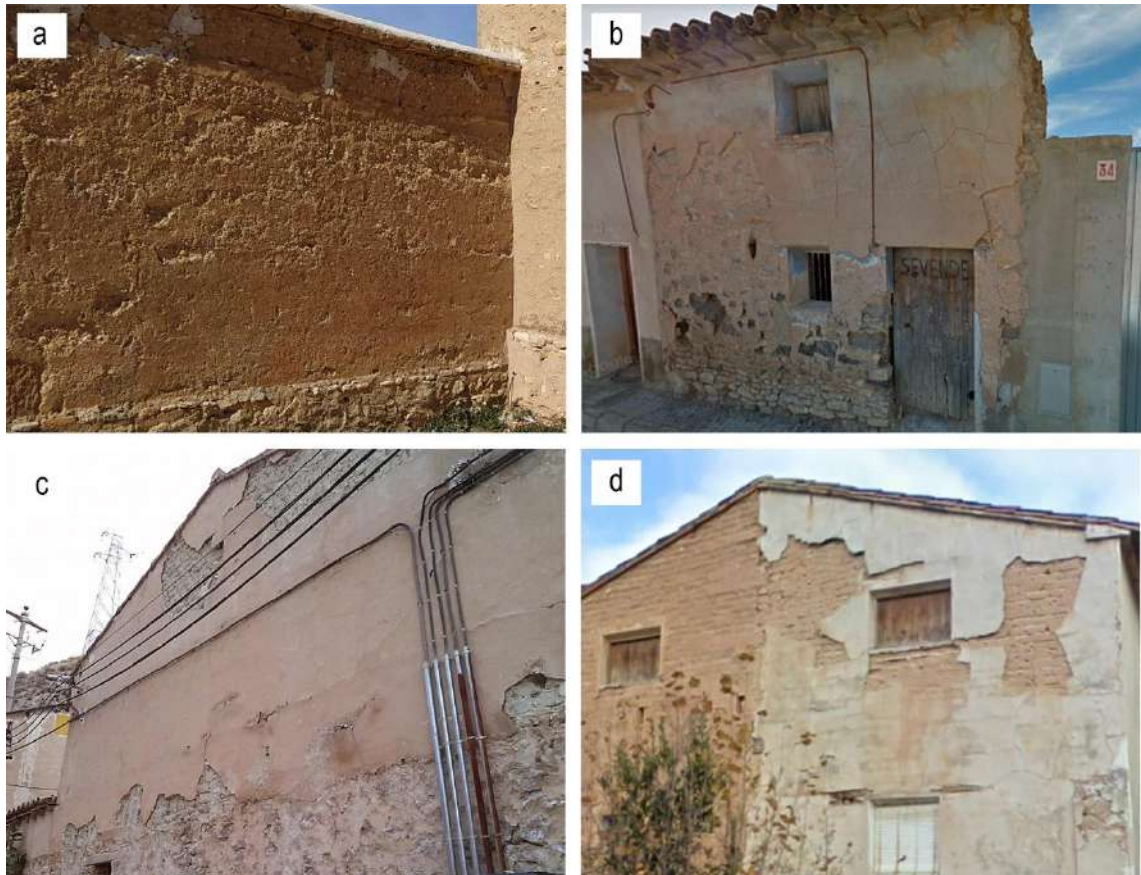
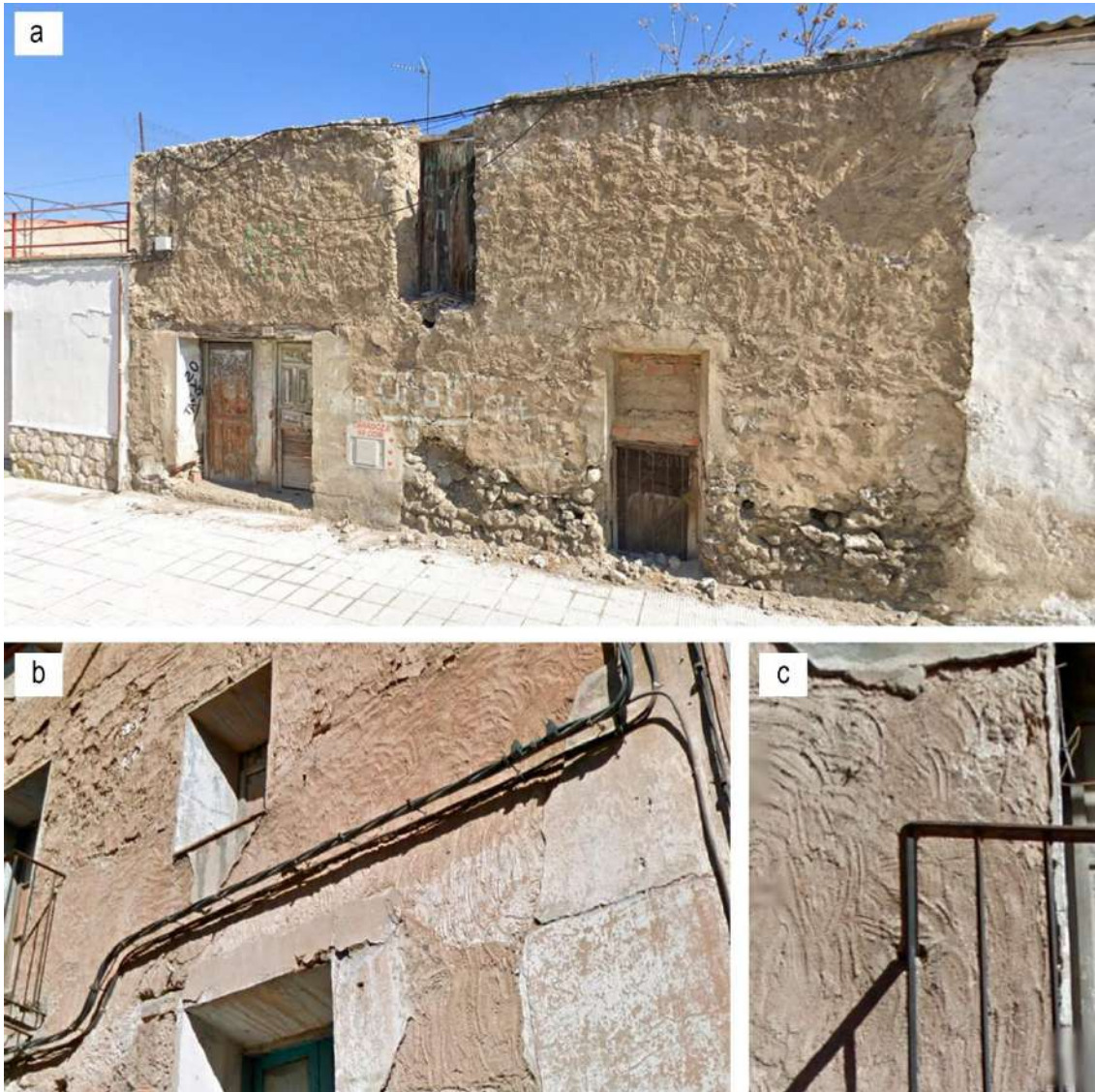


Figura 19. a) Desgaste típico producido en un revoco de cal en un muro de la Cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes en Sariñena (Huesca). Desprendimiento de revocos de yeso mediante paños de gran superficie en: b) una vivienda en C. La Iglesia en Lanaja (Huesca); c) una vivienda en Juslibol (Zaragoza); y d) una construcción en la C. Huertos de Fuentes de Jiloca (Zaragoza). Fotografías del autor.

- II) Textura de aplicación. Por otro lado, la cal tiene un elevado pH, puede alcanzar valores de 12,4 en el caso de la portlandita hidratada sin carbonatar (Pesce et al., 2014) frente al 7 del yeso. Este hecho convierte a la cal en un compuesto muy dañino para la piel humana, puede resecarla, agrietarla y causar heridas si la exposición es continuada (Holmes y Wingate, 1997), por ello antiguamente era obligado el empleo de llanas o paletas para trabajar la cal, sobre todo al no haberse comercializado todavía guantes de plástico para la protección de las manos.

En cambio, el yeso tiene un pH muy similar al de la piel humana y no resulta dañino en absoluto, independientemente del tiempo de exposición, por lo que permite su aplicación con las manos al descubierto. Por ello, la presencia de huellas de manos en las

fachadas que han extendido el revoco es el indicativo inequívoco de estar el revestimiento constituido con yeso (Figura 20). Esto fue especialmente evidente en las construcciones de entidad menor (almacenes, garajes, construcciones agrícolas), donde las familias no contrataban a albañiles, sino que eran erigidas por los mismos propietarios, quienes en muchas ocasiones no disponían de llanas o paletas para la aplicación de los revestimientos de yeso y se veían forzados a extenderlo con las manos. Esta antigua técnica de aplicación de yeso con las manos se ha podido constatar en un gran número de los municipios investigados de Aragón (Figura 20a-c), pero también en otras regiones pertenecientes a la “España yesífera”, como es el caso del municipio de Caudete de las Fuentes (Valencia) (Figura 20d-e).



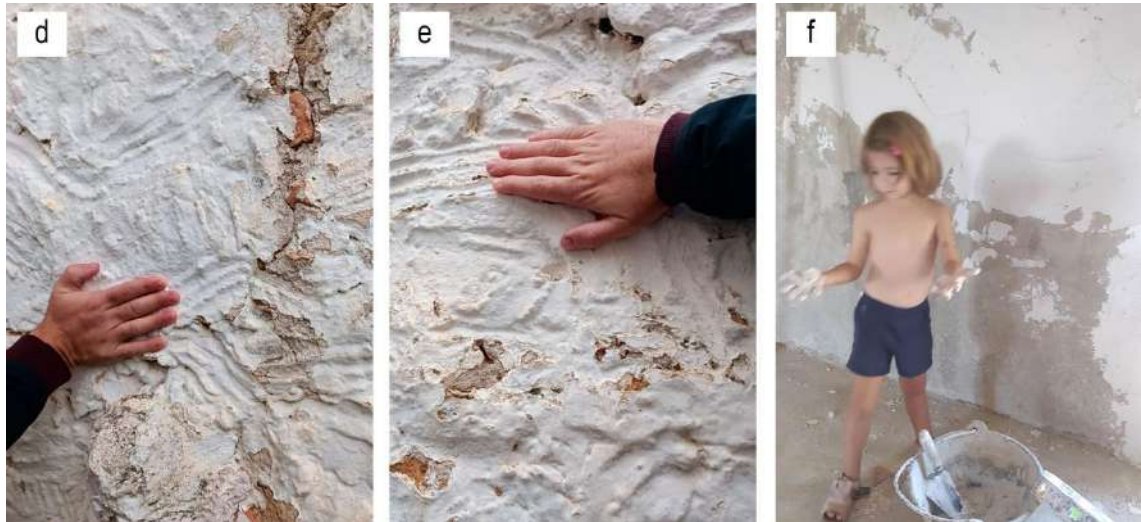


Figura 20. a) Huellas de manos visibles en el revestimiento de una antigua construcción en Alfajarín (Zaragoza); b) y c) huellas de manos en un revestimiento de fachada de una vivienda en Morata de Jalón (Zaragoza); d) y e) huellas de manos perfectamente identificables realizadas durante la aplicación del revestimiento que delatan su naturaleza de yeso en una construcción del municipio de Caudete de las Fuentes (Valencia); f) contacto con el yeso de una niña de 4 años con las manos durante una aplicación en paredes, demostrando la no agresividad del yeso al contacto con la piel humana. Fotografías del autor.

III) Efecto de efervescencia con un ácido. Por último, se procedió a la comprobación del conglomerante utilizado en los sistemas constructivos de los municipios seleccionados para el estudio mediante la aplicación de ácido acético (vinagre de limpieza), siempre y cuando el edificio sobre el que se aplicaba no tuviera protección patrimonial y cuando no afectara o comprometiera a la estabilidad de la estructura. El ácido acético es $\text{CH}_3\text{-COOH}$, al entrar en contacto con el carbonato de calcio (CaCO_3) reacciona produciendo acetato de calcio, agua y dióxido de carbono, como se muestra en la siguiente fórmula:



En esta reacción se produce un efecto de efervescencia con aparición de burbujas en presencia de agua, debido a que el CO_2 es liberado. En cambio, el ácido acético, al entrar en contacto con el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tras la hidratación, o $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ en el caso de la basanita), conduce a una disolución parcial del yeso, pero no produce CO_2 (no se produce efecto de efervescencia) por lo que es identificable a simple vista tras realizar esta prueba (Figura 21).

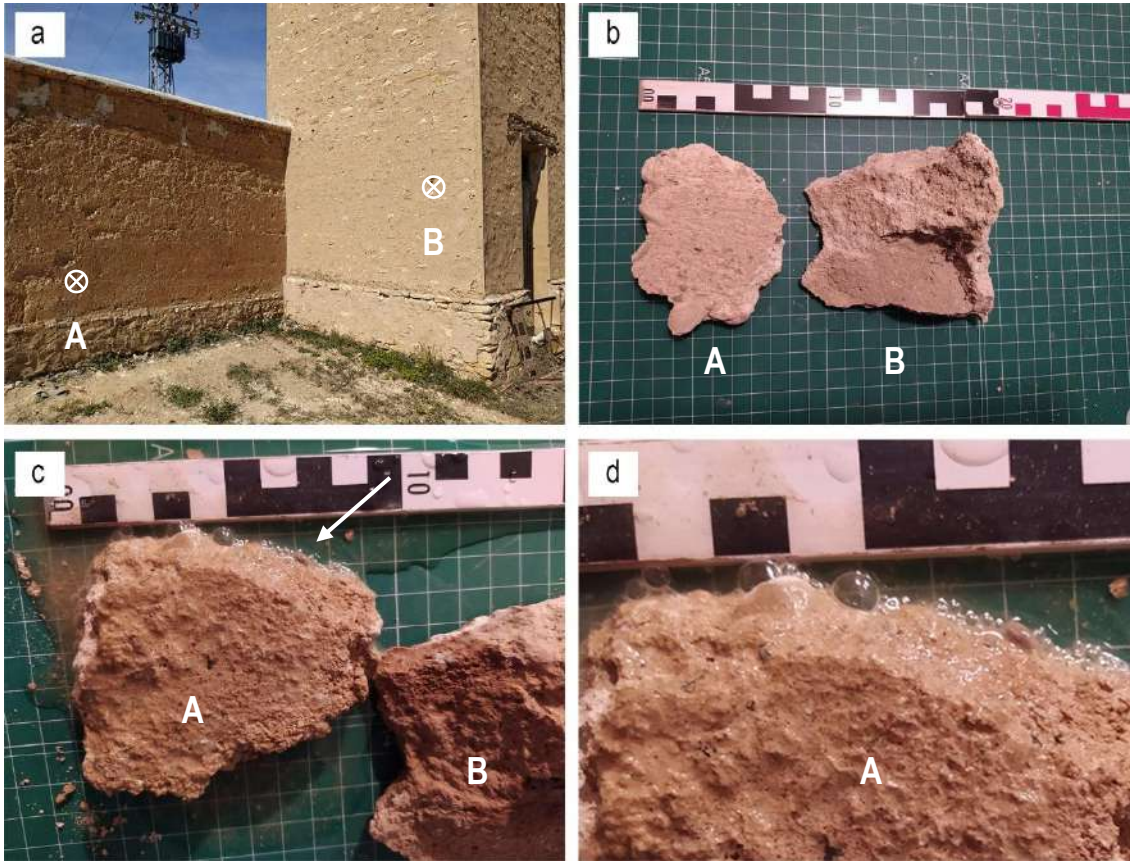


Figura 21. Dos porciones de revestimientos exteriores extraídos de la Cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes en Sariñena (Huesca): a) ubicación de cada una de las muestras, donde se observa que visualmente no se aprecia ninguna diferencia, con una coloración muy similar, por lo que resulta complicado diferenciar su composición a simple vista; b) extracción de los dos revocos antes de la aplicación de ácido acético (A: cal, B: yeso); c) aplicación de ácido acético (vinagre de limpieza) sobre los dos revestimientos: se puede apreciar la aparición de burbujas ocasionadas por la liberación de CO_2 durante la reacción química en el borde superior de un revoco de cal (flechas), mientras que el revestimiento de yeso es inerte al ácido por lo que no produce ninguna efervescencia; y d) zoom sobre la anterior. Fotografías del autor.

- IV) Dureza superficial. En los primeros municipios visitados, se procedió a la comprobación del conglomerante utilizado en los sistemas constructivos a través de otro ensayo de campo que permitió diferenciar el yeso de la cal, pues la dureza de Mohs es de 2 y 3 respectivamente. Sin embargo, durante la práctica de este ensayo de campo se consideró poco efectivo, debido a la pequeña diferencia entre ambos (solamente una unidad) y debido al estado de deterioro de los materiales, esto podría afectar de manera significativa a la sensación de dureza superficial, generando resultados poco fiables. Así, finalmente no se tuvo en cuenta esta prueba durante las visitas, sobre todo, porque en ninguna circunstancia se generó una duda al utilizar las otras pruebas descritas.

Estas pruebas “in situ” posibilitaron acelerar el proceso de identificación del yeso durante las visitas a los municipios.

Es necesario resaltar que este estudio experimentó una gran restricción debido a la dificultad de acceso al interior de edificios, solo pude acceder en casos muy puntuales, únicamente algunos vecinos me permitieron entrar a sus viviendas de manera casual, por ello los datos más completos se pudieron extraer exclusivamente de los edificios en estado de ruina que nos permitían el libre acceso bajo responsabilidad propia o los muchos edificios abandonados con ventanas o puertas rotas por donde observar.

Igualmente, el estudio de las fachadas únicamente evalúa los edificios que aún permanecían “sin maquillaje” (es decir, aquellos edificios sin haber sido todavía revestidos exteriormente con fines estéticos contemporáneos, mediante la utilización de cualquier técnica, como enfoscados o pinturas, que oculte los sistemas constructivos originales) dejando, en muchos casos, las medianeras o contrafachadas aún intactas para la observación y estudio de su verdadero sistema constructivo.

Respecto a este punto, la visita y estudio a las edificaciones agrícolas y ganaderas alrededor de los municipios fueron muy esclarecedoras, ya que se observaron relaciones muy coincidentes entre los sistemas constructivos de las viviendas del municipio y estas construcciones (seguramente debido a que, al igual que sucede con la arquitectura monumental, los albañiles-constructores eran las mismas personas y usaban las mismas técnicas constructivas que conocían). La condición de construcción agrícola o ganadera, asociada a una función eminentemente funcional y no estética, evitó manipular (mediante enfoscado, pintado) el aspecto original de construcción, manteniéndose este inalterado y permitió, por tanto, un estudio efectivo de los sistemas de construcción originales del municipio.

Fueron muchos los momentos en el proceso de visitas y documentación en los que, aun teniendo la certeza de estar frente a una antigua vivienda con fachada original de yeso, al encontrarla durante la visita “reformada” y oculta tras una capa de revestimiento moderno monocapa (morteros compuestos a base de cemento de alta resistencia, árido y aditivos, con una capa de un máximo de 5 mm de espesor), no fue incluida en las fichas. Esta forma de documentar y cumplimentar las fichas, actuando siempre desde un enfoque prudente en la interpretación de las construcciones observadas y descritas, garantiza que la utilización del yeso estaba más generalizada de lo que aquí se describe, interpretando los datos observados “por defecto”.

Por este motivo, sumado a los valores estadísticos que representan el margen de error y el nivel de confianza señalados anteriormente, los resultados obtenidos deben interpretarse de acuerdo con la fiabilidad estadística obtenida.

4.2. RESULTADOS

4.2.1. Aproximación histórica: el uso del yeso en la arquitectura

Históricamente, el yeso ha sido un material empleado con abundancia, teniendo especial profusión en áreas de Oriente Medio y Egipto, aunque también empleado en otras regiones como Europa, América o África, adquiriendo gran relevancia en el mundo de la construcción.

Antes de comenzar con la investigación del yeso tradicional, es pertinente conocer el recorrido que este material ha tenido a lo largo de la historia. Por ello se expone a continuación, de manera sintética, el desarrollo del yeso como material en la historia de la arquitectura, comenzando con los inicios en Oriente Medio y Egipto hasta su uso actual en Europa, y centrando posteriormente esta explicación en España y más específicamente en Aragón, basado todo ello en una búsqueda bibliográfica.

En este apartado de introducción al yeso como material de construcción, cabe mencionar que otros autores ya han estudiado este tema desde sus orígenes en el Epipaleolítico hasta su proceso de transformación en un material industrializado bien entrado el siglo XX.

La bibliografía existente permite conocer el recorrido histórico del yeso en diversas partes del mundo fuera de Aragón durante los distintos periodos de la historia (Davey, 1961; Almagro Gorbea, 1986; Kingery et al., 1988; Lucas y Harris, 1989; Martinet et al., 1992; Villanueva Domínguez, 2004; Choisy, 2006; Sanz Arauz, 2009; La Spina, 2015).

4.2.1.1. *Introducción histórica del uso del yeso en el mundo*

4.2.1.1.a. *Orígenes: Prehistoria*

El uso de yeso a lo largo de la historia de la construcción ha tenido un papel primordial, como bien apuntan una gran cantidad de autores que ya han estudiado con abundancia este tema. Según Kingery et al. (1988) el uso arquitectónico del yeso se remonta a la cultura natufiense del Epipaleolítico Tardío (10300-8500 a.C.).

Sin embargo, no fue hasta el Neolítico Pre-Cerámico (7000-6000 a.C.) (Bernabeu Aubán et al., 1993) del Oriente Próximo cuando este material comenzó a tener una difusión y producción significativas (Sanz Arauz, 2009).

Su facilidad de deshidratación parcial a baja temperatura lo convierte en un material ideal para ser usado como conglomerante en los inicios de la construcción, pudiéndose convertir en el primer material artificial según Villanueva Domínguez (2004).

4.2.1.1.b. *Oriente Medio*

Oriente Medio fue una de las regiones con mayor riqueza arquitectónica construida con yeso. En los actuales Turquía, Pakistán, Jordania, Omán, Yemen y la zona de Arabia, y en especial en las zonas que dominaron las culturas partas y sasánidas (correspondientes a los actuales países de Irán, Irak, Siria, Palestina, Anatolia y Egipto), se utilizó el yeso como uno de los elementos principales de la arquitectura tradicional (Almagro Gorbea, 1986).

En Jericó (6900 a.C.) y en otras zonas de Galilea (actual Israel) aparecen asentamientos neolíticos (Gaspar, 1993). Los restos más conocidos y mejor conservados de la región de Anatolia, encontrados en Çatal-Höyük (6600-5650 a.C.) en la era neolítica, cerca de Konya, la actual Turquía (Gárate Rojas, 1999), también ponen de manifiesto el empleo del yeso. Ya en este asentamiento aparecen “enyesados” recubriendo suelos y paredes, sirviendo de soporte a pinturas (Malinowski et al., 1962; Malinowski y Garfinkel, 1991). También se han encontrado asentamientos en distintas excavaciones de Mesopotamia e Irán, con restos que datan del 5000 a.C. (Davey, 1961).

Al igual que se ha utilizado en Aragón, estas culturas utilizaron el yeso directamente como piedra y sobre todo en pasta tras su cocción, realizando revestimientos de fachadas y suelos y elementos estructurales como pilares, muros de carga y bóvedas (Elsen, 2006; Vegas et al., 2010; Rodríguez-Navarro, 2012).

4.2.1.1.c. *Egipto*

En el Antiguo Egipto, el uso del yeso fue bastante extendido gracias a su abundancia geológica y por ende su fácil extracción. Principalmente fue empleado como material de decoración y ornamentación, como se puede observar en algunos revestimientos de madera (sarcófagos) y de piedra, como en el caso del Busto de Nefertiti (Figura 22a) (Davey, 1961). El yeso fue también el aglutinante preferido para realizar morteros de mampostería en el Antiguo Egipto (Lucas y Harris, 1989), y según Cresswell (1969), en el Egipto faraónico ya se realizaba la técnica de bóvedas de ladrillos sin cimbra ni elementos auxiliares, que tuvo especial profusión en la Persia sasánida.

Egipto fue la región donde se alcanzó un mayor conocimiento del yeso según Álvarez Galindo et al. (1995), utilizándose diversos tipos de yeso en función de su aplicación, la cual podía variar

entre: (I) yesos “de colocación”, empleados para facilitar la colocación de grandes bloques de piedra por deslizamiento en un plano inclinado, con el yeso como lubricante (Martinet et al., 1992), obtenidos con una temperatura de cocción superior a 300°C (es decir, era un material obtenido por sobrecocción en el que predominaba la anhidrita insoluble como fase principal lo que otorgaba un lento fraguado) (Martinet, 1991); (II) yesos “de acabado”, utilizados tras el levantamiento de cimientos y tabiques para taponar las irregularidades de las superficies, de juntas de acabado o de enlucidos de decoración, con basanita como principal constituyente para disponer de un fraguado rápido (Martinet et al., 1992); o (III) yesos “de decoración”, empleados en la época ptolomeica (siglo IV a.C.) como enlucidos, que contenían calcita en lo que parece una adición intencionada con la intención de blanquear el producto final, algo que también fue frecuente en la época tardía de la época faraónica (en torno al 300 a.C.) (Martinet et al., 1992).

Los egipcios fueron precursores en el uso de la escayola y en emplear revestimientos de revoco de yeso para obtener una superficie lisa sobre la cual realizar frescos y pinturas. En cambio, los yesos utilizados para los acabados superficiales habitualmente se mezclaban con cal para blanquear la mezcla y aumentar su plasticidad y adherencia al muro (La Spina, 2015).

El yeso también fue empleado en la construcción de grandes monumentos, entre los que se incluye la Gran Pirámide de Guiza (o Pirámide de Keops o Khufu), erigida en el ~2570 a.C. (Smith, 2004; Deady, 2011), donde se encontraron yesos rojos en forma de estuco satinado (Gárate Rojas, 1999), y también yeso usado como mortero y revoco (Lucas y Harris, 1989).

En las pirámides de Kefrén y en la Esfinge de Guiza, construidas durante el mandato del faraón Kefrén entre 2558 y 2532 a.C. (Shaw, 2000), el yeso fue usado como pasta de junta entre sillares (Furlan y Bissegger, 1975; Gárate Rojas, 1999) (Figura 22b-d). Los morteros extraídos de la pirámide y de la Esfinge presentaban en su composición un predominio de la fase de yeso dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), mientras que en los morteros procedentes de la segunda pirámide y del Templo se encontró calcita como fase principal (Ghorab et al., 1986; Regourd et al., 1988; Ragai, 1988).



Figura 22. a) Decoraciones realizadas con yeso en el Busto de Nefertiti según Davey (1961) (Richard Navarro, 2014); b) - d) yeso empleado como pasta de yeso entre sillares en la Esfinge de Gize y la pirámide de Kefren (Guiza, Egipto). Fotografías del autor.

Es probable que los egipcios también emplearan en sus construcciones productos de yeso cocidos a alta temperatura, como sugiere el hallazgo de restos de anhidrita según el análisis mineralógico en juntas de bloques en el Templo de Amon en Karnak, en los yacimientos del Nilo (2000 a.C.) (Sanz Arauz, 2009). Aunque según Álvarez Galindo et al. (1995), en esta construcción el papel del yeso parece no ser el de conglomerante, sino el de proporcionar una capa para repartir el peso y favorecer la solidez de la estructura (Martinet et al., 1992).

Asimismo, los egipcios desarrollaron técnicas para realizar modelos escultóricos que pudieran ser reproducidos varias veces (conocidos en algún caso como *calcos*) (Bruquetas, 1994), como es el caso de las técnicas de vaciado de yeso. Se trata de un procedimiento para la fabricación de esculturas que consiste en verter una colada en el interior de un molde, para su posterior

retirada tras el endurecimiento del material (Lajo y Surroca, 1990). Estas técnicas de vaciado fueron exportadas posteriormente de manera abundante a Grecia y Roma.

4.2.1.1.d. Edad Antigua: Grecia y Roma

El uso del yeso también fue muy extendido en las culturas prehelénicas, tanto la minoica como la micénica, asentadas en la zona continental del Mar Egeo y sus islas, que heredaron los conocimientos desarrollados por las culturas anteriores: la mesopotámica y la egipcia (Gárate Rojas, 1999).

Existen indicios de revestimientos de pasta de yeso, cal pigmentada y pinturas al fresco con relieves figurativos a modo de estucos, en los palacios cretenses de Knossos, Festos, Malia y Zacro (2000-1475 a.C.), principalmente con la finalidad de proteger y decorar los muros de mampostería. En el palacio de Knossos (Figura 23) existen restos de estucos de yeso pintados en revestimientos de suelos y paredes (Villanueva Domínguez, 2004; Gárate Rojas, 1999).



Figura 23. Estucos de yeso pintados en revestimientos de suelos y paredes en el Palacio de Knossos, según Gárate Rojas (1999) (qfwfq78, 2016).

Los morteros de yeso se utilizaron principalmente para homogeneizar y proteger las superficies (Sanz Arauz, 2009; La Spina, 2015). Los testimonios más antiguos descubiertos, según la arqueología clásica, son los de la casa de Cadmos en Tebas y algunos fragmentos del palacio de Tirinto, posteriores al 1400 a.C.

Según La Spina (2015), la técnica constructiva alcanzó aquí un perfeccionamiento significativo que se refleja en espesores de 5 cm, la ejecución de hasta 4 capas diferentes y la adición de paja o fragmentos de cerámica.

Posteriormente, en la cultura griega el yeso fue muy utilizado como material de revestimiento, en estucos y guarnecidos (Villanueva Domínguez y García Santos, 2001), y también fue frecuentemente utilizado como aglutinante para los morteros de mampostería (Lucas y Harris, 1989). Los griegos continuaron con la tradición egipcia de aplicar pinturas realizadas con colores fuertes y llamativos para decorar y embellecer sus construcciones, que se aplicaban sobre los revestimientos.

Originalmente, el revestimiento de estuco cubría las pobres paredes de ladrillo para proteger y homogeneizar las superficies, pero con el tiempo, tras haber alcanzado un gran conocimiento de la técnica, también los templos de piedra caliza o mármol (La Spina, 2015). Igualmente lograron un máximo perfeccionamiento en el uso de estucos de cal, utilizados principalmente para disimular el aspecto rudo de ciertos materiales como la toba y la caliza, logrando, según Vitrubio, acabados similares al mármol mediante la técnica del *pulimentado* (Malinoswki, 1961).

Los romanos de igual manera heredaron toda la experiencia de los asirios, los egipcios, y especialmente de los griegos, pero también de los pueblos etruscos, consiguiendo mejorar y explotar al máximo las cualidades y prestaciones de los revestimientos, e incluso lograron dominar a la perfección el uso de los morteros de cal (Álvarez Galindo et al., 1995). Por este último motivo en la capital del imperio no se utilizó el yeso con excesiva profusión; no obstante, los romanos lo conocían, empleándolo principalmente con finalidad ornamental para decoraciones interiores (Sanz Arauz, 2009; La Spina, 2015).

En cambio, según Kuntze (2009), los romanos fueron los primeros en diferenciar entre revocos de yeso y cal y utilizar el primero ampliamente para aplicaciones en interiores. Sorprendentemente, en comparación con la cal, se hace poca mención sobre el uso arquitectónico del yeso en los textos clásicos de este periodo.

Plinio el Viejo solo hizo una breve observación sobre el yeso para las decoraciones arquitectónicas en su "Historiae Naturalis" y Vitruvio incluyó un comentario muy breve sobre el uso de yeso para acabado en el capítulo sobre revocos en su obra "De architectura", al tiempo que describe la tecnología de la cal y el uso arquitectónico de la cal en gran extensión.

Según La Spina (2015), tras la caída del Imperio Romano el revestimiento de yeso perdió calidad y unidad formal como consecuencia de las diferentes invasiones. Además, cada región continuó con su propio desarrollo de manera independiente, por lo que se generaron a partir de esta época grandes disconformidades.

4.2.1.1.e. *Persia e Imperio Sasánida*

Sin embargo, la tecnología de fabricación y el empleo del yeso fueron ampliamente desarrollados con una mayor profusión en las regiones mesopotámicas (Sanz Arauz, 2009). Ya desde el segundo milenio antes de Cristo, existen casos de bóvedas de cañón construidas con ladrillo, pegando cada rosca a la anterior con yeso a bofetón, es decir, poniendo en contacto las caras mayores de los ladrillos con la rosca anterior y la primera rosca con la superficie del muro del testero. Esto permitía construir bóvedas sin cimbra en regiones en las que la escasez de madera era habitual (Almagro Gorbea, 2001).

El yeso fue posteriormente utilizado como material casi exclusivo por la dinastía Sasánida, que gobernó Persia entre los siglos III y VII, y construyó palacios y templos con unos principios formales y constructivos muy definidos, donde destaca el Palacio Taq-i Kisra (Iwan del Palacio de Cosroes, Ctesifonte, Irak), construido bajo el mandato de Cosroes I Anusharwan entre los años 531-579 (Bier, 1993), con una enorme bóveda de hasta 25,60 metros de luz, que se construyó sin cimbra ni puntales (directamente con yeso y ladrillo) ya que la escasez de madera del entorno no permitió disponer de medios auxiliares para el apoyo de dicha bóveda (Almagro Gorbea, 1986) (Figura 24a y b).

En Persia, las ornamentaciones se realizaron casi exclusivamente con yeso. La fusión de tradiciones grecorromano-bizantina, de estucos de cal, y la mesopotámica, con gran conocimiento en la albañilería con yeso (donde lo emplearon como material de juntas y de revestimiento), dio lugar a un movimiento de transición que tuvo repercusión en las ornamentaciones (Davey, 1961). Así se pueden localizar decoraciones con influencia helenística, pero con variaciones propias como la incorporación de la repetición para generar simetría (Sanz Arauz, 2009).

Cuando los musulmanes conquistaron Mesopotamia y Persia en el año ~640 estas técnicas pasaron directamente al mundo islámico, por lo que es frecuente encontrarlas en los primeros edificios islámicos en zonas de tradición helenística y romana (actuales Siria y Jordania). Así sucede en los llamados castillos del desierto, como Qasr Kharana, Qasr al-Mushatta y Qasr al-Tuba, edificados entre los siglos VII y VIII, donde se puede observar el yeso usado como

material de agarre, así como en bóvedas construidas con ladrillos a bofetón, de nuevo sin recurrir al empleo de cimbras de madera (Almagro Gorbea, 1986) (Figura 24c y d).



Figura 24. a) Restos del Iwan del Palacio de Cosroes (hanming_huang, 2019); b) sistema constructivo de la bóveda construida a bofetón sin cimbra, únicamente con ladrillo y mortero de yeso como conglomerante, en el Iwan del Palacio de Cosroes (Almagro Gorbea, 1986) (Tobeytravels, 2013); c) fachada exterior del Castillo Qasr Kharana donde según Almagro Gorbea (1986) se empleó el yeso como conglomerante entre juntas de piedra (Etienne Valois, 2013); d) detalles en la fachada del Castillo de Qasr Kharana (Travel around Spain, 2016).

4.2.1.1.f. Edad Media

En general, durante la Edad Media se olvidaron muchos de los conocimientos adquiridos sobre el yeso, quedando su uso reducido en los interiores de edificios románicos y góticos, por ejemplo, recubriendo las zonas donde los muros de relleno quedaban vistos o el intradós de las bóvedas. Esto dio como resultado una serie de años en los que apenas existió ningún tipo de progreso técnico destacable ya que se utilizaron materiales de mediocre calidad, frágiles, poco homogéneos y con una técnica pobre, ejecutándose tan solo una o dos capas en los enlucidos (Gárate Rojas, 1993).

Durante la Edad Media, fueron tanto Francia (principalmente París) como el norte de Alemania, las regiones en las que se concentraba la actividad yesera de Europa, siendo común la realización de numerosos revestimientos exteriores con yeso. En París, era tal la cantidad

producida de este material que se exportaba a Inglaterra dando origen a su nombre en inglés: “Plaster of Paris” (AOCDTF, 1994). Según Sanz Arauz (2009), una carta real indica el dato de que en París en 1292 había dieciocho canteras de yeso en explotación, que producían material para ser usado en numerosas aplicaciones como revestimientos, forjados de pisos, tabiquería y chimeneas. Además, una gran cantidad de ordenanzas, decretos, reglamentos e incluso regulaciones sobre la protección frente al fuego se redactaron en Francia en esta época con la finalidad de asegurar la correcta utilización del yeso y velar por la calidad del material y el control de los precios (Sanz Arauz, 2009), lo que es un indicio del impacto que tuvo en la sociedad de la época.

La región de la Provenza, anexionada al reino de Francia en 1418, fue otra de las zonas más importantes en cuanto a yacimientos de yeso se refiere, aunque con relevancia algo menor que París (AOCDTF, 1994; Sanz Arauz, 2009).

En Alemania, en la región de Lübeck, una zona con ausencia de calizas en su geografía, se han encontrado numerosas fábricas de ladrillo o de mampostería construidas con morteros de yeso. También se reseñan morteros de yeso en otras zonas del norte de Alemania como Lüneberg y el Harz (Livingston et al., 1991).

Una técnica bastante habitual utilizada en Europa Central durante la Baja y Alta Edad Media fue el yeso “muy cocido” (high-fired o yeso estrich) como aglutinante para mampostería y morteros de juntas, decoraciones e incluso pavimentos. Fue una habilidad tecnológica de arte específicamente regional, ya que dependía de los depósitos de yeso locales (Kawiak, 1991).

4.2.1.1.g. Edad Moderna: siglos XV y XVI

El cambio cultural que implicó la vuelta a los modelos de la antigüedad griega o romana y al mismo tiempo al estudio de los materiales y técnicas constructivas romanas no se produjo hasta el siglo XV con el Renacimiento, y especialmente con el descubrimiento de los estucos de la Domus Aurea de Nerón a principios del siglo XVI (La Spina, 2015). Con este hallazgo se recuperaron los revocos y los frescos heredados de los clásicos, dando lugar a un nuevo resurgimiento para las decoraciones basadas en yeso y cal, especialmente en el caso de los estucos, que cobraron una gran popularidad y se difundieron por el resto de Europa (La Spina, 2015; Sanz Arauz, 2009).

En Italia se realizó durante el Renacimiento una vasta obra de arquitectura revocada y estucada. La Spina (2015) explica que una de las claves para que la técnica de los revestimientos de yeso

resurgiera con gran apogeo, fue la aparición de los grandes tratadistas como Palladio, Serlio, Scamozzi, Milizia, Ligorio, entre otros, quienes no eran solamente teóricos sino también constructores, es decir, que experimentaron en sus propias obras con las técnicas que proponían. Sin embargo, no se ha podido localizar ninguna alusión al proceso de fabricación o puesta en obra del yeso en tratados de Alberti como “De re aedificatoria”.

Existen abundantes ejemplos de ornamentaciones realizadas con estucos, como es el caso del interior de la Basílica de San Pedro en el Vaticano en el siglo XVI (Figura 25a). Rafael y Giovanni de Udine también realizaron estucos en edificios civiles como la Villa Madama en Roma del siglo XVI (Figura 25b) (Sanz Arauz, 2009).

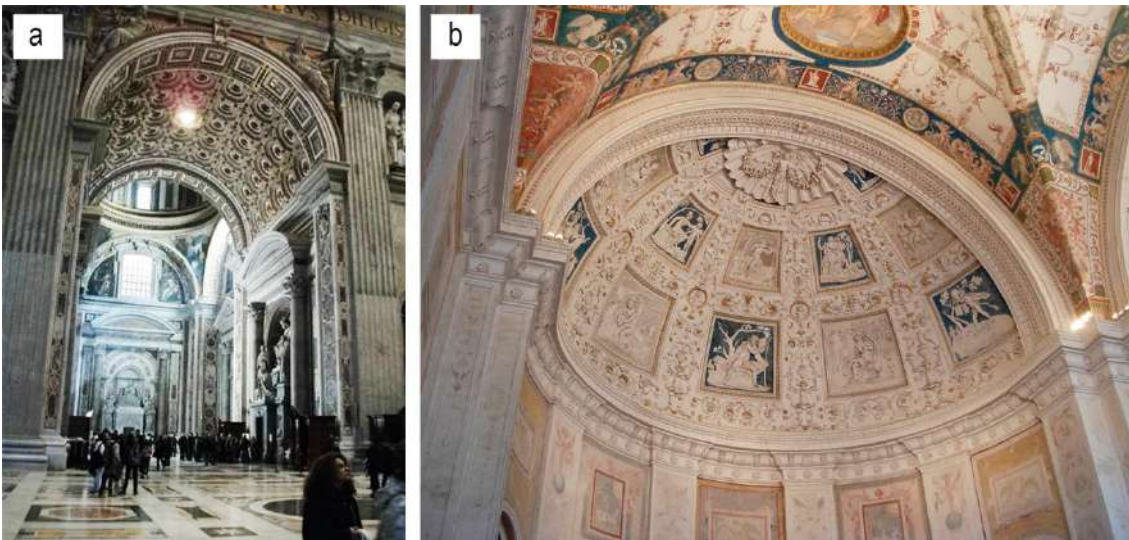


Figura 25. a) Interior de la Basílica de San Pedro en el Vaticano (Roma) con exuberantes estucos y molduras en yeso, fotografía del autor; b) interior de la Villa madama en Roma (mikeycf, 2016).

4.2.1.1.h. Edad Moderna: siglos XVII y XVIII

A partir del siglo XVIII, ya en el Barroco, aumentó considerablemente el número de especialistas que empezó a experimentar con nuevas técnicas o materiales y a inventar nuevas fórmulas, que quedan recogidas en la tratadística de la época, cada vez más abundante (La Spina, 2015).

Este periodo supuso la eclosión de los revocos y de los estucos como materiales decorativos, incluso de manera más profusa que en el Renacimiento. Los revestimientos adquirieron casi la misma categoría que la escultura o la pintura, extendiéndose por toda Europa.

Los estucos se volvieron muy habituales entre la clase burguesa emergente, ya que permitían incorporar multitud de motivos realizados en yeso (como plafones, volutas, adornos, etc.), y además eran considerablemente más asequibles que una pared revestida de mármol o piedra

(La Spina, 2015; Sanz Arauz, 2009). En muchos monumentos se emplearon estucos para la realización de las ornamentaciones interiores, como se puede apreciar en los interiores de la catedral barroca de Salzburgo (Austria) del siglo XVII (Figura 26) (Sanz Arauz y Villanueva Domínguez, 2009).

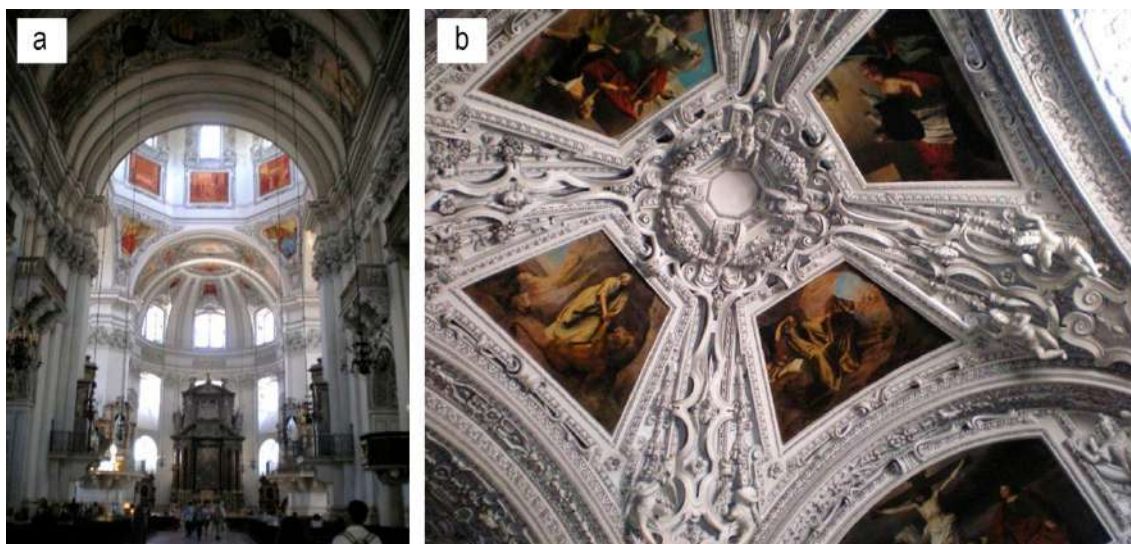


Figura 26. Estucos decorativos en el interior de la catedral barroca de Salzburgo (Austria, siglo XVII): a) ábside de la catedral; b) estucos decorativos en una de las bóvedas. Fotografías del autor.

Paralelamente en Italia, con la intención de imitar mármoles con mezclas de yesos y áridos, surgió la tradición del *estuco mármol* y *escagiola*, de un modo continuo en el caso de los estucos, y en forma de taraceado en el caso de la *escagiola*. Con esta nueva tendencia se comienza a producir una estrecha relación de conocimientos entre los gremios de trabajadores del estuco y la investigación desarrollada en los “Laboratorios de Mosaico y Piedras Duras de Florencia” (Sanz Arauz, 2009).

Para la realización de estas decoraciones era fundamental endurecer el estuco, retrasar el fraguado y permitir posteriormente el pulido, por lo que era habitual el empleo de adiciones orgánicas en este tipo de yesos, como colas y goma arábica. También era muy importante la blancura y la capacidad posterior para el brillo del yeso empleado en estos estucos, y para ello se recurría en muchas ocasiones a alabastro muy puro y muy blanco, con unas cocciones muy controladas, según Sanz Arauz (2009).

Esta tradición italiana será exportada a otros países europeos como Francia, Austria, sur de Alemania, España y Portugal (AOCDF, 1994), realizándose las obras más importantes de los escayolistas barrocos en Baviera (Sur de Alemania), como la iglesia de St. Johann Baptist en Westerndorf (Rosenheim, mediados del siglo XVII) (Figura 27a), y en la Emilia Romagna (Norte

de Italia), como la Catedral de San Pedro en Bolonia (siglo XVI) (Figura 27b). Era habitual la combinación de estas dos técnicas, aplicando un fondo en estuco mármol junto con decoraciones en escayola (Sanz Arauz, 2009). Estas técnicas eran aplicadas tanto en paramentos verticales como en pavimentos, encontrando numerosos ejemplos sobre todo en Alemania (AOCDTF, 1994).



Figura 27. a) Interior barroco de la iglesia de St. Johann Baptist en Westerdorf (Wjac, 2016); b) nave central de la Catedral de San Pedro en Bolonia (Raúl Cuevas Pérez, 2016).

En Francia, Louis XIV decretó en 1667, tras el incendio que asoló Londres que las estructuras de madera debían cubrirse tanto en interiores como en exteriores con un enlucido de yeso para resistir la acción del fuego (Kuntze, 2009), convirtiéndose así en un material de elevada utilización. La misma ley prohibía las construcciones con voladizos y establecía una altura máxima para las fachadas (Le Dantec, 2016).

Las fachadas de los distritos centrales de París se realizaron con morteros de yeso, cal y arena, continuando así con la tradición medieval (Sanz Arauz, 2009). Autores de la época resaltaron el uso del yeso en París por ser una ciudad donde “15 de cada 16 casas tenían fachadas de yeso”, y donde tres cuartas partes de los “hôtels particuliers” también estaban hechos de yeso, abarcando una amplia franja en los estratos sociales (Ferroussat, 1776). El uso del yeso no se redujo exclusivamente a revocos externos e internos, sino que se extendió a la elaboración de morteros, relleno de estructuras de entramado de madera, relleno de tabiques de madera, conductos de chimeneas, losas de suelo, escaleras y ornamentos (Le Dantec, 2016).

En Portugal, se produjo un gran intercambio artístico-tecnológico con Italia, región especializada en estucos, favorecido gracias a la “Cátedra de Diseño y Estuco”, creada en 1764 por el Marqués de Pombal. Llegaron numerosos artistas procedentes de Italia como Plura y Gomassa, bajo la dirección del milanés Giovanni Grossi (da Silveira et al., 2007), a quien se atribuyen, junto

con sus varios discípulos, muchas obras con estuco (Vasconcelos, 1991). Según Freire et al. (2009), a pesar de la escasez de materia prima de buena calidad, el uso de revocos de yeso para revestimientos interiores de paredes y techos en Portugal fue particularmente a partir del siglo XVIII, una tradición que llegaría hasta la primera mitad del siglo XX.

4.2.1.1.i. Industrialización en Europa: siglos XIX y XX.

Desde mediados-finales del XVIII hasta principios del XIX, cuando se originó la Revolución Industrial, comenzó a producirse un cambio cultural y tecnológico que afectaría no solamente a los distintos descubrimientos e invenciones, sino también a los materiales conglomerantes; estos desplazaron progresivamente al yeso en muchas de sus aplicaciones.

A finales del siglo XVIII el proceso de calcinación del yeso sufrió un importante avance gracias a Antoine Lavoisier, quien en 1768 presentó a la Academia Francesa de las Ciencias una serie de trabajos en los que describía el proceso de deshidratación del yeso al tratarlo térmicamente y el proceso de rehidratación al añadirle agua a la fase anhidra (Kuntze, 2009).

En Inglaterra se comenzaron a aplicar los cementos naturales y artificiales a obras hidráulicas, naciendo numerosas patentes. Uno de los pioneros en este campo fue John Smeaton, quien con su reconstrucción en 1746 del Faro de Eddystone produjo un cambio significativo con respecto a los morteros de cal tradicionales (Blezard, 2003). Según Artioli et al. (2019), tras varios intentos se alejó de las recomendaciones de Vitruvio que sugerían el uso de cal pura, Smeaton finalmente utilizó carbonatos ricos en arcilla de composición margosa para obtener mejores propiedades frente al agua que la cal aérea, lo cual era un requerimiento imprescindible pues el faro se encontraba en un ambiente marítimo con exposición al agua de mar.

Otro ejemplo similar es el cemento Romano, patentado en 1796 por Parker, realizado mediante la calcinación de nódulos de caliza arcillosa (conocida como septariae) que permitían obtener un cemento de fraguado rápido (Artioli et al., 2019); o el cemento Portland por Aspin en 1824 (Bentur, 2002).

Posteriormente, en Francia, Vicat publicó en 1839 sus trabajos sobre la hidraulicidad, aportando conocimientos a la comunidad científica y obteniendo la formulación química de las cales hidráulicas y de los cementos naturales. En Inglaterra, en 1844 Johnson patentó el método de fabricación de cemento Portland a alta temperatura en un horno rotatorio (Jones, 2006), y en 1852, Bleibrey comenzó a elaborar un cemento Portland de más alta calidad que prácticamente sustituyó al Portland inglés en Alemania (CEDEX, 2022).

El resultado de esta importante revolución en los morteros fue que los cementos y las nuevas cales hidráulicas comenzaron a sustituir a las cales aéreas tradicionales y a los yesos como principales materiales de los revestimientos exteriores. Incluso los estucos fueron sustituidos por piedras artificiales fabricadas y moldeadas en taller (La Spina, 2015; Sanz Arauz, 2009).

Los nuevos materiales cementosos comienzan así a cobrar una gran relevancia en el panorama de la construcción. Por ejemplo, en algunos edificios históricos alemanes de los siglos XVII y XVIII revestidos con yeso al exterior sobre una base medieval, se añaden morteros modernos de cemento (Arens, 2002).

Otros materiales que reemplazaron al yeso en una de sus aplicaciones típicas, el uso en pavimentos, fueron los llamados "hard-finishing cements". Tradicionalmente se utilizaba el denominado "yeso hidráulico" o yeso de pavimentos (que se obtiene a una temperatura superior a los 1.350°C, también llamados "dead-burnt plaster") (Arredondo, 1991; Sanz Arauz, 2009) para este tipo de aplicaciones, pero posteriormente solamente se siguió usando en Alemania y algunas zonas de la Unión Soviética (Abenza Ruiz, 2009).

La extinción de la tradición de los pavimentos de yeso se produjo especialmente en Inglaterra y Estados Unidos según Sanz Arauz (2009). Este nuevo grupo de hard-finishing cements, de base de sulfato cálcico, se diferenciaba de los yesos de pavimentos o hidráulicos por las composiciones y tratamientos de estos productos, pues mientras en los yesos de pavimentos la fabricación es a partir de un yeso puro, en los yesos duros angloamericanos se mezclan con alumbre (sulfato doble de aluminio y potasio). Todos son cocidos a altas temperaturas y tienen alta dureza y fraguado lento (Sanz Arauz, 2009).

De entre los nuevos hard-finishing cements, el producto más representativo es el Keene's cement, patentado por Keene en 1836 en Inglaterra, un producto a base de yeso. Se obtiene al remojar escayola (Plaster of Paris) en una solución caliente de alumbre, o en una solución de sulfato de aluminio siempre con exceso de agua. Entra dentro de los conglomerantes de deshidratación completa, en Estados Unidos se conocen como "hard-burnt cements". Este tipo de yesos está considerado como de alta calidad, con unas buenas condiciones de nivelación y planeidad y de extraordinaria dureza superficial.

Otros cementos hard-finishing patentados en la época son: (I) el denominado Marmorgips o Marmorzement (AOCDTF, 1994), comercializado en Alemania a principios del siglo XX; (II) el cemento Parian, patentado por J. Keating y fabricado con una solución de bórax; (III) el cemento Martin, elaborado a partir de una mezcla de yeso con carbonato de potasio o carbonato de sodio,

(IV) o el cemento Mack, un yeso totalmente deshidratado, con una adición del 0,4% de sulfato de sodio calcinado (sal de Glauber) o de sulfato de potasio; se trata de un cemento duro y duradero que fragua rápidamente, utilizado como revestimiento en paredes, techos y pavimentos (Eckel, 2005).

Durante esta época, a pesar del surgimiento de los morteros modernos, cabe destacar una aplicación estructural de yeso, aunque de manera puntual, en el sistema de bóvedas de cerámica, ampliamente utilizadas por el arquitecto valenciano Rafael Guastavino, nacido en 1842. También conocidas (en la actualidad) como bóvedas catalanas (Figura 28a y b), este sistema constructivo que exportó a Estados Unidos a finales del siglo XIX (Huerta Fernández, 2019) consistía en dos caparazones de ladrillo cocido colocados de manera plana: el caparazón exterior se construía sin cimbra, empleando pasta de yeso entre ladrillos (Murphy et al., 2021), la cual fragua rápidamente y une los ladrillos individuales hasta que forman arcos o anillos autoportantes; el segundo caparazón se construye sobre el primero, escalonando las juntas (Huerta Fernández, 2019).

Obras icónicas de Guastavino son: la entrada principal en la Librería Pública de Boston, la bóveda de la estación de metro de Nueva York, o el Oyster Bar en el Grand Central Terminal en Nueva York de 1912 (Figura 28c), entre otras. Eladio Dieste, ingeniero uruguayo nacido en 1917, fue otro gran exponente de esta técnica de bóvedas de cerámica con yeso, siendo el diseñador estructural de proyectos como la Fábrica Domingo Massaro S.A. en Juanicó (Uruguay) (Figura 28d).

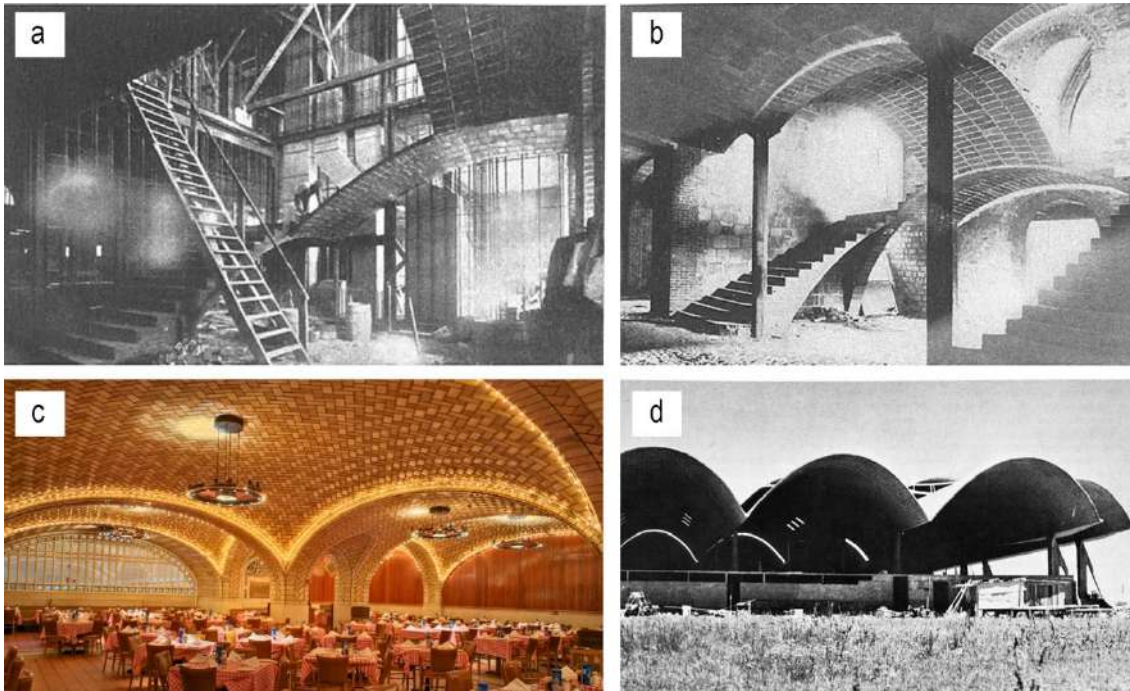


Figura 28. Proceso constructivo del sistema de bóveda catalana en escaleras en construcción diseñadas por Guastavino en: a) librería pública en Providence (s.f.) (Huerta Fernández, 2019); b) seminario St. Joseph (1892) (Huerta Fernández, 2019); c) bóveda del Oyster Bar, en el Grand Central Terminal de Nueva York, diseñado por Guastavino (Michael Freeman, s.f.); d) fábrica Domingo Massaro S.A., proyecto de 1976 cuya estructura fue diseñada por Dieste, con una cubierta de 10.000 m² realizada con bóvedas autoportantes de 35 metros de luz (Fadu, 2023).

En relación con las corrientes artísticas de finales del siglo XIX, el último movimiento cultural que potenció el uso de los revestimientos y elementos decorativos para embellecer y revestir las superficies exteriores de las edificaciones fue el *Art Nouveau* como medio de exaltación de la burguesía (La Spina, 2015).

En Portugal, el Movimiento Romántico surgió con un nuevo tipo de ornamentación; en ella el estuco recreaba el aspecto de los descubrimientos y la arquitectura medieval. La flexibilidad decorativa de finales del siglo XIX, con su producción en serie, también se reflejó en los revocos de yeso que daban mayor luminosidad a las viviendas y una idea general de lujo y moda (da Silveira et al., 2007).

Sin embargo, los nuevos movimientos y corrientes culturales gestadas en las décadas posteriores a principios del siglo XX, como el Movimiento Moderno, eliminaron todo elemento decorativo limitando las aplicaciones de yeso a revestimientos interiores sin ornamentación. La Spina (2015) explica que quizás por tal motivo la elevada versatilidad del yeso tradicional volvió a caer en el desconocimiento, de modo especial los revestimientos continuos tradicionales de cal o de yeso. La introducción de los nuevos materiales como el hormigón y el acero, así como el uso

generalizado de fachadas de ladrillo caravista y la falta de mano de obra especializada, agravaron aún más esta situación.

Como consecuencia, el uso del yeso se vio reducido exclusivamente a los acabados interiores de paredes y techos, dando lugar a una segunda generación de productos, como el yeso en polvo o los prefabricados (placas, bloques y paneles de cartón-yeso), así como otros productos de yeso aligerados, de proyección, e incluso aislantes, que se comenzaron a estudiar a partir de la Segunda Guerra Mundial (del Río Merino et al., 2022).

De este modo, durante el siglo XX únicamente se conservan algunas tradiciones de uso del yeso al exterior y en pavimentos en regiones rurales de abundancia yesífera (Sanz Arauz, 2009).

4.2.1.2. *Introducción histórica del uso del yeso en España*

El uso de yeso en España ha tenido una especial trascendencia en la historia de la arquitectura del país. Existe un vasto Patrimonio Arquitectónico construido con yeso tradicional, concentrado en la región conocida como “España Yesífera”, donde abundan los terrenos yesíferos.

Según Sanz Arauz y Villanueva Domínguez (2009), son tres los pilares sobre los que se apoya la arquitectura española con yeso: la gran cantidad de yacimientos de yeso en el territorio, la cultura hispanomusulmana, origen de un arte singular, y la importante transición cultural de la tradición italiana durante el Renacimiento.

4.2.1.2.a. *Prehistoria y Edad Antigua*

La utilización del yeso en España se remonta a etapas íberas. Los yacimientos funerarios de Montemayor (Córdoba) y de Tutugi-Galera (Granada), de los siglos VII a.C. y IV a.C., respectivamente, contienen revestimientos realizados con yeso (Parras Guijarro et al., 2006). Según Cabrera Garrido (1991), algunos yacimientos tienen yeso como base de las policromías, como las Damas de Baza, Elche y el Cerro de los Santos, datados en el siglo IV a.C.

Posteriormente durante el Imperio Romano se explotó en Segóbriga (Guadalajara-Cuenca) un importante yacimiento de *lapis specularis*, yeso espejuelo, se transportaba hasta Roma para utilizarlo en el cerramiento de ventanas en lugar de vidrio, pues era de calidad superior al de Sicilia (Sanz Arauz y Villanueva Domínguez, 2009).

Según Villanueva Domínguez y García Santos (2001), se han encontrado restos de yeso en varias villas en piezas con decoraciones geométricas y naturales realizadas, como es el caso de

las ruinas de Villajoyosa (Alicante, siglo III-IV d.C.), donde se ha localizado la utilización de yeso en las primeras yeserías artísticas (Torres Balbás, 1949).

Otros ejemplos destacados del uso del yeso en relieve son los casetones labrados hallados en la Tumba de los Valerii en Pancrati (siglo II d.C.) (Sanz Arauz, 2009), así como en las termas romanas de Bilibilis (Calatayud, Zaragoza, siglo I a.C.-III d.C.) (Guiral Pelegrín y Martín Bueno, 1996).

En numerosos yacimientos aragoneses, como Urrea de Gaén (Teruel), Velilla de Ebro (Zaragoza) y La Cabañeta del Burgo de Ebro (Zaragoza), se han analizado morteros romanos con alto contenido en yeso como morteros de junta, pavimentos y revocos (Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005).

4.2.1.2.b. *Periodo islámico*

La construcción con yeso se extendió por la Península Ibérica fundamentalmente gracias a la cultura islámica. Según Almagro Gorbea (1986), la llegada de los musulmanes supuso la incorporación de técnicas novedosas, como la elaboración de piezas prefabricadas de yeso para construir los dinteles de puertas y arcos, a veces con propósitos estructurales y otras solo como decoraciones.

La profusión del yeso tuvo especial significancia en diversas zonas de Al-Ándalus (actuales Andalucía, Levante y Aragón, son las regiones con mayor riqueza de yacimientos del mineral), utilizándose tanto con funciones ornamentales, guarnecidos y enlucidos, pavimentos, y fábricas estructurales (Sanz Arauz, 2009). Asimismo, en otras regiones bajo dominio islámico como Oriente Medio o el Norte de África, el yeso fue utilizado como principal conglomerante para la realización de revocos y morteros, dada la gran abundancia de este material y su baja temperatura de cocción en comparación a la cal (La Spina, 2015).

De esta manera, durante el periodo islámico parte del conocimiento perdido se recuperó en estas regiones tras, según La Spina (2015), la pobre calidad de los revestimientos empleados hasta el siglo XI. Los musulmanes se convirtieron en especialistas en la ejecución de revestimientos de yeso, mejorando considerablemente la calidad de los mismos a partir del siglo XII. Su uso se extendió también a decoraciones y ornamentaciones, como estucos de gran precisión (Alejandre Sánchez, 1998; Rubio Domene, 2010).

Emirato y califato de Córdoba

En los primeros siglos de dominio islámico apenas tenemos vestigios arquitectónicos en yeso. Durante la época califal, aunque la riqueza ornamental se da fundamentalmente en piedra, existen algunos ejemplos de decoraciones en yeso como es el caso de la ampliación de Al-Hakam II, de la Mezquita de Córdoba (Figura 29). También era frecuente el empleo del yeso como material de relleno de piedras porosas (Almagro Gorbea, 1986; Sanz Arauz, 2009).



Figura 29. Ejemplos decorativos de yeso en la Mezquita de Córdoba: a) sala de Oración; b) mihrab de la mezquita. Fotografías del autor.

Reinos de Taifas, Almorávides, Almohades y Nazaríes

No fue hasta el siglo XI, periodo donde los recursos disponibles en los reinos de Taifas no permitieron el esplendor de las construcciones califales, cuando tanto en lo decorativo como en lo estructural el yeso cobró un verdadero protagonismo en la arquitectura de la España musulmana, gracias en parte a la proliferación de la arquitectura en zonas con gran abundancia de yeso (Almagro Gorbea, 1986). Así, el empleo de este material se generalizó tanto en el uso interior como exterior, encontrando su aplicación en monumentos como el Palacio de la Aljafería en Zaragoza (siglo XI) y la Alcazaba de Balaguer (Lérida), que presenta muchas similitudes formales y materiales con la Aljafería.

Durante este periodo se produjo un desplazamiento de artistas y artesanos desde Al-Ándalus hacia el norte de África con la llegada de los almorávides y la reunificación de los reinos musulmanes. Se exportaron las técnicas decorativas en yeso a las nuevas mezquitas de Tremecén, Fez, Marrakesh y Argel durante los siglos XI y XII (Sanz Arauz y Villanueva Domínguez, 2009).

En el periodo de los almohades, la capital en Al-Ándalus se fija en Sevilla, destaca el Patio del Yeso, en el Alcázar de Sevilla (siglo XI) (Figura 30a), que exhibe unas interesantes celosías de yeso, y la Casa de Pilatos (siglo XV) (Figura 30b y c). Almagro Gorbea (1986) explica cómo los almorávides y almohades usaron el yeso en magníficas creaciones no solamente ornamentales sino también en ingeniosas estructuras que aprovechan las posibilidades del material. Destaca el caso de las bóvedas de arcos entrecruzados, sistema copiado de la mezquita de Córdoba, pero no construidas en piedra sino con ladrillos enfilados cogidos y revestidos con yeso originando estructuras sutiles, casi etéreas, pero de gran belleza, con recursos mínimos. Esta solución se puede observar en las cúpulas de la mezquita de Tremecén del siglo XI (Figura 31), la del alminar de la mezquita Kutubiyya de Marrakech o la existente en el Patio de Banderas del Alcázar de Sevilla.





Figura 30. Distintos ejemplos de yeserías en pórticos en la ciudad de Sevilla: a) Patio del Yeso en el Alcázar de Sevilla (siglo XI); b) y c) Casa de Pilatos (siglo XV). Fotografías del autor.



Figura 31. Cúpula de la Mezquita de Tremecén (Argelia, siglo XI) (Almagro Gorbea, 2016).

Posteriormente los nazaríes establecieron su capital en Granada. En esta época, la Alhambra es un claro ejemplo donde se pueden encontrar numerosas aplicaciones de yeso en morteros y decoraciones tanto interiores como exteriores.

La prefabricación de piezas de yeso tuvo una aplicación de gran utilidad en la construcción de bóvedas basado en piezas de fabricación por moldeo, ocasionando decoraciones en cascada, a partir de un sistema o juego de piezas de diferentes formas y tamaños encajándose en varias posiciones posibles (Sanz Arauz, 2009).

En el apartado ornamental fueron significativas las bóvedas de la época nazarí de la Alhambra, entre ellas destaca el caso de la cúpula de mocárabes (Almagro Gorbea, 1986; Rubio Domene, 2010) (Figura 32a), así como numerosas yeserías en todo el conjunto (Figura 32b y c). Se pueden distinguir dos técnicas constructivas con yeso que corresponden a diferentes periodos de la construcción del conjunto, como son yeso tallado en fresco y yeso colado (Cardell Fernández y Navarrete Aguilera, 2006). El Palacio de Partal (hacia el año 1300) es un ejemplo de la primera técnica, y el Patio de los Leones (segunda mitad del siglo XIV) de la segunda (Figura 32d).

Según Almagro Gorbea (1986), el yeso tiene otras muchas aplicaciones en la construcción, como puede ser la formación de fábricas de tapia, la protección de estructuras de madera (Figura 32e) como las armaduras de las cubiertas, o las ampliamente usadas bóvedas tabicadas, es decir, las construidas con ladrillos puestos de plano y unidos entre sí por sus bordes más estrechos. Esta técnica, cuyo uso ha llegado casi a nuestros días, la tenemos constatada ya en el siglo XII en las ruinas de la población musulmana de Siyāsa (Cieza, Murcia), documentado por Julio Navarro (Navarro Palazón, 1985; Navarro Palazón y Jiménez Castillo, 1995). Se conserva en la casa nº 10 del poblado el arranque de una escalera con cuatro peldaños, la cual se construyó con una bóveda tabicada, según puede verse por la disposición de los ladrillos que constituían su intradós (Almagro Gorbea, 2001) (Figura 33).

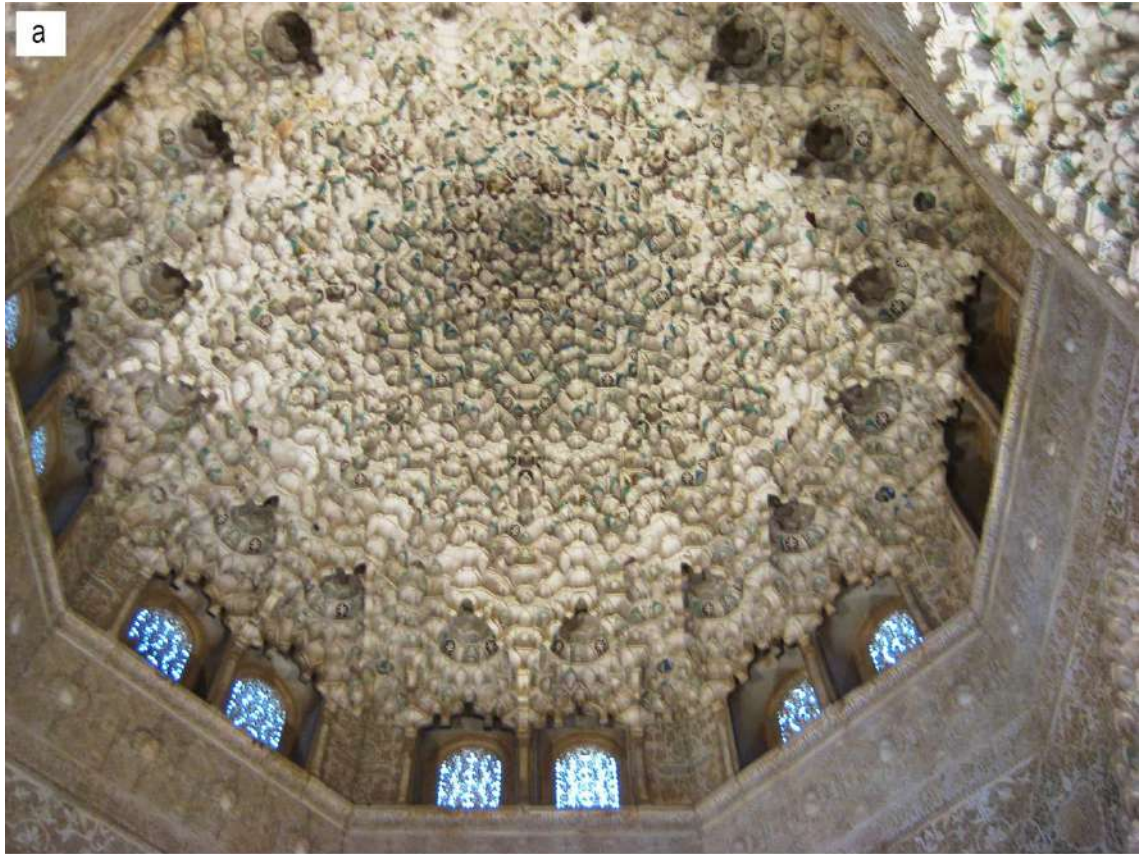




Figura 32. Distintos ejemplos del extendido uso del yeso en la Alhambra (Granada): a) elementos decorativos “en cascada” en la cúpula de mocárabes en la Sala de las Dos Hermanas; b) y c) yeserías en el Patio del Cuarto Dorado; d) aplicaciones decorativas con yeso en exteriores en los pórticos del Patio de los Leones; e) motivos decorativos pintados sobre yeso revistiendo la estructura de madera en el techo de la sala del Peinador de la Reina. Fotografías del autor.



Figura 33. Arranque de escalera en la casa nº10 del poblado islámico de Siyāsa (en Cieza, Murcia) (Almagro Gorbea, 2001).

4.2.1.2.c. Edad Media: reinos cristianos

En la España medieval cristiana se encuentran ejemplos del uso del yeso en el exterior, que todavía perduran hoy en día, lo que podría ser un indicativo de la supuesta buena calidad que el

yeso tradicional tenía en el pasado. Algunos ejemplos son las murallas de Moya (Figura 34a), en Cuenca (Villanueva Domínguez, 2005), las iglesias mudéjares de San Gil y de Santa María Magdalena de Zaragoza, la iglesia de San Martín (Teruel, siglo XIV) (Almagro Gorbea, 1991), la ermita de Santa María de la Huerta en Fréscano (Zaragoza, siglo XIII) o el Castillo de Ayllón de Uncastillo, en Zaragoza (siglo XIII) (Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005).

De esta época destacan yeserías como las de la Sinagoga del Tránsito y de Santa María la Blanca en Toledo (Figura 34b), de la segunda mitad del siglo XIV (Villanueva Domínguez, 1996). A nivel ornamental, merece la pena destacar el uso del alabastro en el arte religioso y funerario de España, especialmente en Aragón.

Según Almagro Gorbea (1986), la prefabricación de piezas de yeso continuó siendo muy habitual en la arquitectura gótica, en este caso para obtener dovelas con las que formar los arcos y nervios de bóvedas (Marín Sánchez, 2011). Posteriormente se seguirá usando ampliamente para ornamentar iglesias y palacios.



Figura 34. a) Uso de yeso en exterior en las murallas de Moya (Cuenca) según Villanueva Domínguez (2005) (Santiago López-Pastor, 2017); b) yeserías interiores en la Sinagoga de Santa María la Blanca (Toledo) según Villanueva Domínguez (1996) (Santiago López-Pastor, 2014).

4.2.1.2.d. Renacimiento y Barroco

En España, el estuco no se extendió demasiado durante el Renacimiento debido a la entrada de maderas finas y metales nobles, predominando los dorados sobre madera y yeso (Beard, 1983). La evolución de las yeserías o del estuco andalusí de origen islámico, que dieron lugar posteriormente a las yeserías mudéjares y a los característicos esgrafiados segovianos en el siglo XVII, provocó que las técnicas del revocado y estucado apenas se extendieran en España, dando como resultado que el número de obras de arquitectura revocada y estucada fuera

considerablemente menor que en Italia, uno de los países de mayores exponentes (La Spina, 2015).

Sin embargo, el Barroco sí que supuso la generalización del uso del estuco para decoración de interiores, con numerosos ejemplos como la iglesia de la Encarnación de Madrid (Figura 35a), la Catedral de Salamanca, donde la familia Churriguera y sus colaboradores realizaron diversos estucos durante la segunda mitad del siglo XVII, o la sacristía de la Cartuja de Granada, de la que no se conoce el autor del diseño (Almagro Gorbea, 2010). En Sevilla, Leonardo de Figueroa, uno de los arquitectos más influyentes en el Barroco sevillano (Falcón Márquez, 2017), también empleó el estuco como forma decorativa, como su intervención en la capilla mayor de la iglesia de San Vicente en Sevilla, en la que realizó la decoración mural entre 1691 y 1693 bajo las bóvedas góticas, o la fachada del hospital de la Caridad (Figura 35b) (Falcón Márquez, 2017).

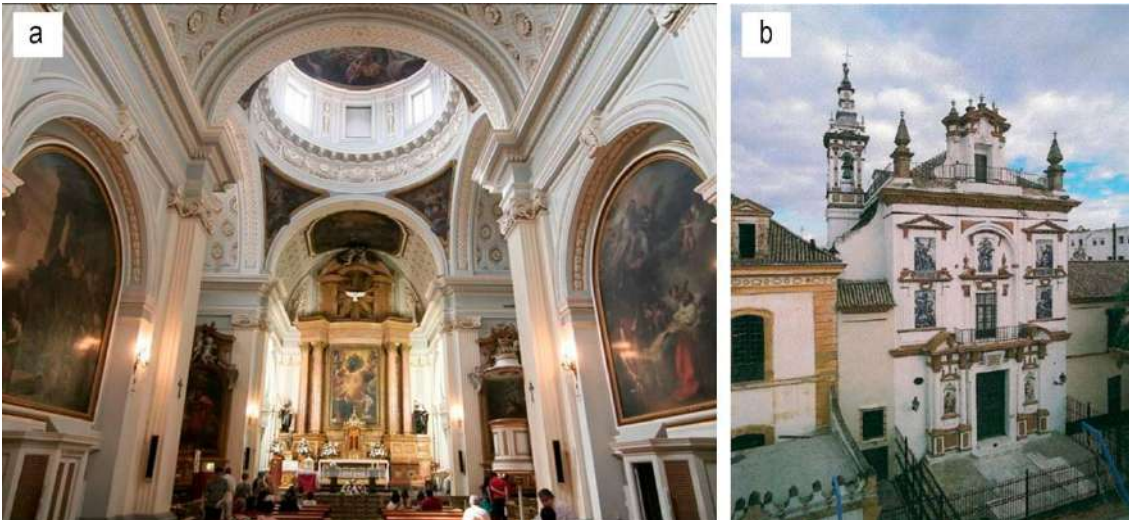


Figura 35. a) Interior de la iglesia de la Encarnación de Madrid, con interiores barrocos realizados con estucos (Kike Rincón, 2019); b) fachada del Hospital de la Caridad en Sevilla (de Ceballos, 2014).

Como bien aclaraba Almagro Gorbea (1986), junto al extendido uso de las bóvedas tabicadas se comenzó a desarrollar a partir del siglo XV el uso de tabique palomeros y tableros planos de rasilla para aligerar los senos de estas bóvedas y eliminar el peso muerto de las mismas haciéndolas mucho más eficientes. El desarrollo de esta técnica será enorme en los siglos XVII y XVIII utilizándose prolijamente en la construcción de todo tipo de bóvedas, especialmente en las iglesias, con notable economía de medios y coste (Villanueva Domínguez, 2005).

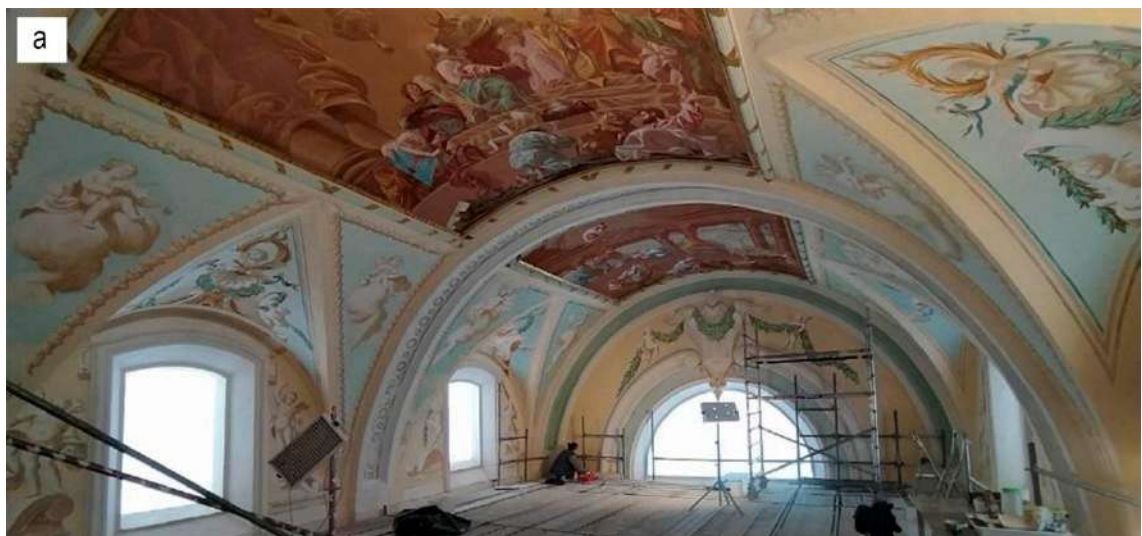
4.2.1.2.e. Siglos XVIII, XIX y XX

Durante la segunda mitad del siglo XVIII se siguen dos tendencias en paralelo, como son la tradición del estuco y la decoración en mármoles, trasladándose muchos de estos últimos desde

la escultura y la marquetería lapidaria a los revestimientos de yeso. Así, se pueden encontrar pavimentos continuos como el del Salón del Comedor del Palacio de Aranjuez; los estucos de la iglesia de San Miguel de Madrid; los del Palacio de Linares en Madrid, la portada del Palacio del Marqués de Dos Aguas en Valencia (siglo XVIII) (Figura 36), realizada en alabastro y estuco al exterior; los estucos interiores de la Cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes en Sariñena, Huesca (siglo XVIII) (Figura 37); o los del Palacio de la Diputación de Palencia (inicios del siglo XX) (Figura 38) (Sanz Arauz, 2009).



Figura 36. Palacio del Marqués de Dos Aguas (Valencia, siglo XVIII): a) fachada del palacio que está prácticamente en su totalidad, incluyendo revestimientos y molduras, realizada con yeso; b) detalle de la puerta de entrada con exuberantes decoraciones realizadas con yeso. Fotografías del autor.



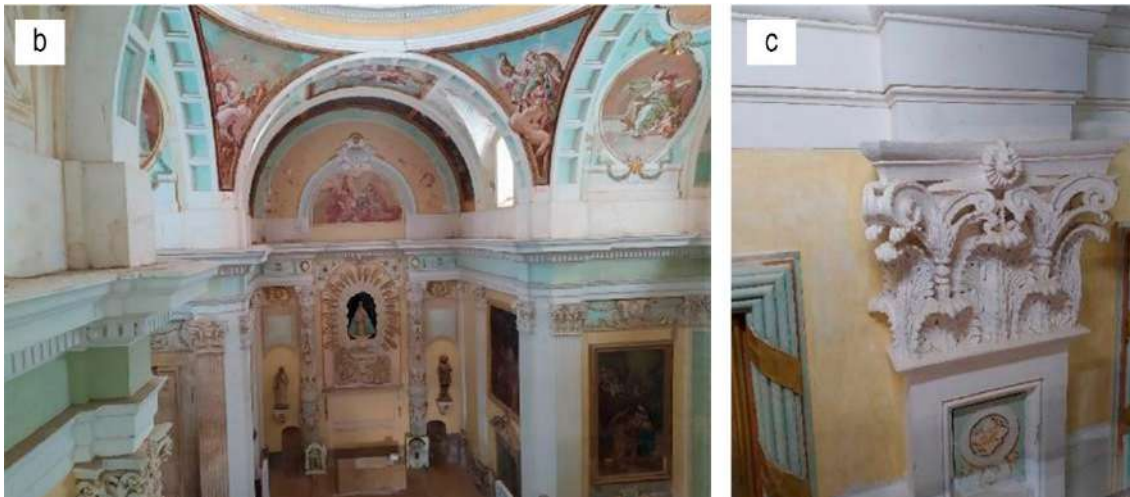


Figura 37. Distintos ejemplos de estucos realizados en el interior de la Cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes en Sariñena (Huesca, siglo XVIII): a) bóveda de la nave central durante una reparación; b) cúpula del crucero y Capilla Mayor al fondo; y c) capitel decorativo. Fotografías del autor.



Figura 38. Estucos en el interior del Palacio de la Diputación de Palencia (inicios del siglo XX). Fotografía del autor.

Los revestimientos exteriores con yeso fueron más que habituales durante los siglos XVIII y XIX. En Zaragoza, la portada del Monasterio de Santa Fe de Huerva del siglo XVIII, en el barrio de Santa Fe, se puede encontrar restos de revestimientos de yeso en la fachada (Figura 39).



Figura 39. Monasterio de Santa Fe de Huerva: a) fachada delantera de la portada del Monasterio (SIPCA, s.f.); b) - d) fachada trasera de la portada del Monasterio, donde se pueden apreciar restos del revestimiento exterior realizado con yeso. Fotografías del autor.

En la arquitectura popular fueron igualmente frecuentes los revestimientos de yeso, como bien se puede observar en la mayor parte del caserío conservado de la época, en las ciudades y pueblos de las zonas yesíferas de España. Ejemplos importantes son Cuenca (Abenza Ruiz, 2009) y Albarracín (Sanz Arauz y Villanueva Domínguez, 2004), entre muchos otros. En ambos lugares la tradición constructiva de los revocos exteriores de yeso se ha mantenido.

En Madrid, la mayoría de los patios y edificios construidos durante el siglo XIX se erigieron con yeso (Bustamante Montoro et al., 2005). Igualmente, el yeso está presente en las fachadas revocadas madrileñas, al menos como material de mezcla (Barahona Rodríguez, 1990), como es el caso de los pueblos de la zona, donde fue habitual el empleo de este material en fachadas conservadas hasta hoy en día, como en el caso de Chinchón (Villanueva Domínguez, 1999).

En Valencia, pese a ser tradicionalmente asumido que los revocos de los edificios residenciales construidos durante los siglos XVIII, XIX e incluso principios del XX, eran el resultado del endurecimiento de una mezcla compuesta por diversos componentes (principalmente aglutinantes de cal, arena y agua), algunos estudios han revelado que su auténtica naturaleza es el yeso como aglutinante (La Spina, 2013; Mileto y La Spina, 2011).

Prácticamente todas las fachadas de la Valencia histórica fueron recubiertas con revocos exteriores tradicionales a base de morteros aplicados en una o varias capas para cubrir y proteger los muros de mampostería de ladrillo y también para decorarlos (La Spina, 2015). El uso de revocos tiene una larga tradición en edificaciones residenciales porque era más económico que la mampostería de piedra, utilizada exclusivamente para edificios públicos o se limitaba solo a rodapiés y esquinas de plantas bajas y a antepechos, jambas o dinteles de puertas y ventanas en fábricas de ladrillo (La Spina et al., 2014).

4.2.1.2.f. Industrialización del yeso en España: periodo de posguerra

Villanueva Domínguez (2005) establece en la historia de la construcción tres periodos bien diferenciados en cuanto a técnicas de fabricación y a productos resultantes: la etapa tradicional o artesanal, donde primaba una producción escasa y discontinua; la etapa industrial, donde emerge la fabricación en cadena; y la etapa “postindustrial” (la etapa actual), caracterizada por la prefabricación de los sistemas constructivos. Aplicando estos términos a la historia tecnológica del yeso, la etapa artesanal se corresponde con los yesos fabricados en los hornos tradicionales; la etapa industrial engloba la producción de yesos de manera más eficiente, controlada y en grandes cantidades; y la etapa “postindustrial” comprende los yesos con aditivos de tipo sintético que modifican sus propiedades (Sanz Arauz, 2009).

En España, el uso del yeso tradicional continuó siendo muy habitual hasta que comenzó su industrialización, que llegó tarde en muchas áreas del interior. Por este motivo, los yesos tradicionales se mantuvieron en uso hasta el despoblamiento de las áreas rurales, causado por la emigración hacia los núcleos urbanos, producida de manera continuada desde el final de la

Guerra Civil española de 1936 hasta los años 70. De esta época datan las últimas explotaciones semiindustriales de yeso (Burg Hohn et al., 1976).

La Guerra Civil española supuso justamente una grave ruptura generacional en los oficios de la construcción, pues las obras de reparación y reconstrucción de las áreas dañadas se realizaron en muchos casos con operarios no familiarizados con la construcción tradicional y aprendían directamente con los materiales y técnicas de la albañilería modernos. La competencia de las fábricas industrializadas y el éxodo del campo a la ciudad provocaron prácticamente la desaparición de los hornos tradicionales de cal y yeso. No es hasta la actualidad, cuando en el ejercicio de la restauración arquitectónica resurge el interés por estos materiales (Sanz Arauz, 2009).

Como resultado, en la actualidad ha desaparecido casi por completo la producción de yeso artesanal. Pocos son los artesanos que recuerdan y conocen los secretos de tan cuidada elaboración para la obtención de un material tan utilizado en el Patrimonio Arquitectónico. Hoy en día, la gran industria, está en manos, sobre todo, de 4 multinacionales que han ocupado el mercado: British Plaster Board Gypsum Industries (BPB) (Reino Unido), Lafarge Plâtres (Francia), Knauf (Alemania) y Gyproc (Bélgica), las 3 últimas con sede en España.

4.2.2. Hipótesis cronológica del uso del yeso tradicional en Aragón

Esta investigación parte de una dificultad para establecer relaciones entre épocas y sistemas constructivos, ya que la datación de la arquitectura popular estudiada es compleja y ambigua por la inexistencia de datos precisos, y en ocasiones estos dependen únicamente de información verbal de trabajadores o propietarios de los edificios. Así, la escasa bibliografía descriptiva documentada y las entrevistas realizadas han permitido identificar y describir los procesos de utilización y aplicación de las técnicas de yeso tradicional durante la primera mitad del siglo XX.

En cambio, en la arquitectura monumental es habitual encontrar inscripciones con la fecha de construcción o permite acudir a fuentes fiables de consulta. Los primeros usos documentados del yeso en grandes volúmenes de edificios patrimoniales, sin embargo, datan del siglo X, como es el caso de la torre del Trovador, o el Palacio del siglo XI, ambos en la Aljafería (Zaragoza). También hay constancia de construcciones de yeso en el siglo X en Albarracín o Calatayud (Almagro Gorbea, 1976; Almagro Gorbea, 1983).

No obstante, en la arquitectura popular, aunque muchos de los edificios documentados pudieran tener su origen en ese mismo periodo, no parece sensato aventurarse a afirmar que pudieran ser anteriores al siglo XVIII, del cual ya se tiene constancia de la utilización del yeso en la arquitectura popular. No obstante, tras las visitas realizadas no se han observado diferencias constructivas en los edificios de los pueblos hasta la segunda mitad del siglo XX, coincidiendo con la hipótesis por la que se determina que los sistemas constructivos del yeso tradicional en Aragón no variaron desde su introducción (siglo XI) hasta el inicio de la preindustrialización y la introducción de los materiales modernos (cemento, metal y uralita). Por tanto, el periodo de construcción estudiado en esta investigación es el comprendido entre el siglo XI y la segunda mitad del siglo XX.

4.2.2.1. *Hasta el siglo III a.C. Prehistoria: Paleolítico, Epipaleolítico, Neolítico, Edad del Bronce y Edad del Hierro*

Durante la Prehistoria existieron varios asentamientos importantes en las proximidades de grandes afloramientos de yeso en Aragón. Sin embargo, el único uso reportado de mortero de yeso y revoco se remonta a la Edad del Bronce Tardío / Edad del Hierro (siglos IX-VI a.C.), como se puede observar en el yacimiento arqueológico "El Cabezo de la Cruz de la Muela" (siglo VII-VI a.C.) (Figura 40), descubierto por J. Fanlo en 1975 (41°29'36.9"N, 1°4'13.2"W (yacimiento arqueológico) en Google Maps) en la provincia de Zaragoza (Picazo Millán y Rodanés Vicente, 2009; Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005), y no ha sido posible obtener información sobre la

tecnología de yeso imperante durante este período, si bien en este yacimiento se han encontrado restos de argamasas con un elevado contenido en yeso, tanto en morteros de junta como en revocos, mezclados con arena y con adiciones de cal (Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005).



Figura 40. Yacimiento de El Cabezo de la Cruz (Picazo Millán y Rodanés Vicente, 2005).

En el yacimiento arqueológico de “El Cabezo de la Horca” ($41^{\circ}29'50.8''N$, $0^{\circ}39'09.2''W$ en Google Maps), también conocido como “El Cabezo Morrudo” (Figura 41a y b), un extenso poblado perteneciente a la Edad del Bronce Final y Primera Edad de Hierro, situado sobre un espolón de yesos cerca del pueblo de Rodén (Zaragoza) (Maturén, 2009; Picazo Millán et al., 2019), igualmente se utilizó el yeso como material de construcción, realizando los muros de las viviendas con piedra de yeso, lo cual se pudo constatar en una visita in situ acompañado por el antiguo albañil Javier Moreno Lizaga (desarrollado en el Anexo IV).

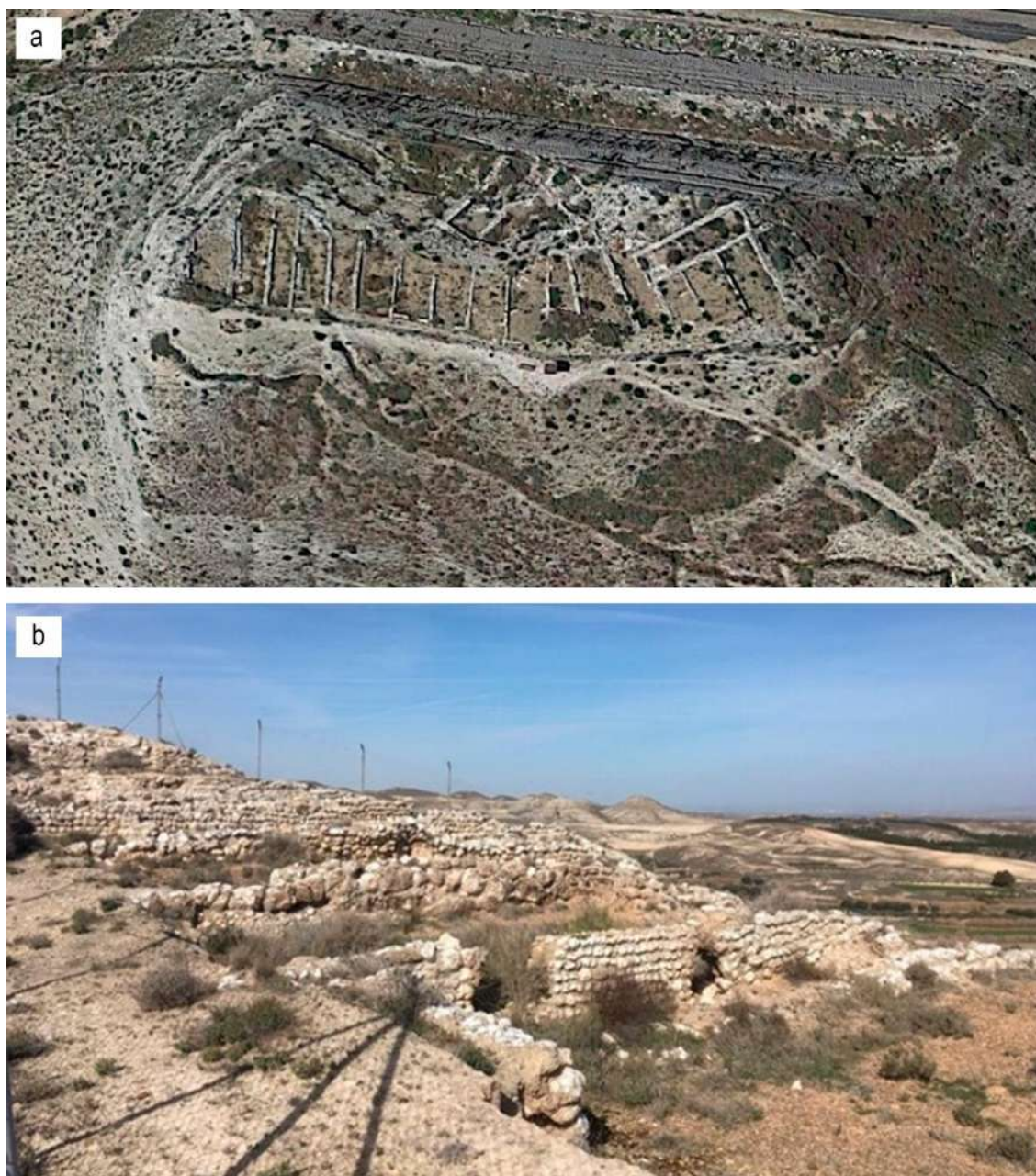


Figura 41. Yacimiento arqueológico de El Cabezo de La Horca en Rodén (Zaragoza): a) vista aérea, imagen tomada de Google Maps; b) restos de los muros realizados con piedra de yeso, fotografía del autor.

4.2.2.2. Siglo III a.C. - siglo V d.C. Periodo romano

Los romanos fundaron varios asentamientos importantes en Aragón como Celsa (yacimiento arqueológico cerca de Gelsa, Zaragoza, $41^{\circ}22'26.9''N$, $0^{\circ}25'58.7''W$ en Google Maps), La Cabañeta (yacimiento arqueológico cerca de El Burgo de Ebro, Zaragoza, $41^{\circ}33'56.9''N$, $0^{\circ}42'45.6''W$ en Google Maps) y la villa romana Loma del Regadío (yacimiento arqueológico en Teruel, $41^{\circ}11'38.2''N$, $0^{\circ}29'39.2''W$ en Google Maps). En todos ellos se han identificado materiales con alto contenido en yeso, que fueron utilizados para morteros, revocos y pavimentos (Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005; Sanz Arauz, 2009). Esto no es de extrañar ya

que todos los asentamientos se encontraban muy próximos a importantes afloramientos de yeso, algunos de los cuales son explotados actualmente por multinacionales fabricantes de yeso (PladurGypsum SAU y Saint-Gobain Placo Ibérica, SA).

En la ciudad romana de Bílbilis (yacimiento arqueológico cerca de Calatayud, Zaragoza, 41°24'34.9"N, 1°36'28.4"W en Google Maps, en torno al siglo II a.C.), pese a la profusión de las técnicas constructivas con yeso tradicional en elementos estructurales desarrollados en la ciudad de Calatayud con la posterior cultura musulmana (Figura 46a; Figura 55e), en cambio durante este periodo romano, el yeso solamente fue empleado en decoraciones en techos de grandes casetones enmarcados con molduras, hallados en las termas (Martín-Bueno et al., 2004). Según los análisis de Alloza Izquierdo y Marzo Berna (2005), los revocos de Bílbilis estaban compuestos por un 30% de cal, y solamente un 10% de yeso.

Otro hecho que refuerza la hipótesis de la escasa predilección de la cultura romana por el yeso como material de construcción lo encontramos en el municipio de Caminreal (Teruel), en el que aún hoy en día podemos identificar un vasto espectro de técnicas constructivas realizadas con yeso tradicional en dicho municipio y que han perdurado con dignidad hasta la actualidad en forma de pavimentos, revestimientos de fachadas y elementos estructurales como pilares, en los que se depuró la técnica consiguiendo una gran calidad y belleza estética (Figura 152). Junto a este municipio, existió una de las ciudades romanas de mayor tamaño de España, denominada actualmente como la ciudad romana de "La Caridad" (yacimiento arqueológico 40°50'36.5"N, 1°20'19.3"W en Google Maps, entre los siglos II y I a.C. (Vicente Redón, 1984)) (Figura 42), donde al margen de ser autor de la presente investigación, he realizado la Dirección de Obra de los trabajos de conservación y mantenimiento de los restos arqueológicos, y como tal, he encargado el análisis de 11 muestras de pavimentos, enlucidos interiores, enlucidos exteriores, morteros de adobe y morteros de mampostería, mediante la técnica analítica de difracción de rayos X (DRX). Los ensayos fueron realizados por la empresa Geoartec Technical Solutions en noviembre de 2022, y los resultados mostraron que la composición básica de los morteros es calcita y cuarzo en menor proporción, identificándose también dolomita, ilita y moscovita en algunos de ellos. Sin embargo, no se pudo detectar la presencia de yesos en ninguno de ellos.

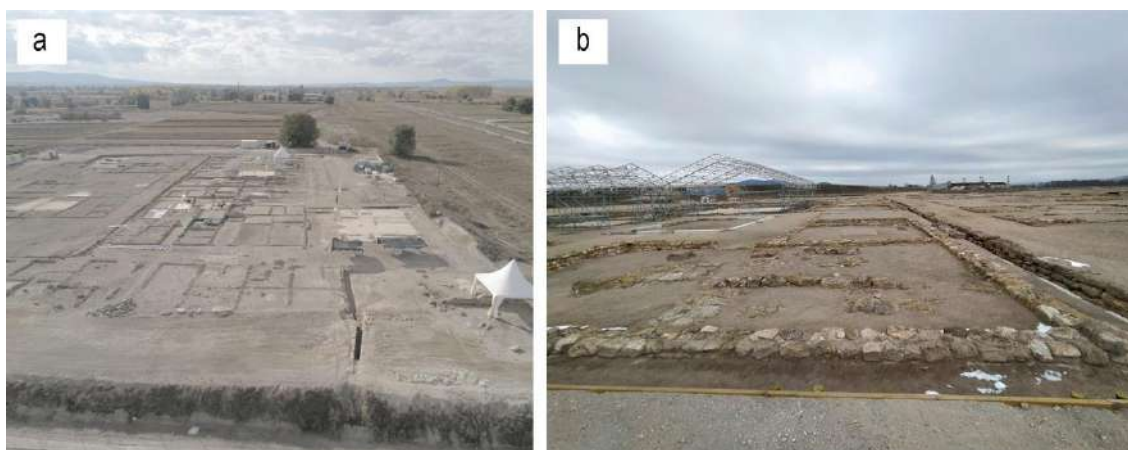


Figura 42. Yacimiento arqueológico de la ciudad romana de La Caridad (siglos I-II a.C.): a) vista aérea del conjunto; b) detalle de uno de los muretes durante los trabajos de conservación. Fotografías del autor.

4.2.2.3. Siglo V - siglo VIII. Dominio visigodo

La presencia de los visigodos como clase dominante, que representaba tan sólo el 5% de la población total, no parece haber tenido una influencia importante en la arquitectura popular de Aragón. Según Rovira (2003), la población, en general, mantuvo las costumbres romanas, incluida la religión cristiana predominante y la lengua latina. La escasa población y profusión constructiva en Aragón hacen preciso estudiar este periodo por analogía a partir de ejemplos arquitectónicos en otras regiones de España, entre ellos la iglesia visigoda de Santa María de Melque de Toledo (siglos VII-VIII) que revela una importante influencia de la arquitectura romana, es asumible plantear la hipótesis de que la utilización del yeso se mantuvo intacta con respecto al periodo romano (Caballero Zoreda et al., 1999).

4.2.2.4. Siglo VIII - siglo X. Primer periodo islámico

Durante el periodo temprano del gobierno islámico, las élites gobernantes hispano-visigodas se mantuvieron en el poder después de convertirse al islam (Cañada Juste, 1980). Sin embargo, al igual que sucedió en el periodo visigodo, las tradiciones islámicas tuvieron poca influencia en la población local, puesto que el 90-95% de los habitantes de Aragón eran “mozárabes” (es decir, una población que mantuvo la cultura hispano-visigoda (Simonet, 1897)), lo que hace que parezca probable que se mantuvieran las técnicas de construcción en la tradición local.

4.2.2.5. Siglo X - siglo XII. Segundo periodo islámico

Ya en el segundo periodo de gobierno islámico, la población islámica aumentó sustancialmente gracias a un gran proceso migratorio hacia Aragón (principalmente de ascendencia yemení como las dinastías Banu Hud y Banu Tuyib), fomentado para aumentar la presencia de creyentes

musulmanes y afianzar el islam, apaciguando las numerosas y habituales rebeliones. A mediados del siglo XI los “mozárabes” solo representaban el 50% de la población total (Souto Lasala, 1992).

Este periodo supuso una importante ruptura con los siglos anteriores. Los colonos yemeníes construyeron nuevos barrios y municipios (por ejemplo, Calatayud y Daroca en la provincia de Zaragoza, entre muchos otros), introduciendo técnicas de urbanismo y construcción típicas de la arquitectura de Oriente Medio (Corral Lafuente y Peña Gonzalvo, 1986). En consecuencia, el yeso se convirtió en un importante material de construcción para fines estructurales y de acabado, incluyendo columnas, pilares, juntas de mortero, muros estructurales, enlucidos, revestimiento de fachadas y pisos (Almagro Gorbea, 1986). Durante las visitas locales se pudo constatar que en todos los municipios fundados durante este periodo el yeso jugó un papel importante como elemento constructivo, utilizándose en todas sus formas: piedra, conglomerante de mortero, revestimiento de fachadas, terminación de suelos, revestimientos interiores, y sobre todo como elemento estructural en pilares, muros de carga, nervios y forjados.

De esta manera, monumentos de gran importancia como la Aljafería de Zaragoza (segunda mitad del siglo XI) fue construido casi enteramente en yeso y ladrillo (Figura 43yFigura 44), aunque también con piedra labrada de alabastro, empleado principalmente en capiteles y relieves (Almagro Gorbea, 1986).

De esta fecha también datan algunas fortificaciones de origen defensivo, como el Castillo de Cadrete (Zaragoza, siglo X) (Figura 45). Además, en Albarracín (Teruel) se pueden encontrar ejemplos tempranos del uso del yeso en la arquitectura, como son la torre del Andador del siglo X o las murallas de época islámica de la ciudad y del castillo que han subsistido, igualmente realizadas con tapias de yeso y piedra.

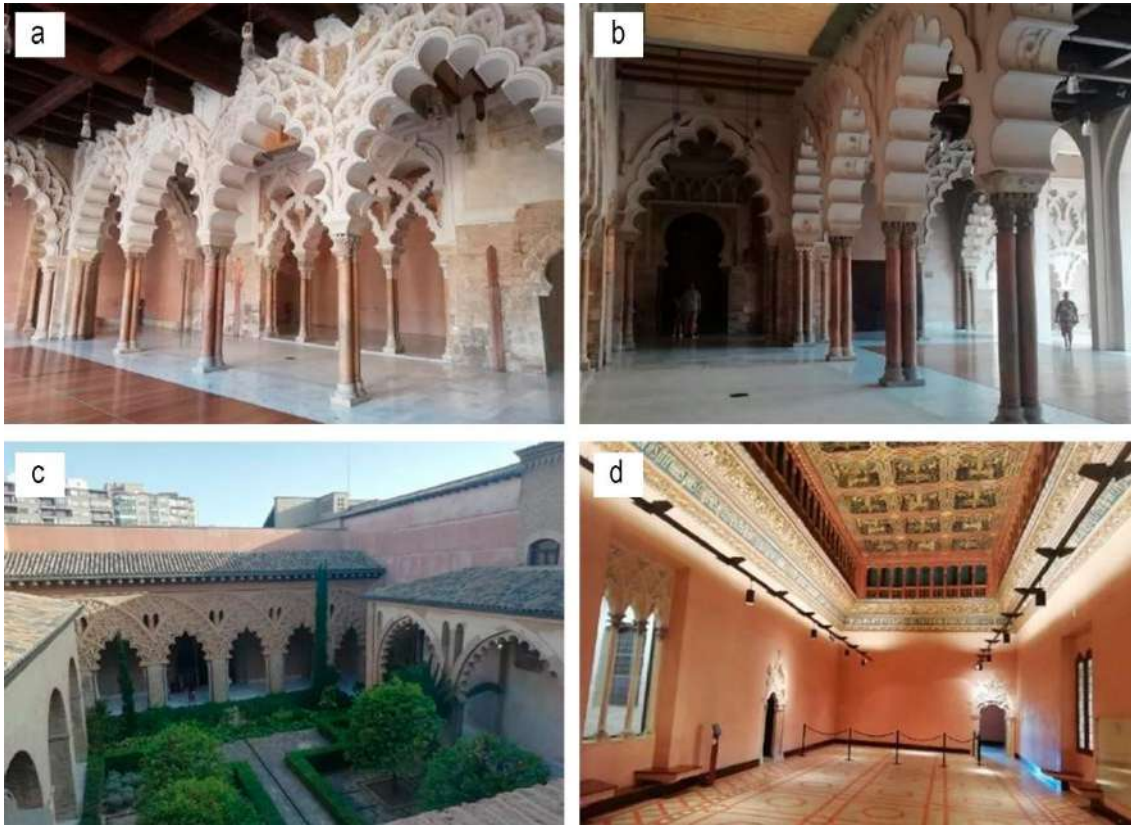


Figura 43. Múltiples ejemplos de utilización del yeso en el Palacio de La Aljafería (Zaragoza, siglo XI): a) - c) yeserías en los pórticos del Patio de Santa Isabel; d) detalles de molduras en el Salón del Trono. Fotografías del autor.

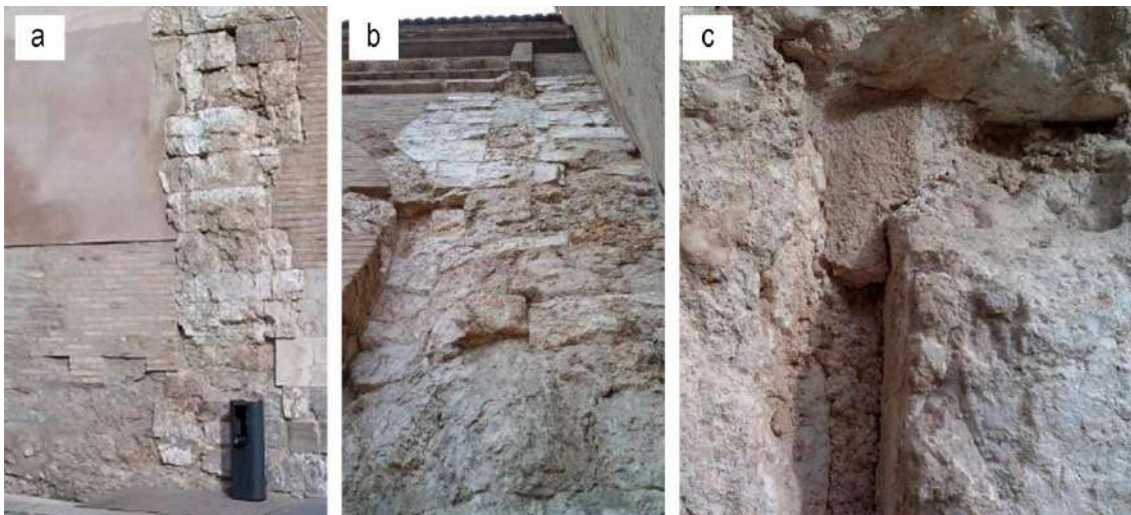


Figura 44. a) - c) Fachada exterior del Palacio de la Aljafería (Zaragoza, siglo XI), mostrando los muros de mampostería de piedra con juntas de yeso. Fotografías del autor.

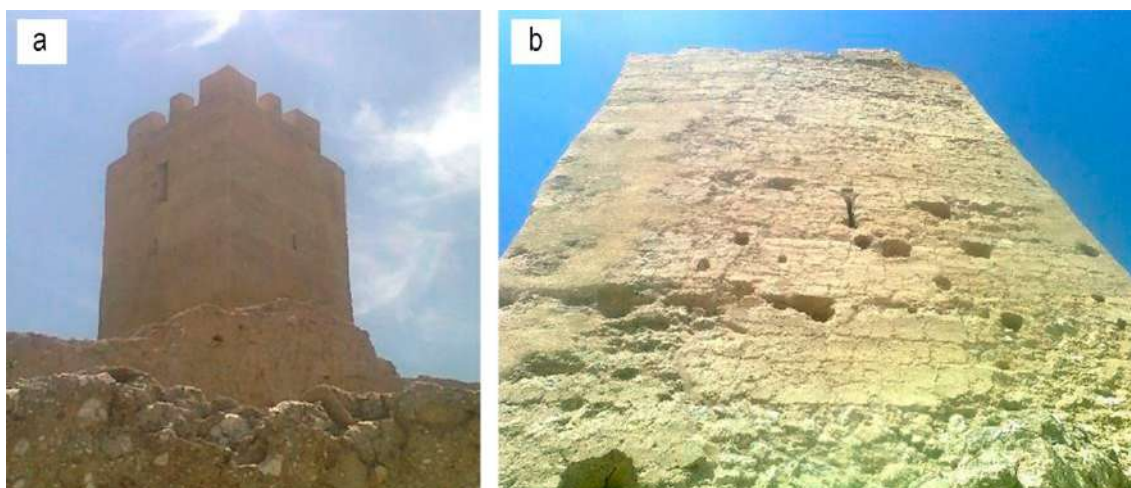


Figura 45. a) Torre del Castillo de Cadrete (Zaragoza, siglo X); b) detalle del revestimiento exterior de la torre del castillo, que está realizado con yeso. Fotografías del autor.

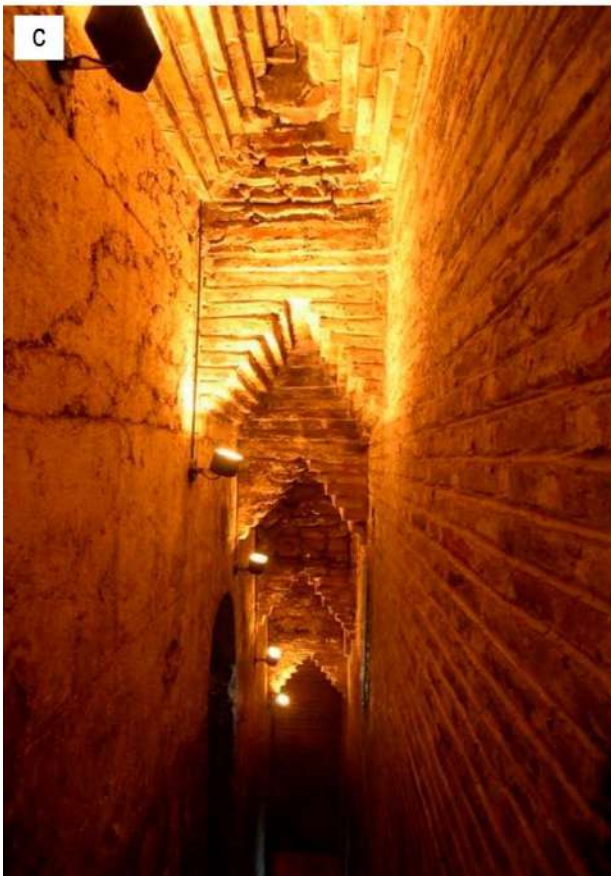
4.2.2.6. Siglo XII - siglo XVII. Periodo de convivencia cultural

El gobierno islámico finalizó en Zaragoza en el año 1118, cuando cayó con la Reconquista a manos de los cristianos, y en el resto de la Península Ibérica en el año 1492 con la caída del reino nazarí de Granada. Los siglos siguientes se caracterizaron por un periodo de convivencia entre las culturas islámica y cristiana. Los musulmanes pudieron permanecer en territorio cristiano conversos al cristianismo (“moriscos”) o manteniendo la religión (“mudéjares”), hasta que se decretó la expulsión de la población islámica entre los años 1609 y 1614 durante el reinado de Felipe III, que afectó a aproximadamente un sexto del total de residentes (Bernabé Pons, 2011).

Antes de su expulsión, gran parte de la población musulmana trabajó en oficios relacionados con la construcción, defendiendo las técnicas y sistemas de construcción islámicos. La influencia islámica en la arquitectura cristiana de este período está ejemplificada por las iglesias de San Gil y Santa María Magdalena en Zaragoza (Igea Romera, 2011; Almagro Gorbea, 1986). Durante las visitas locales se pudo constatar que el yeso era un elemento constructivo importante en las iglesias, así como en otros importantes monumentos de esta época como el Castillo de Ayyub en Calatayud (Zaragoza) (Figura 46a).

En el municipio de Teruel, el empleo del yeso como conglomerante fue muy habitual, puesto que permitía una veloz construcción, integrando fábricas normales de ladrillo tomadas con yeso, bovedillas construidas sin cimbra cubriendo las escaleras y muros internos de tapia de yeso, como se puede observar en las numerosas torres mudéjares, como la Torre del Salvador (siglo

XIV) (Figura 46b y c), la iglesia de San Pedro (siglo XIV) (Figura 46d y e) o la torre de la Catedral (finales del siglo XIII) (Figura 46f) (Almagro Gorbea, 1986).



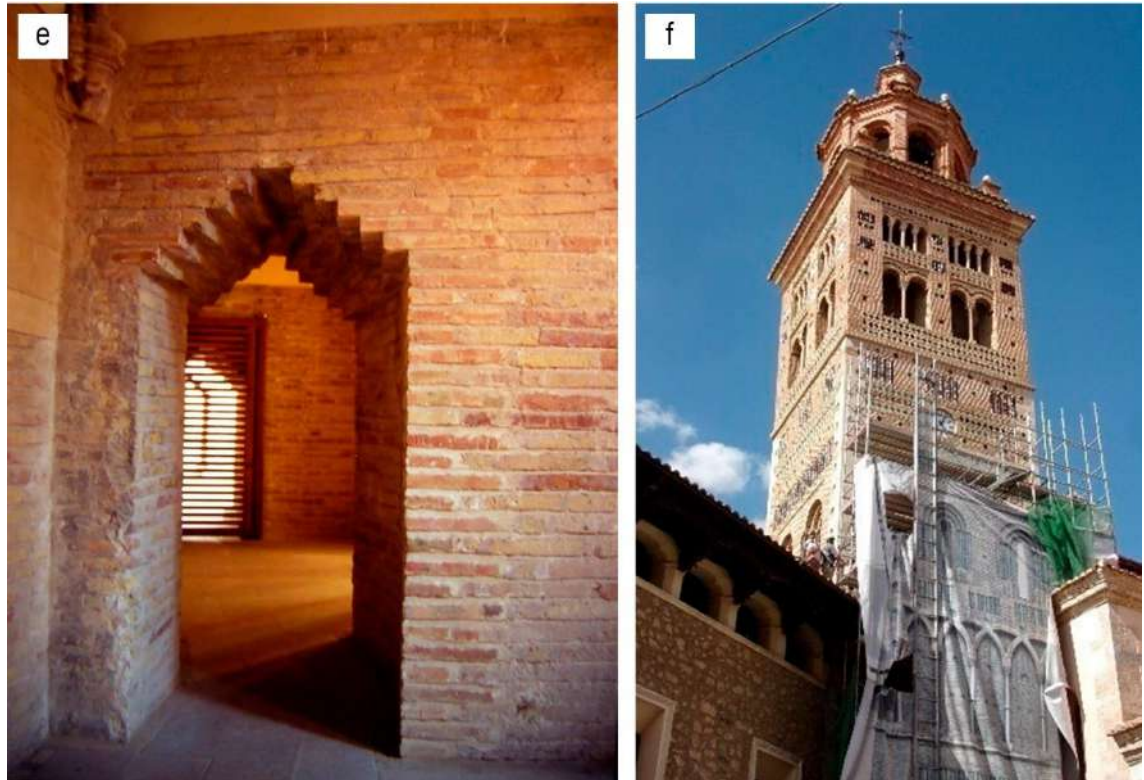


Figura 46. a) Castillo de Ayyub en Calatayud (Zaragoza, siglo IX); b) y c) Torre del Salvador en Teruel (siglo XIV), donde se puede apreciar una doble “piel” exterior de ladrillo que cubre el muro interior realizado con tapia de yeso según Almagro Gorbea (1986); d) y e) empleo del yeso como conglomerante para fábricas en la torre de la iglesia de San Pedro (Teruel, siglo XIV); f) Torre de la Catedral de Teruel (siglo XIII). Fotografías del autor.

Cabe destacar que varios registros públicos contemporáneos describen, bajo el término “mulleres”, el trabajo específico de construcción realizado por mujeres, quienes estaban a cargo de la limpieza del sitio de construcción y el transporte de materiales, así como de la preparación del adobe. Según un documento público de 1387 (García Herrero, 2008), las mujeres eran también contratadas para preparar mortero de yeso (llamado “masseras de algenz”) y disponían de salarios más altos que los trabajadores comunes. En esta época, tal y como se expresa en “Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas” de 1570 (Turriano, 1996), los sistemas constructivos tradicionales provenientes de Oriente Medio pasaron a integrarse en el proceso de elaboración del yeso en Aragón (apartado 5.2.2.2; Figura 85).

Otros ejemplos en los que se han encontrado yesos al exterior son el Castillo de Ayllón de Uncastillo del siglo XIII (Zaragoza) (Figura 47a), la ermita de Santa María de la Huerta en Fréscano (Zaragoza, siglo XIII) y la Iglesia de San Martín (Teruel, siglo XIV) (Villanueva Domínguez, 1996; Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005). Dignos de mención son también los cimborrios a base de arcos entrecruzados de las catedrales del Salvador (“La Seo”) de Zaragoza (siglo XII), la de Tarazona (siglo XII) y la de Teruel (siglos XII-XIV), clarísimos continuadores de

aquellas sutiles bóvedas almorávides y almohades hechas de ladrillo y yeso, según Almagro Gorbea (1986).

Con extenso uso en el palacio de la Aljafería (Zaragoza, siglo XI), el alabastro se convertiría en uno de los materiales preferidos, en especial a partir de la escultura gótica. Obras tan sobresalientes como el sepulcro del arzobispo Lope Fernández de Luna, en La Seo de Zaragoza (Pedro Moragues, 1381-82) y el retablo mayor de la misma catedral (Pere Johan y H. de Suabia, siglo XV) (Figura 47b) fueron tallados en esta piedra (Escavy Fernández, 2013).



Figura 47. a) Castillo de Ayllón en Uncastillo (Zaragoza) (Eduardo González Palomar, 2014); b) Retablo Mayor de la Catedral de la Seo en Zaragoza (Rufino Lasasa, 2010).

Durante el Renacimiento, la escultura en yeso y alabastro ocasionará en Aragón una escuela artística con obras de alta calidad y con buenas muestras, por ejemplo, en la portada de la iglesia de Santa Engracia, de Zaragoza (siglo XIV) y en los retablos del Monasterio de Montearagón (Huesca, siglo XVI), de la Basílica del Pilar de Zaragoza (siglo XVI) y de las catedrales de Jaca (Huesca, siglo XVII) y Huesca (siglo XVI). También en el propio Albarracín (Teruel), donde la capilla de la Comunidad en la Iglesia de Santa María (siglo XVI) resulta un ejemplo cercano de gran interés (Escavy Fernández, 2013). En la torre mudéjar de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de Utebo (Zaragoza, siglo XVI) se pueden encontrar morteros de trabazón de yeso de época barroca; los revestimientos barrocos de la Iglesia de Santo Tomás de

Villanueva (Zaragoza, siglo XVII) y las ampliaciones del Monasterio de Rueda en Sástago (Zaragoza, siglos XVII-XVIII) son de yeso con adición de cal, determinado mediante la valoración del ácido sulfúrico equivalente obtenido a partir de la disolución de los sulfatos presentes en las muestras analizadas (Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005). Durante esta época, su empleo se generalizó en tapias, material de junta en fábricas resistentes, guarnecidos y enlucidos interiores y exteriores y pavimentos (Sanz Arauz, 2009).

4.2.2.7. Siglo XVII - siglo XX

Los siglos siguientes estuvieron marcados por una extrema penuria para la población aragonesa como consecuencia de la desestabilización económica, la propagación de enfermedades y las guerras, que provocaron una despoblación regional y parecieron obstaculizar cualquier avance significativo en el campo de la construcción. La evidencia del uso continuado del yeso durante este periodo viene dada por un relato detallado de la organización de los fabricantes de yeso y yeseros en Zaragoza a finales del siglo XVIII (Sebastián, 1985). Según este relato, se enviaron cartas a la “Real Sociedad Económica” y al Ayuntamiento de Zaragoza en 1782 y 1796, respectivamente, en las que se formulaban denuncias sobre la mala calidad del yeso. El monasterio de Santa Fe (Zaragoza), construido en 1739, y el Monasterio de la Cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes en Sariñena (Huesca), construido en 1745, dan testimonio del extenso uso estructural del yeso para muros de carga, suelos, morteros de mampostería y revocos según revelan las visitas locales. Sin embargo, los siglos XVIII y XIX también estuvieron marcados por una lenta introducción de materiales de construcción modernos como el cemento Portland y el acero (Sanz Arauz y Villanueva Domínguez, 2004).

4.2.2.8. Primera mitad del siglo XX

Las técnicas de construcción de la arquitectura popular en las zonas rurales apenas avanzaron y se mantuvieron los procedimientos tradicionales y artesanales. Las familias se vieron obligadas a adaptar los edificios existentes utilizando soluciones de bajo presupuesto y materiales disponibles localmente, incluido el yeso², como evidencia un documento del año 1903 en el que se reflejan los gastos de construcción de una vivienda en Tobed (Zaragoza) (Figura 48). Las visitas locales permitieron identificar varias construcciones de este periodo, principalmente refugios para animales y almacenes agrícolas, que revelaron un uso extensivo de yeso como material de construcción estructural.

² Comunicación personal, M. Malo (Pozuelo del Campo-Morenilla, Teruel, 2017), J. García (Bara, Huesca, 2018).

Sept. 10.	Por pinturas de Calatayud		7/11/103
" 17/16	Por 4 cargas yeso	10	
" 17	Por dos cargas idem	5	
"	Semana de la Virgen los peones	19	
" 19	Semana 3 ^{ra} a 4 ^{ta} peones	48	
" 11	Idem a Pedrete he hijo	21	
" 11	Por dos cargas yeso	5	
" 11	El yeso del Frasno casto	425	
" 11	Por 35 caíces de yeso alborata	28	
" 12	Por 20 canizos	8	
" 23	Por 4000 baldosaz y portes de los mismos	110	
" 25	Por los jornales de los peones de la encueta secunda	21	
"	Por idem de Pedrete	15	
" 25	Por 44 jornales de los albañiles	132	
" 29	Por una carga yeso	2	50
" 30	Por 3 idem idem	7	5
Oct. 4	Por 5 caíces yeso	9	35
" 6	Por 5 caíces yeso	10	
"	Del yeso de Montón	5	
" 8	Por una carga yeso	3	
" 11	Por 2 jornales de los albañiles	39	
" 11	Por 2 peones de esta semana	21	
"	Por idem de Pedrete y dia 1 chico	15	
" 12	Por obra de la tubería	36	
Nov. 9	Por 10 canizos de teilla	24	50
" 17	Por 8 peonados de esta semana	16	
"	Por 3 carga de yeso	7	35
"	Por 11 piezas de papel del bueno y 8 del malo (de ompapelos)	31	
"	Por 19 caíces de yeso y 400 y 50 ladrillos	50	

Figura 48. Documento en el que se recopilan los gastos de construcción de una vivienda en Tobed (Zaragoza) en el año 1903. Se puede observar que se compraron y utilizaron varias cargas de yeso provenientes de Langa (Ávila), Morata de Jalón (Zaragoza), El Frasno (Zaragoza) y Montón de Jiloca (Zaragoza), realizando pagos por viajes y por caíces (unidad de volumen y superficie antigua). Cedido por Juan Salanova y escrito por su abuela en el año 1903.

Los inicios del siglo XX fueron prósperos debido al desarrollo de una clase burguesa y a los importantes avances en la infraestructura aragonesa. Sin embargo, la Guerra Civil española (1936-39) sumió a la región en un estado de pobreza absoluta (Barnés, 2021). La comunicación entre muchos municipios de Aragón seguía siendo difícil y el transporte de mercancías por carreteras, a menudo sin asfaltar, dependía de carros tirados por animales. La mayoría de los municipios aún no contaban con los servicios básicos: suministro de agua, electricidad, saneamiento, etc. El municipio de Zuera (Zaragoza) es un caso representativo de esta situación, del cual se tiene constancia que en el año 1941 "de las 792 casas que forman el casco de

población 479 son insalubres, y solamente 194 susceptibles de mejora. Todo esto sin tener en cuenta que una población de 810 habitantes vive alojada en cuevas labradas por sus propios habitantes y puede calcularse que ninguna de ellas reúne condiciones de habitabilidad suficiente” (Ayuntamiento de Zuera, s.f.).

Hasta la década de los años 40, no solamente los oficios y la artesanía del yeso, sino que prácticamente toda la sociedad española, continuaba sumida en un estilo de vida muy rudimentario, sin apenas variaciones desde el siglo XIX. Incluso en grandes ciudades como Madrid, capital del país y una de las principales ciudades productoras en España, continuaba vigente el estilo de vida rural, teniendo una gran dificultad para globalizar productos. Tal y como testifican las imágenes adjuntadas, los oficios tradicionales pervivieron en los años posteriores a la Guerra Civil (Figura 49).





Figura 49. a) Imagen de Zaragoza en los primeros años del siglo XX (García-Arilla Peña Gonzalvo, 2020); b) fotografía de la estación de Atocha en Madrid en 1929 (Manu, 2021); c) imagen que plasma la vida rural en Málaga en la década de 1920 (Todocolección, s.f.); d) fotografía de la Calle de la Traición en Daroca (Zaragoza) entre 1920 y 1925, en la que se puede apreciar la escasa calidad de la infraestructura urbana (Cabré Aguiló, s.f.); e) imagen de la zona antigua y Castillo de Daroca (Zaragoza) entre 1920 y 1936 (Wunderlich, s.f.).

Esta situación era todavía más extrema en el mundo rural, donde a causa de la escasa calidad de la comunicación entre municipios, la vida y los oficios tradicionales perduraron en muchas de las regiones de España hasta las décadas de los años 60 y 70 (Figura 50). Gracias a los documentos y archivos históricos que se conservan de algunos municipios, se puede afirmar que los modos de vida en las áreas rurales de España se encontraban en una situación muy precaria, la mayoría de pequeños municipios no disponían de servicios básicos como agua corriente y red de alcantarillado, calzadas pavimentadas o vehículos motorizados. La recopilación de imágenes históricas del siglo XX en el municipio concreto de Secastilla (Huesca) permite testificar que la población conservaba los mismos oficios y modos de vida artesanales propios de inicios de siglo todavía en 1965 (Pesqué Lecina, 2009). De la misma manera que Secastilla, fueron una gran cantidad de municipios los que no experimentaron los efectos de la industrialización hasta pasada la mitad del Siglo XX (Figura 50).

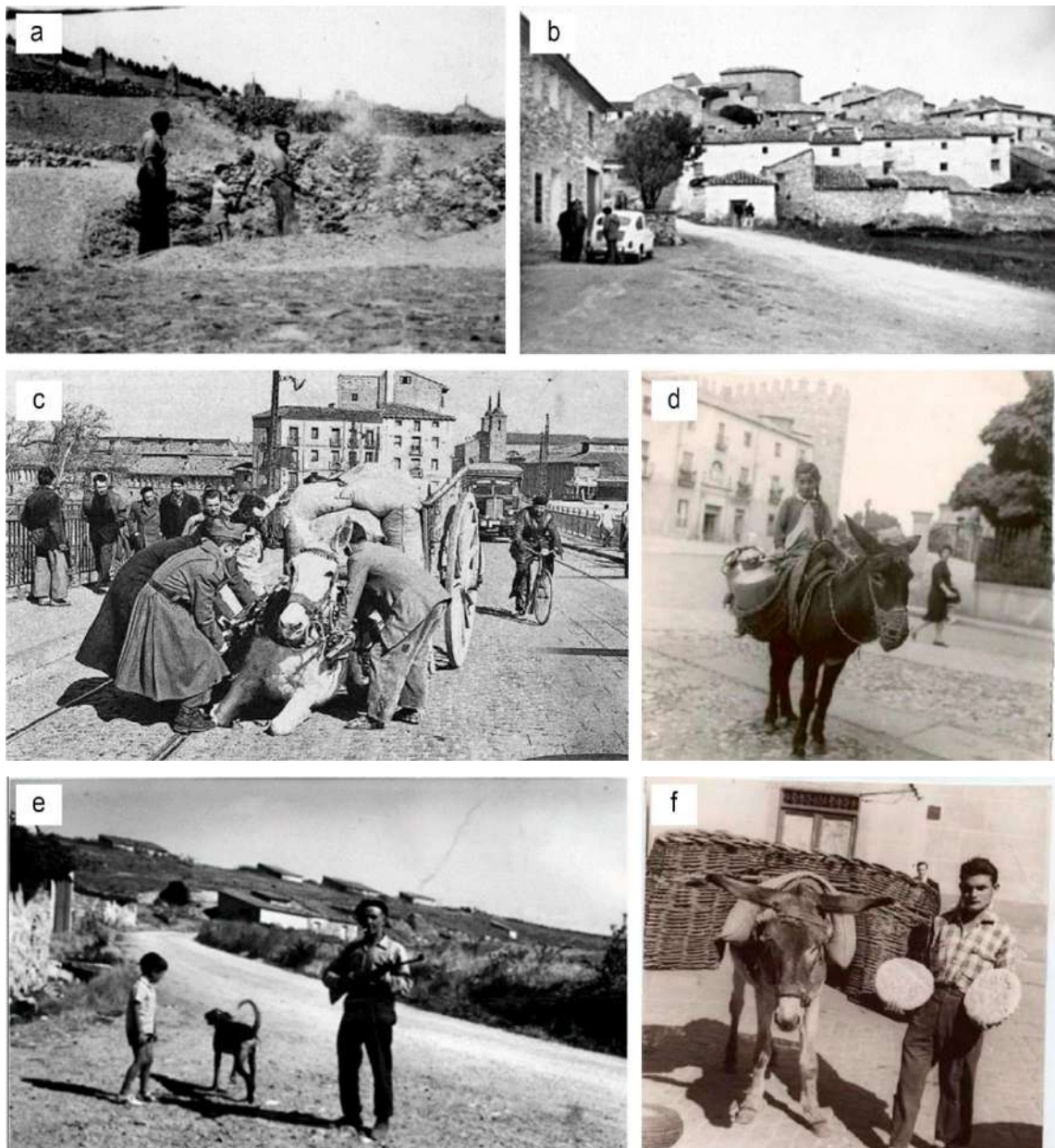


Figura 50. a) Trabajadores de Daroca (Zaragoza) realizando la labor de aventar, que consistía en lanzar al aire la parva para separar el grano de la paja (Xiloca, s.f. a); b) Villalba (Zaragoza) en la década de 1940 (Xiloca, s.f. b); c) imagen del Puente de Piedra de la ciudad de Zaragoza en los años 50 (Gran Archivo Zaragoza Antigua, 2014); d) fotografía de una niña montada en un burro con una lechera en Ávila en 1960 (Vidal, 1960); e) fotografía de Torrecilla del Rebollar (Teruel) que ejemplifica perfectamente la vida rural en 1972 (Xiloca, s.f. c); f) imagen de un joven con oficio de panadero con dos hogazas con su precioso burro con aguaderas, en Segovia en 1960 (Segovia y Matemáticas, s.f.).

4.2.2.9. Segunda mitad del siglo XX

No fue hasta después de la Guerra Civil (1936-39) cuando la industrialización en España se aceleró, gracias en gran parte a la expansión de la red de carreteras y la red eléctrica entre los años 1940 y 1970 (Berzosa Alonso-Martínez, 1976). Se comenzó a producir progresivamente un cambio de paradigma no solamente en la construcción, sino en la manera de vivir. La sociedad

avanzó de una dependencia de la artesanía y los modos rurales hacia una preferencia por la industrialización y la seriación.

Como consecuencia, el sistema tradicional de explotación del yeso se vio fuertemente obligado a transformarse hacia sistemas de producción más eficientes y basados en microempresas locales, en busca de un producto más barato y competitivo. Ya en los años 60 los fabricantes debían adoptar métodos de producción más innovadores. De esta manera, el uso del yeso fue progresivamente siendo reemplazado por el cemento Portland para usos estructurales hasta ser relegado a un material para fines estéticos y de acabado.

Sin embargo, en las zonas rurales todavía persistía la preferencia por el yeso, ya que el acceso y las comunicaciones seguían siendo difíciles en muchas aldeas remotas, lo que hacía muy costoso el transporte de materiales industriales, como el cemento Portland. En algunos municipios aragoneses de escasa entidad, no fue hasta la década de 1970 cuando se produjo el acentuado cambio en las tendencias, no solamente constructivas y tecnológicas, sino también en los modos de vida, momento en el que se comenzó a dotar de servicios básicos al municipio (calzadas pavimentadas, suministro de agua y red eléctrica), y junto con ello surgieron las primeras viviendas construidas con materiales modernos como el hormigón y el ladrillo caravista industrial, estas tendencias se manifiestan claramente en los libros editados con las fotografías históricas que los Ayuntamientos han podido recoger, entre otros muchos, es el caso concreto de Secastilla (Huesca), (Pesqué Lecina, 2009).

Hoy en día, con la aparición de las empresas multinacionales tras la quiebra de las microempresas locales por su incapacidad para abastecer la demanda, el consumo de yeso en el sector de la construcción es mayor que nunca en volumen, pero su uso se limita al revestimiento interior. En esta investigación se han podido localizar en Aragón 150 municipios con canteras históricas, de las cuales 61 se han podido documentar en las visitas realizadas. En cambio, en la actualidad tres canteras industrializadas operan en Cuarte de Huerva (Zaragoza), Gelsa (Zaragoza) y Calanda (Teruel), y una cantera continúa extrayendo y produciendo yeso tradicional en Albarracín (Teruel), dirigida por el artesano Antonio Meda.

La industrialización a mediados del siglo XX también se hizo patente en otros sectores paralelos de la construcción. En el caso de la industria del ladrillo se manifestó claramente una evolución en la fabricación del ladrillo cerámico visto, que experimentó cómo su elaboración artesanal fue siendo progresivamente desplazada por una industria mucho más especializada y eficaz.

Este hecho resulta especialmente claro en el caso de Zaragoza, una ciudad con una larga tradición en el ladrillo cerámico. Hasta prácticamente la década de 1970 todas las construcciones se realizaban con un tipo concreto de ladrillo cerámico elaborado a la manera tradicional, que era el utilizado en monumentos históricos como la Basílica del Pilar que data del siglo XVII (Figura 51a), o en iglesias mudéjares como la de San Pablo, La Madalena o incluso la catedral de la Seo (Figura 51b), y fue también utilizado en numerosas promociones de viviendas sociales ejecutadas en la década de 1950, como en el caso de las viviendas sociales de Balsas de Ebro Viejo (Figura 51c), Las Fuentes o Grupo Alférez Rojas (Figura 51d). Sin embargo, tal y como sucedió con el yeso, a partir de los años 1970, este tipo de ladrillo cerámico cayó en desuso en favor de un ladrillo mucho más industrializado, circunstancia que se puede apreciar, debido a una radical diferencia estética en las promociones de viviendas sociales ejecutadas en los años 1975-1980, como los bloques de viviendas desarrollados en el barrio del Actur en promociones como las sitas en la calle Emmeline Pankhurst (Figura 51e y f).

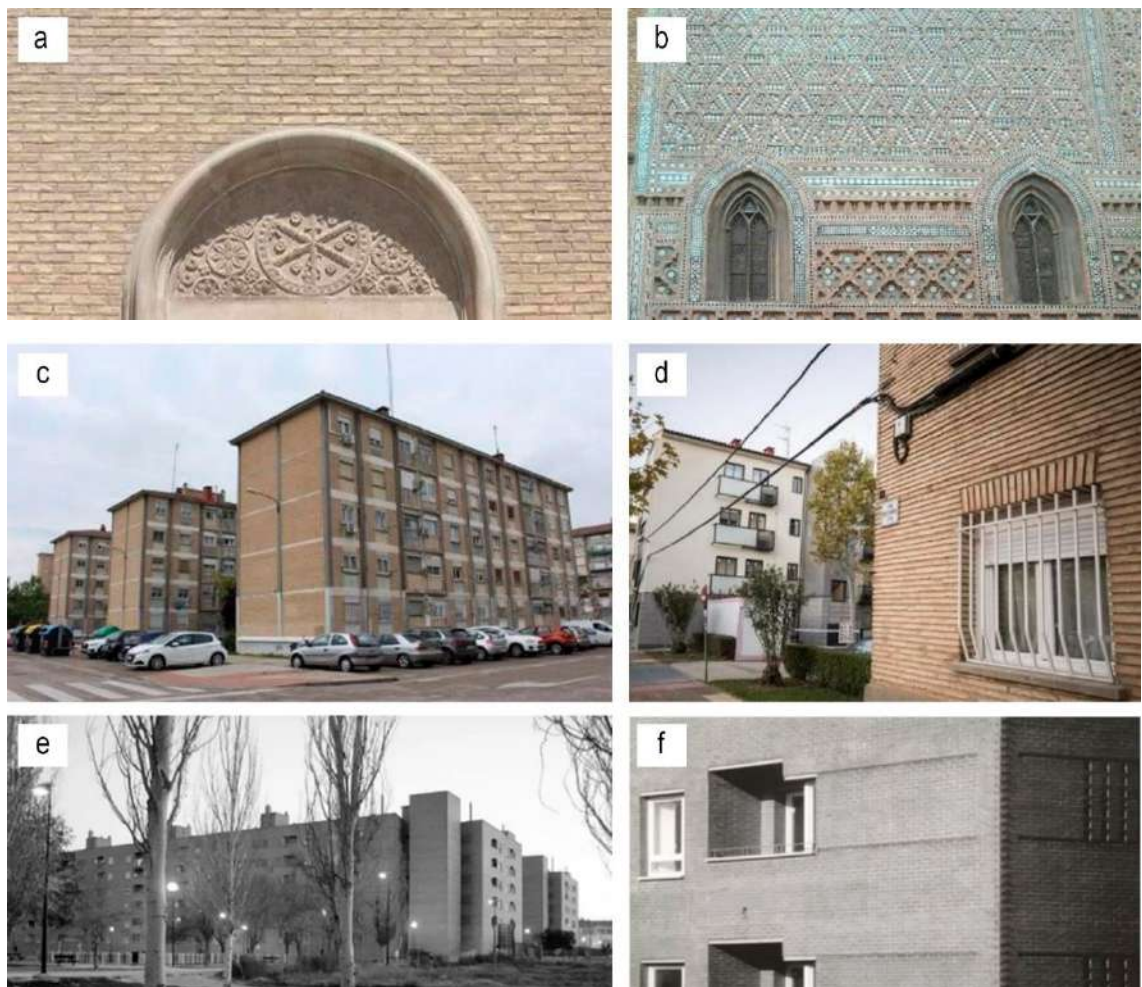


Figura 51. a) Detalle de la fachada de la Basílica del Pilar (Zaragoza, nueva basílica que data del siglo XVII); b) detalle de la fachada mudéjar de La Seo (Zaragoza, siglo XIV); c) Grupo Balsas de Ebro Viejo (Zaragoza, 1964); d) detalle de Grupo Alférez Rojas (Zaragoza, 1961). e) y f) Grupo Emmeline Pankhurst (Zaragoza, 1979).

4.2.3. Aplicación del yeso tradicional en obra en Aragón hasta la primera mitad del siglo XX

A continuación, como resultado de las visitas a 150 municipios, se presenta un listado con las aplicaciones más habituales que tuvo el yeso tradicional en cada uno de los municipios visitados de Aragón, ordenado en distintas categorías de la construcción: revestimientos exteriores, revestimientos interiores, elementos decorativos exteriores, elementos decorativos interiores, suelos y pavimentos, tabiquería interior de piedra de yeso (aljezones), tabiquería interior de yeso con entramado colaborante, morteros para reparaciones y rejuntados de grietas, morteros para juntas de adobe, morteros para juntas de tapia (entre cajones), morteros para juntas en muros de ladrillo, morteros para juntas en muros de piedra, forjados, muros, zócalos, cimentación, arcos, pilares, contrafuertes, y piedra.

Conviene resaltar en este apartado que la documentación de las técnicas aplicadas en obra del yeso tradicional se ha realizado diferenciando la correspondiente a arquitectura monumental y la correspondiente a la arquitectura popular, para analizar las correlaciones entre ambas; antiguamente era frecuente que los mismos equipos de trabajo construyeran tanto viviendas y almacenes como casas palaciegas o monumentos, estableciendo similitudes de las técnicas constructivas en ambas arquitecturas, dando lugar a un vasto patrimonio construido con yeso en Aragón.

En muchos de los casos resultó muy complejo realizar una datación exacta de las construcciones analizadas, dado que la mayoría de estas son viviendas populares sin escudos ni inscripciones fechadas; sin embargo, como se detalla en el capítulo dedicado al uso histórico del yeso tradicional en Aragón (apartado 4.2.1), este material fue utilizado desde su generalización por la cultura musulmana en el siglo XI hasta mediados del siglo XX, por lo que se deduce que las construcciones estudiadas en este apartado pertenecen al periodo entre estas fechas.

Los resultados se engloban dentro de una metodología semicuantitativa, debiendo entenderse como algo relativo, puesto que las diferentes casuísticas de cada edificio analizado podrían variar entre los diferentes municipios, si bien los resultados que se ofrecen a continuación son suficientemente significativos (con un margen de error aproximado de un $\pm 7\%$) y sorprendentes por sí mismos como para generar un impacto positivo en la difusión del conocimiento del yeso tradicional.

4.2.3.1. Revestimientos exteriores

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en más de un 95% se utilizaron revestimientos de yeso exteriores sencillos y solo en un 20% se han localizado revestimientos exteriores decorativos. Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de revestimientos exteriores sencillos en más de un 75% y solo en un 10% se han encontrado revestimientos exteriores decorativos.

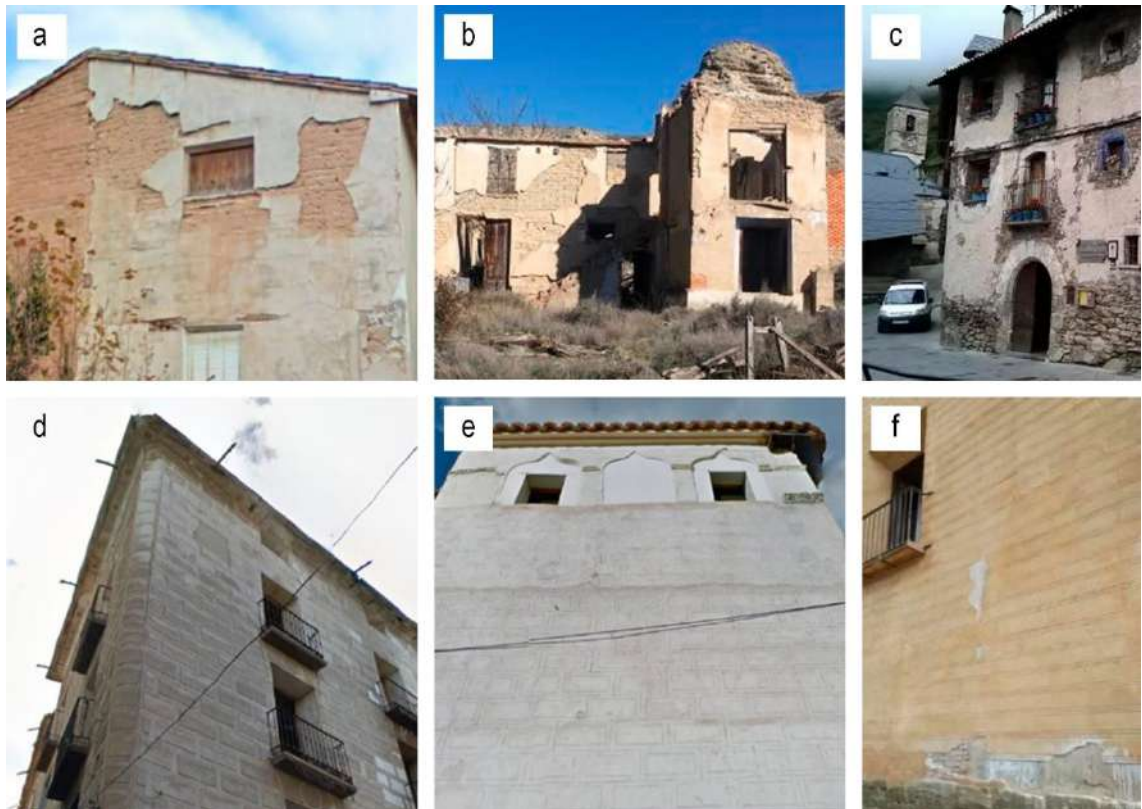


Figura 52. Revestimientos exteriores sencillos en a) Fuentes de Jiloca (Zaragoza), b) Terrer (Zaragoza) y c) Gistaín, (Huesca). Revestimientos exteriores decorativos en d) Borja (Zaragoza), e) Maluenda (Zaragoza) y f) Huesca. Fotografías del autor.

Se ha podido concluir por tanto que las fachadas de yeso fueron muy habituales en todo el territorio aragonés (Figura 53). Se utilizaron tanto en zonas montañosas como en zonas de poca altitud con independencia de la orientación de la fachada, o la existencia o no de aleros o de cubiertas de teja como sucede en el municipio de Albarracín (Teruel), en contra de lo indicado por autores anteriormente citados (Almagro Gorbea, 1986; Sanz Arauz, 2009).

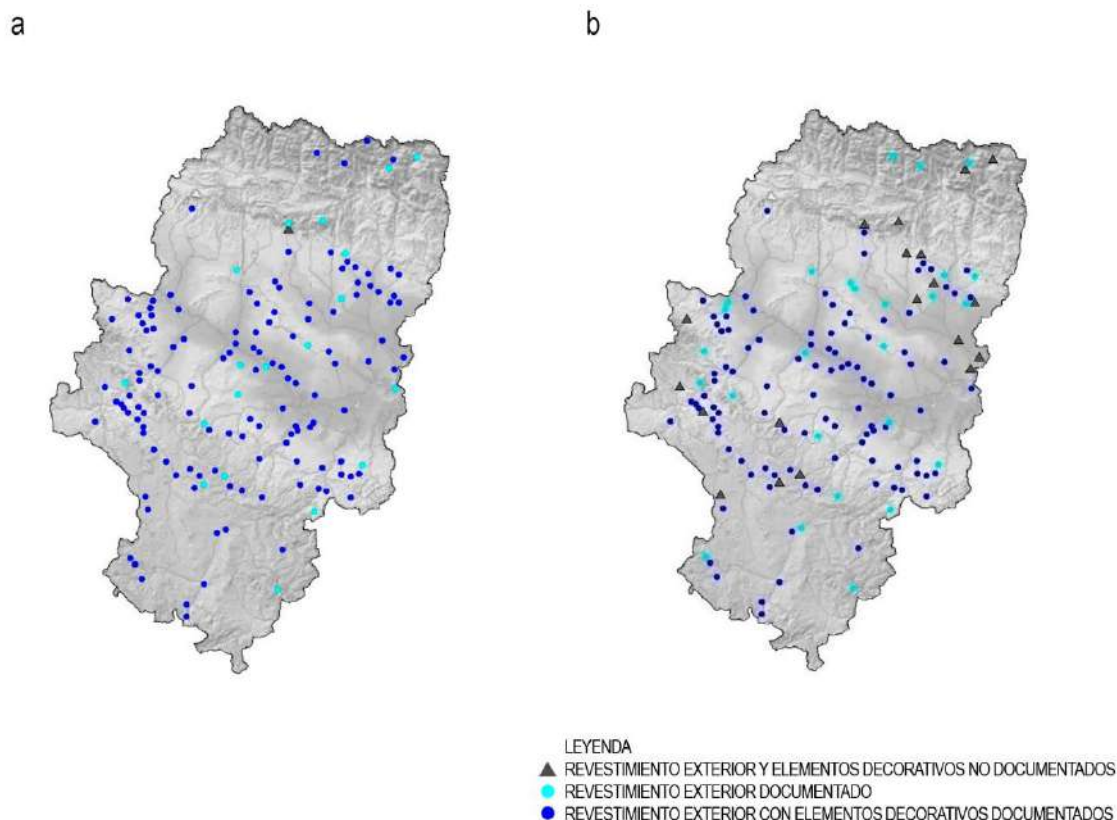


Figura 53. Distribución geográfica de los revestimientos exteriores sencillos y decorativos: a) arquitectura popular; b) arquitectura tradicional. Elaboración propia.

4.2.3.2. Revestimientos interiores

El revestimiento de techos y paredes de estancias interiores es la única aplicación del yeso que ha perdurado hasta nuestros días, y también tuvo una amplia utilización en el pasado. El hecho de que dichos revestimientos se sitúen en el interior de la propiedad privada con acceso restringido ha limitado en gran medida los casos con evidencias documentadas.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados en más de un 95% se utilizaron revestimientos interiores sencillos y en menos de un 5% se han localizado revestimientos interiores decorativos. Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de revestimientos interiores sencillos en más de un 70% y solo en un 5% se han encontrado revestimientos interiores decorativos.



Figura 54. Revestimientos interiores sencillos en a) Terror (Zaragoza), y b) decorativos Maluenda (Zaragoza). Fotografías del autor.

4.2.3.3. Elementos decorativos exteriores

La versatilidad del yeso permitía realizar una gran variedad de elementos con los que se decoraban las fachadas, destacando tanto sobre las superficies ya revestidas con yeso como en fachadas que se encontraban sin revestir que principalmente eran de piedra o ladrillo. Con este respecto, la gran transformación estética de los municipios, y en concreto de las fachadas tratando de seguir modas estéticas que camuflan mediante la colocación de ladrillos caravista, o morteros monocapas las texturas originales ha dificultado en gran medida el trabajo de identificación. En algunos casos, se han podido documentar mediante fotografías históricas que reflejan la materialidad, detalles constructivos y elementos originales que se realizaban con yeso en las construcciones, demostrando una vez más que los valores arrojados en la presente investigación de las aplicaciones históricas del yeso, aun a pesar de la notable relevancia de los mismos, son inferiores a la realidad construida con yeso.

Dichos elementos decorativos exteriores se han clasificado en varios tipos en base a su localización y características:

- I) Esculpidos o agramilados: se ha considerado dentro de este apartado todos los detalles que no tenían una amplia repetición, independientemente de que se hayan realizado con un molde o a gramil ya que no se ha podido realizar un estudio pormenorizado para saberlo.
- II) Detalles de ventanas y huecos: se han considerado todos aquellos elementos decorativos que se encuentran en el perímetro de ventanas, puertas u otros huecos.

- III) Cornisas o similares: dentro de este apartado se han considerado los elementos decorativos presentes en las cornisas de los edificios o zonas similares como las zonas inferiores de los balcones.
- IV) Detalles decorativos: se ha considerado dentro de este apartado todos aquellos elementos decorativos presentes en las fachadas que no correspondían a ninguno de los apartados anteriores por su localización y/o características.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en un 5% se utilizaron elementos decorativos esculpidos, en un 75% detalles de ventanas y huecos, en más de un 45% cornisas y similares y en más de un 40% detalles decorativos. Con respecto a la arquitectura monumental, en un 20% se han localizado elementos decorativos esculpidos, en más de un 65% detalles de ventanas y huecos, en más de un 40% cornisas y similares y en más de un 40% detalles decorativos.





Figura 55. a) Elementos decorativos exteriores esculpidos o agramilados en Maluenda (Zaragoza). Elementos decorativos exteriores en ventanas y huecos en b) Nueno (Huesca), c) Maluenda (Zaragoza). Elementos decorativos exteriores en cornisas en d) Fuentes de Ebro (Zaragoza). Elementos decorativos exteriores en g) Daroca (Zaragoza) y h) Calatayud (Zaragoza). Detalles decorativos exteriores en e) Caspe (Zaragoza) y f) Daroca (Zaragoza). i) y j) Elementos decorativos exteriores en alero y huecos, perdidos en la actualidad en una vivienda tradicional de tres plantas en Zuera (Zaragoza): i) imagen histórica; j) imagen actual. Fotografías del autor.

4.2.3.4. Elementos decorativos interiores

El interior de las viviendas y edificios también se decoraba con elementos realizados en yeso. Dichos elementos se han clasificado en varios tipos atendiendo a su localización y características:

- I) Esculpidos: se ha considerado dentro de este apartado todos los detalles que no tenían una amplia repetición, independientemente de que se hayan realizado con un molde o a gramil ya que no se ha podido realizar un estudio pormenorizado para saberlo.
- II) Detalles de ventanas y huecos: se han considerado todos aquellos elementos decorativos que se encuentran en el perímetro de ventanas, puertas u otros huecos.
- III) Molduras de paredes o techos: en este apartado se han considerado todas las molduras decorativas presentes en las paredes y los techos.

- IV) Detalles decorativos: se ha considerado dentro de este apartado todos aquellos elementos decorativos interiores que no correspondían a ninguno de los apartados anteriores por su localización y/o características.

El hecho de que dichos elementos decorativos se sitúen en el interior de la propiedad privada ha limitado en gran medida los casos de evidencias documentadas.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en menos de un 5% se utilizaron elementos decorativos esculpidos, en menos de un 5% detalles de ventanas y huecos, en menos de un 5% detalles decorativos y en menos de un 5% molduras de paredes y techos. Con respecto a la Arquitectura Monumental, en un 5% se han localizado elementos decorativos esculpidos, en más de un 45% detalles de ventanas y huecos, en más de un 35% detalles decorativos y en más de un 45% en molduras de paredes y techos.

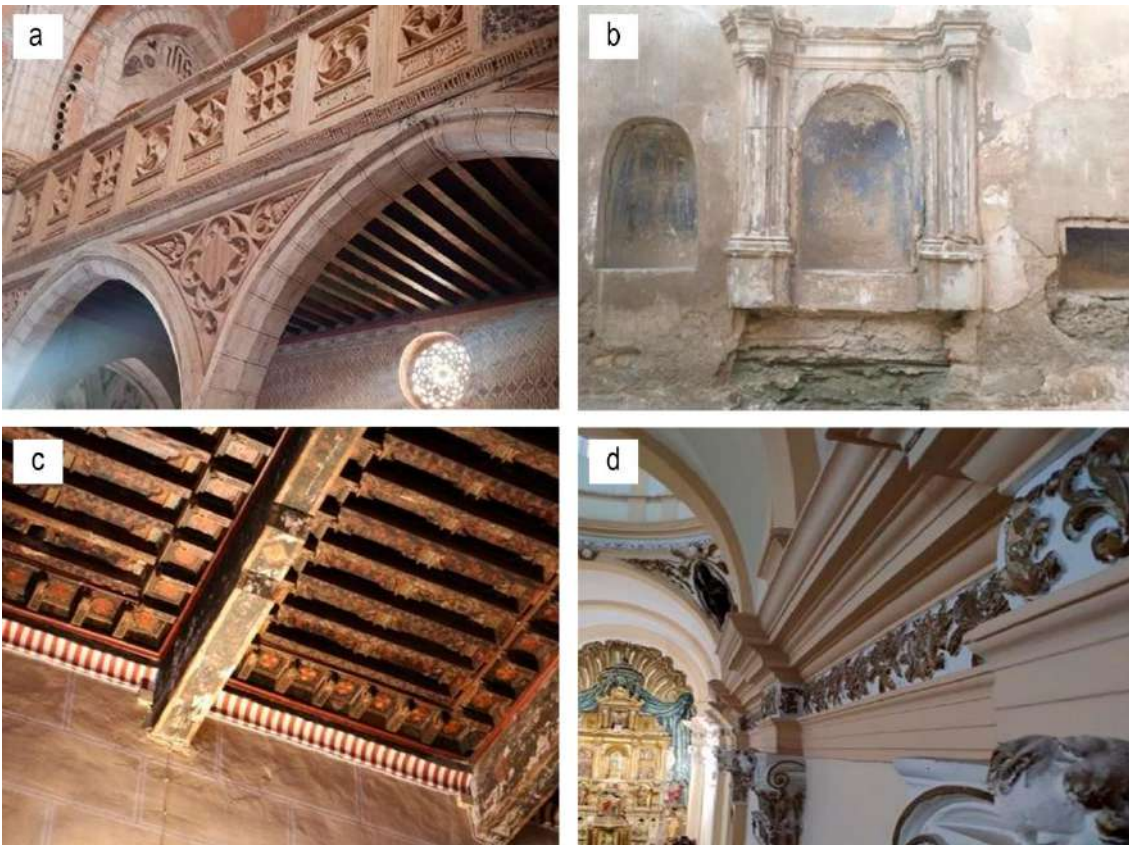
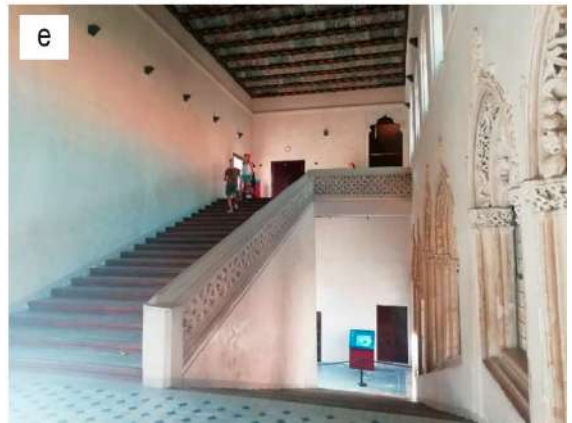




Figura 56. a) Elementos decorativos esculpidos interiores en Cervera de la Cañada (Zaragoza). b) Elementos decorativos en ventanas y huecos interiores en Rodén (Zaragoza). Molduras de en paredes en c) Maluenda (Zaragoza) y d) Terrer (Zaragoza). Detalles decorativos en e) Illueca (Zaragoza) y f) Rodén (Zaragoza). Fotografías del autor.



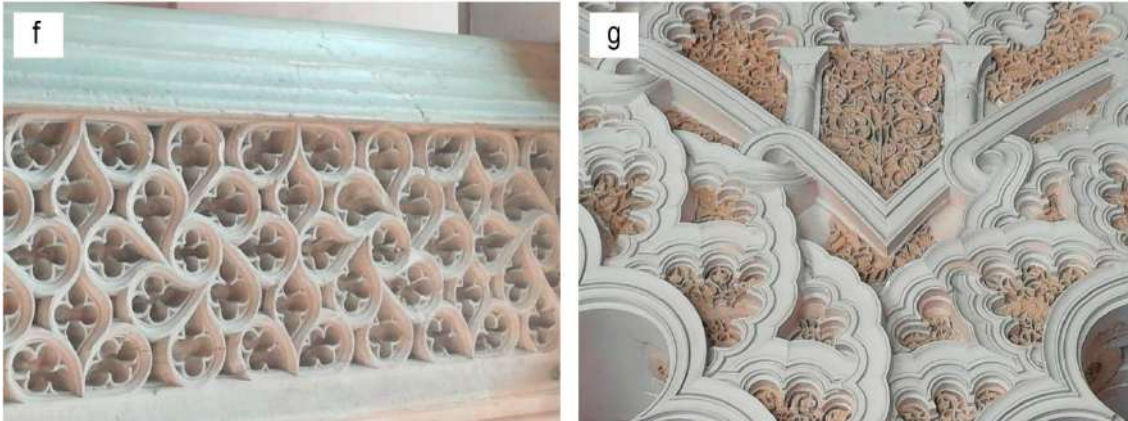


Figura 57. a) - g) Distintos elementos decorativos en molduras de puertas, ventanas, barandillas y pasamanos en el Palacio de la Aljafería (siglo XI, Zaragoza). Fotografías del autor.

4.2.3.5. Suelos y pavimentos

Los suelos de yeso han sido muy utilizados en Aragón y esta investigación ha podido documentarlos en todo su territorio, tanto en las zonas más altas del Pirineo como en las zonas más bajas; su utilización también ha sido documentada desde el siglo XIII hasta mediados del siglo XX. El hecho de que los suelos se sitúen en el interior de la propiedad privada ha limitado en gran medida los casos de evidencias documentadas.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en un 35% se han localizado suelos y pavimentos de yeso. Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de suelos y pavimentos en más de un 10% de los municipios.





Figura 58. Suelos y escaleras de yeso en: a) Castel de Cabra (Teruel), b) Santa Fe (Zaragoza, 1797), c) Zuera (Zaragoza, 1929), d) San Juan de Plan (Huesca), y e) en el Castillo de Jarque del Moncayo (Zaragoza, siglo XIII). Fotografías del autor.

4.2.3.6. *Tabiquería interior de piedra de yeso (aljezones)*

La facilidad de extracción de la piedra de yeso en láminas de escaso espesor, 5 cm aproximadamente, permitió su utilización en la elaboración de particiones interiores con las denominadas tabiquerías de aljezones. El hecho de que la tabiquería se sitúe en el interior de la propiedad privada ha limitado en gran medida los casos de evidencias documentadas.

En algunos casos, se utilizó esta misma técnica para resolver fachadas exteriores. Como no han sido muchos dichos casos, se han englobado dentro de este apartado.

Esta investigación revela que, de los 150 municipios investigados, en la arquitectura popular se ha localizado tabiquería de piedra de yeso (aljezones) en un 5% de los municipios y en la arquitectura monumental en menos de un 5% de los municipios.



Figura 59. a) Tabiques de piedra de yeso (aljezones) en Mas de las Matas (Teruel), y b) y c) en Libros (Teruel). Fotografías del autor.

4.2.3.7. *Tabiquería interior de yeso con entramado colaborante*

La caña (nombre científico: *Arundodonax*) está muy presente en la arquitectura del Valle del Ebro. En algunos casos se ha podido documentar la simbiosis entre caña y yeso para resolver las particiones interiores de la vivienda. El hecho de que la tabiquería se sitúe en el interior de la propiedad privada ha limitado en gran medida los casos de evidencias documentadas.

Esta investigación revela que, de los 150 municipios investigados, en la arquitectura popular se ha localizado tabiquería de yeso con entramado colaborante en un 10% de los municipios y en la arquitectura monumental en menos de un 5% de los municipios.

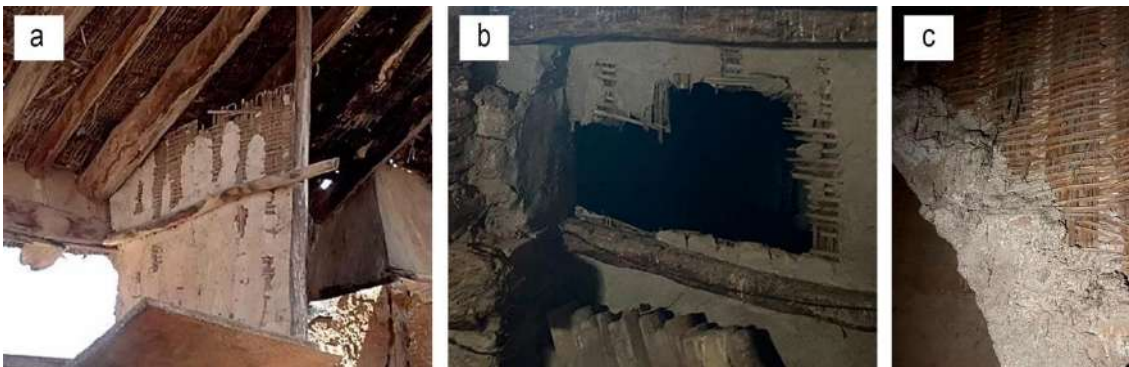


Figura 60. Tabique de yeso con entramado colaborante en a) La Ginebrosa (Teruel), y b) y c) Convento de Padres Agustinos de Caspe S.XVI (Zaragoza). Fotografías del autor.

4.2.3.8. *Morteros para reparaciones y rejuntados de grietas*

El yeso, además de ser utilizado en la obra nueva, también se utilizó para las reparaciones.

Esta investigación revela que, de los 150 municipios investigados, en la arquitectura popular se ha localizado el uso de mortero para reparaciones y rejuntados de grietas en un 5% de los municipios y en la arquitectura monumental en menos de un 5% de los municipios.



Figura 61. Mortero para reparaciones y rejuntado de grietas en La Ginebrosa (Teruel). Fotografía del autor.

4.2.3.9. Morteros para juntas de adobe

Aunque lo más habitual fue construir los muros de ladrillos de adobe con el propio barro, se ha detectado también el uso de mortero de yeso. Se han contabilizado aquellos casos en los que las juntas de yeso se encuentran en la totalidad del muro, ya que existen otros casos en los que se utilizaban en las zonas con mayores solicitaciones, como por ejemplo las zonas de los durmientes. El uso de adobe sin revestir se ha localizado en zonas muy concretas y puede ser considerado como una excepcionalidad.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en un 5% se utilizaron juntas de adobes sin revestir y en más de un 35% se han localizado juntas de adobe con revestimiento. Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de juntas de adobe sin revestir en menos de un 5% y en menos de un 5% se han encontrado juntas de adobe con revestimiento.

La aplicación del yeso en morteros para juntas de adobe fue más habitual en la arquitectura popular que en la monumental, debido a que el adobe fue menos usado en la construcción de monumentos.



Figura 62. Juntas de adobe sin revestimiento en a) Lanaja (Huesca) y b) Tamarite de Litera (Huesca). Juntas de adobe con revestimiento en c) Villamayor de Gállego (Zaragoza) y d) El Buste (Zaragoza). Fotografías del autor.

4.2.3.10. Morteros para juntas de tapia (entre cajones)

El mortero utilizado para las juntas entre cajones difiere entre las distintas comarcas, en algunas lo más común era el uso de barro y en otras de yeso. Se ha observado que, en el Valle del Ebro, el mortero más utilizado para dicha técnica es el yeso. Dichas juntas pueden ser en forma de brencas o en cuña y en recto o en verdugadas. Se ha detectado una mayor presencia de las juntas en brencas, además se ha observado una gran relación entre el uso de mortero de yeso para las juntas entre tapias y los pilares de yeso embebidos en los muros.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en al menos un 25% se utilizaron juntas de tapia en brencas y en un 20% se han localizado juntas de tapia en recto. Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de juntas de tapia en brencas en un 5% y en menos de un 5% se han encontrado juntas de tapia en recto.

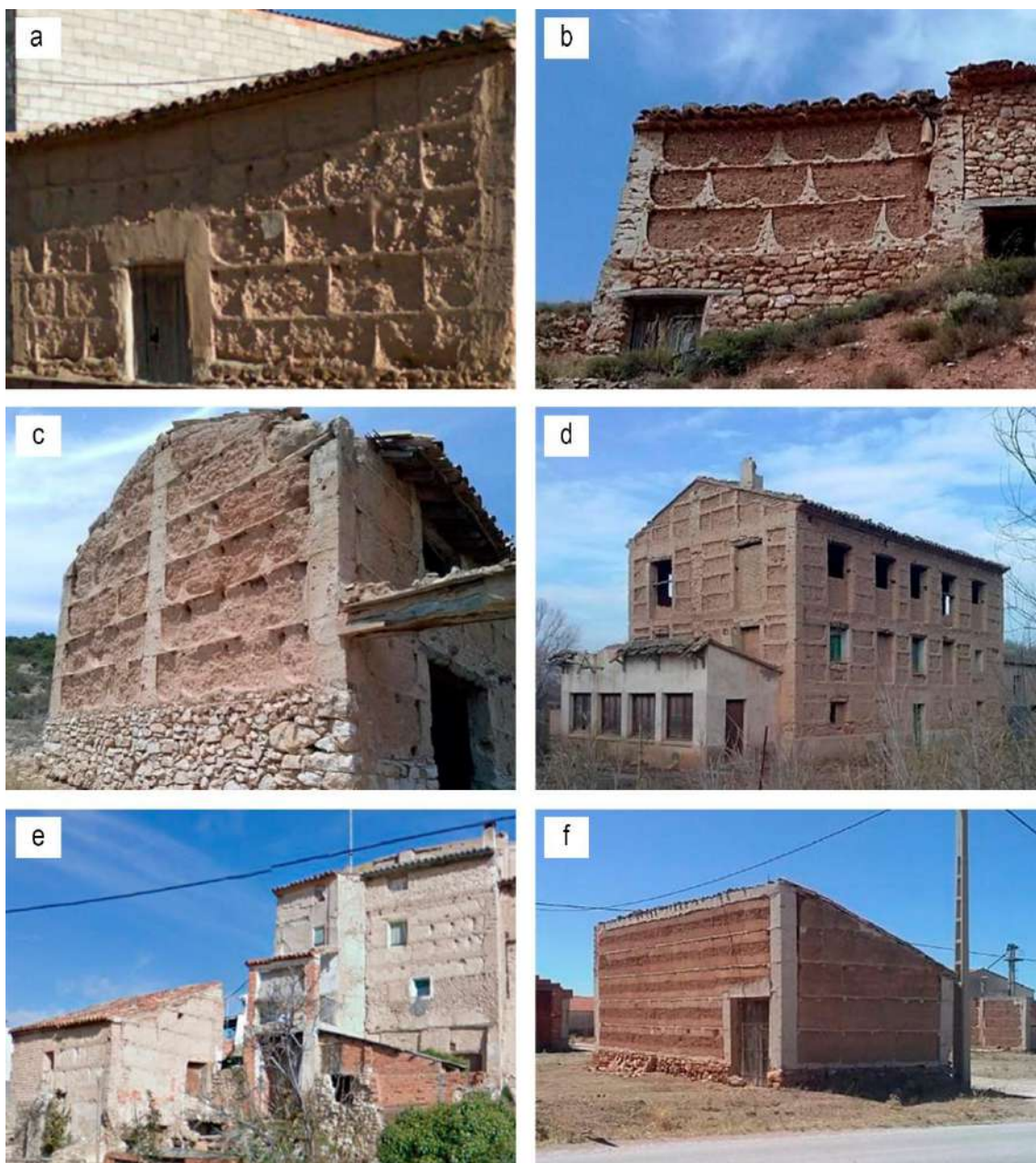


Figura 63. Juntas de tapia en brecas en a) Chodes (Zaragoza), b) Martín del Río (Teruel), c) La Ginebrosa (Teruel) y d) Caminreal (Teruel). Juntas de tapia en recto en e) Velilla de Jiloca (Zaragoza) y f) Calamocho (Teruel). Fotografías del autor.

4.2.3.11. Morteros para juntas en muro de ladrillo

Uno de los usos más desconocidos del yeso es su utilización como mortero de recibo de ladrillos cerámicos ya que en muchas ocasiones se confunde con mortero de cal. No obstante, en la Arquitectura Aragonesa se ha utilizado frecuentemente para recibir ladrillo caravista.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en al menos un 10% se utilizaron juntas en muro de ladrillo sin revestir y en más de un 30% se han localizado juntas en muro de ladrillo con revestimiento. Con respecto a la arquitectura

monumental, se ha podido identificar el uso de juntas de muro de ladrillo sin revestir en más de un 35% y en un 20% se han encontrado juntas de muro de ladrillo con revestimiento.



Figura 64. Juntas en muro de ladrillo sin revestimiento en a) Villamayor de Gállego (Zaragoza), b) Huescay c) Teruel, Torre del Salvador (siglo XIV). Juntas en muro de ladrillo con revestimiento en d) Tauste (Zaragoza) Fotografías del autor.

4.2.3.12. Morteros para juntas en muro de piedra

Se ha detectado un gran uso de mortero de yeso en muros de piedra ya que éste se ha utilizado tanto en el caso de que dicha piedra fuera de yeso como en el caso de que fuera de otro tipo.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en más de un 65% se utilizaron juntas en muro de piedra sin revestir y en más de un 65% se han localizado juntas en muro de piedra con revestimiento. Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de juntas de muro de piedra sin revestir en un 35% y en al menos un 30% se han encontrado juntas de muro de piedra con revestimiento.

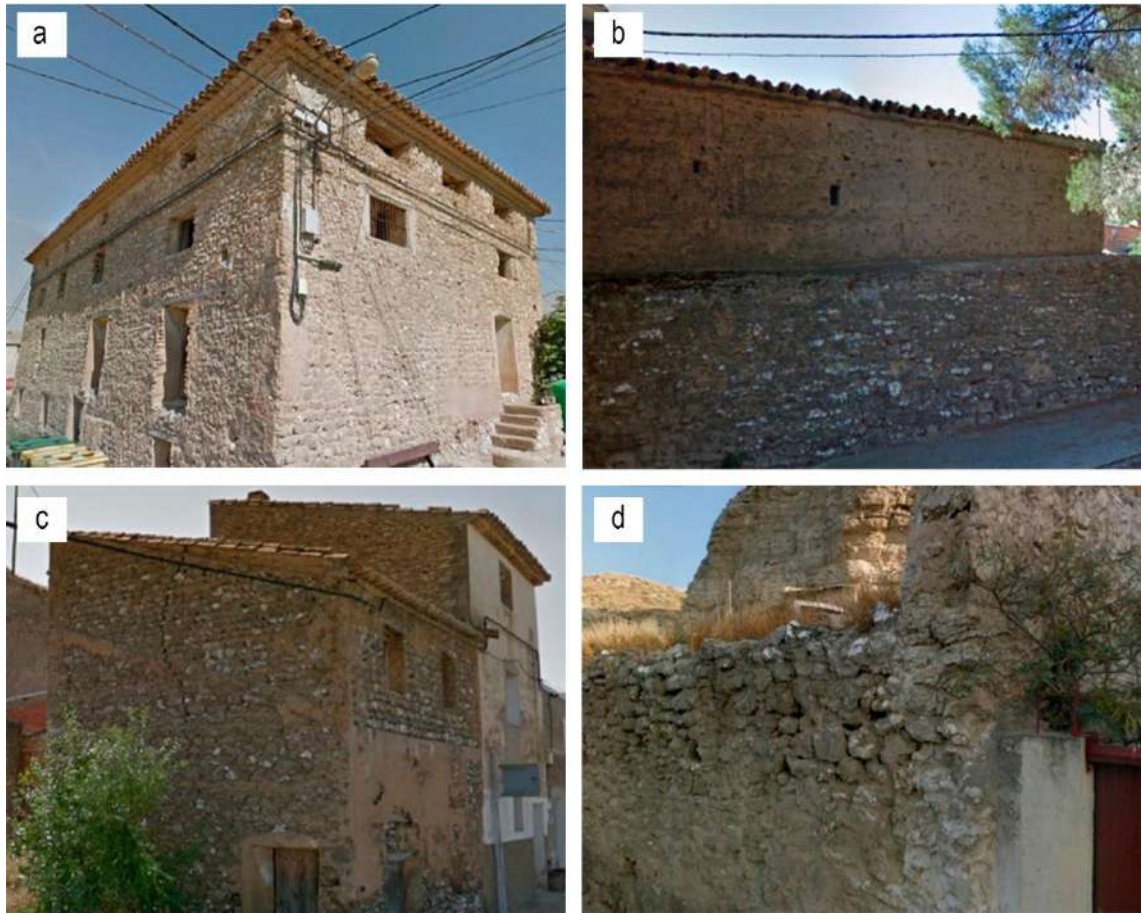


Figura 65. Juntas en muro de piedra sin revestimiento en a) Bardallur (Zaragoza) y b) Calatayud (Zaragoza). Juntas en muro de piedra con revestimiento en c) Juslibol (Zaragoza) y d) Calatayud (Zaragoza). Fotografías del autor.

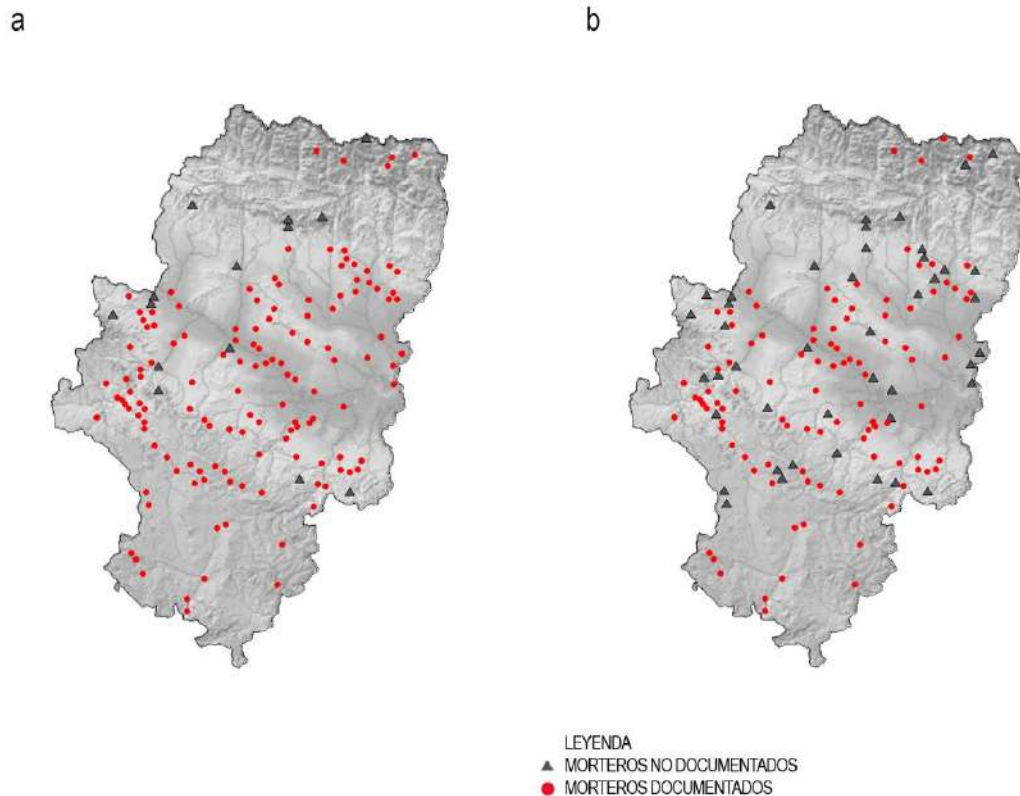


Figura 66. Distribución geográfica de los morteros de yeso: a) arquitectura popular; b) arquitectura tradicional. Elaboración propia.

4.2.3.13. Forjados

Se ha podido documentar la simbiosis entre caña (nombre científico: *Arundodonax*) y yeso para resolver los forjados de las viviendas y edificios, aunque lo habitual era utilizar vigas de madera y revoltones con un encofrado o molde en el que se vierte el yeso. El hecho de que los forjados se sitúen en el interior de la propiedad privada ha limitado en gran medida los casos de evidencias documentadas.

Esta investigación revela que, de los 150 municipios investigados, en la arquitectura popular se han localizado forjados de yeso en más de un 50% de los municipios y en la arquitectura monumental en al menos un 15% de los municipios.



Figura 67. Forjados de yeso encofrado y vertido en a) Terror (Zaragoza) y b) La Ginebrosa (Teruel). Fotografías del autor.

4.2.3.14. Muros

La gran capacidad de puesta en obra del yeso tanto en piedra como en pasta vertida sirvió para realizar una gran variedad de muros con ambas técnicas: muros de piedra de yeso en seco, de piedra con hormigón de yeso vertido, de tapia de yeso, con encofrado de yeso vertido y con entramado de hormigón de yeso vertido.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en más de un 5% se ha localizado el uso de yeso en muros de piedra en seco, en un 15% en muros de piedra con hormigón de yeso vertido, en un 15% en muros de tapia, en más de un 35% muros con encofrado de yeso vertido, y en al menos un 10% en muros de entramado de hormigón de yeso vertido

Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de muros de piedra en seco en menos de un 5% de los municipios, en un 10% en muros de piedra con hormigón de yeso vertido, en un 5% en muros de tapia, en más de un 10% muros con encofrado de yeso vertido, y en menos de un 5% en muros de entramado de hormigón de yeso vertido.

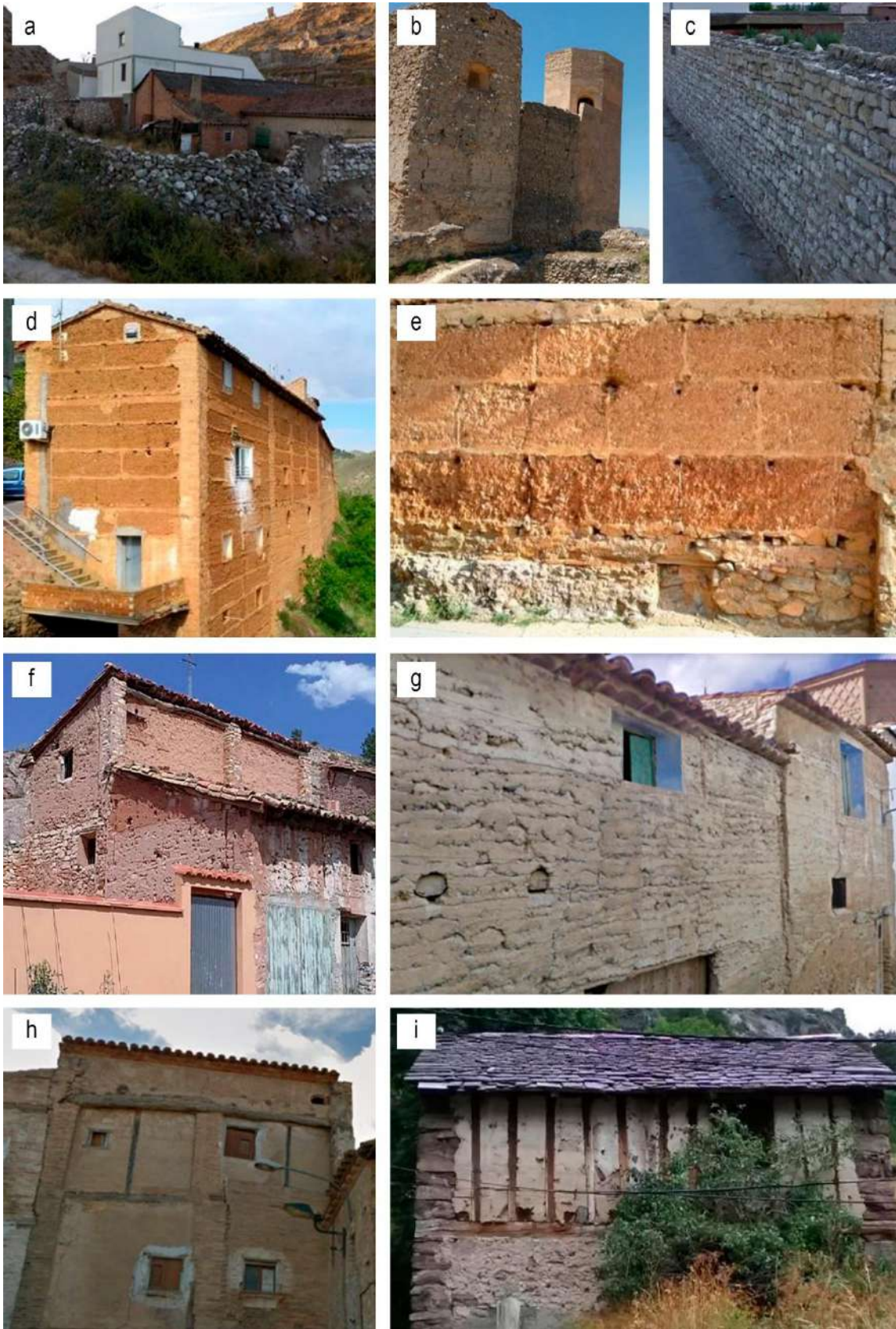


Figura 68. a) Muros de piedra en seco en Rodén (Zaragoza). Muros de piedra con hormigón de yeso vertido en b) Calatayud (Zaragoza) y c) Farlete (Zaragoza). d) e) Muros de tapia en Moros (Zaragoza). Muros de encofrado de hormigón de yeso vertido en f) Montalbán (Teruel) y g) Belmonte de Gracián (Zaragoza). Muros de entramado de yeso vertido en h) Borja (Zaragoza) y i) Gistaín (Huesca). Fotografías del autor.

4.2.3.15. Zócalos

Se ha detectado el uso de piedra de yeso con junta de mortero de yeso para erigir zócalos. En este apartado también se han tenido en cuenta muros de baja altura realizados con dicha técnica debido a que las características son similares con los zócalos.

Esta investigación revela que, de los 150 municipios investigados, en la arquitectura popular se han localizado zócalos de yeso en al menos un 10% de los municipios y en la arquitectura monumental en menos de un 5% de los municipios.



Figura 69. Zócalos en a) Fuentes de Ebro (Zaragoza) y b) Bardallur (Zaragoza). Los muros se realizaban colocando dos hojas de piedra, unidas entre sí mediante capas de yeso y atadas con otras piedras en sentido transversal. Fotografías del autor.

4.2.3.16. Cimentación

El hecho de que la cimentación esté excavada por debajo de la superficie ha limitado en gran medida los casos de evidencias documentadas a través de las visitas propias del trabajo de campo, y por tanto, los valores reflejados aparecen drásticamente minimizados con respecto a la realidad ejecutada. Esta afirmación se sostiene en la información que se ha obtenido en gran medida gracias a las entrevistas realizadas a personas de los municipios estudiados, como los antiguos albañiles entrevistados que relataron como habitual la realización de una cimentación inicial con yeso vertido en la zanja de unos 30-40 cm de altura, ocupando la totalidad de la anchura del muro a construir; sobre este yeso vertido, que además de regularizar la superficie y nivelar servía de zapata corrida, se realizaba el muro con piedra de yeso y juntas de yeso.

Esta técnica ha supuesto una dificultad de documentación debido a que permanece oculta en el subsuelo, y tan solo ha permitido ser documentada en menos de un 5% de los municipios de la arquitectura popular, y en menos de un 5% de los municipios en la arquitectura monumental. Solamente algunas de las cimentaciones con yeso documentadas se encontraban expuestas, como la del Castillo de Tamarite de Litera (Huesca), del siglo XII.

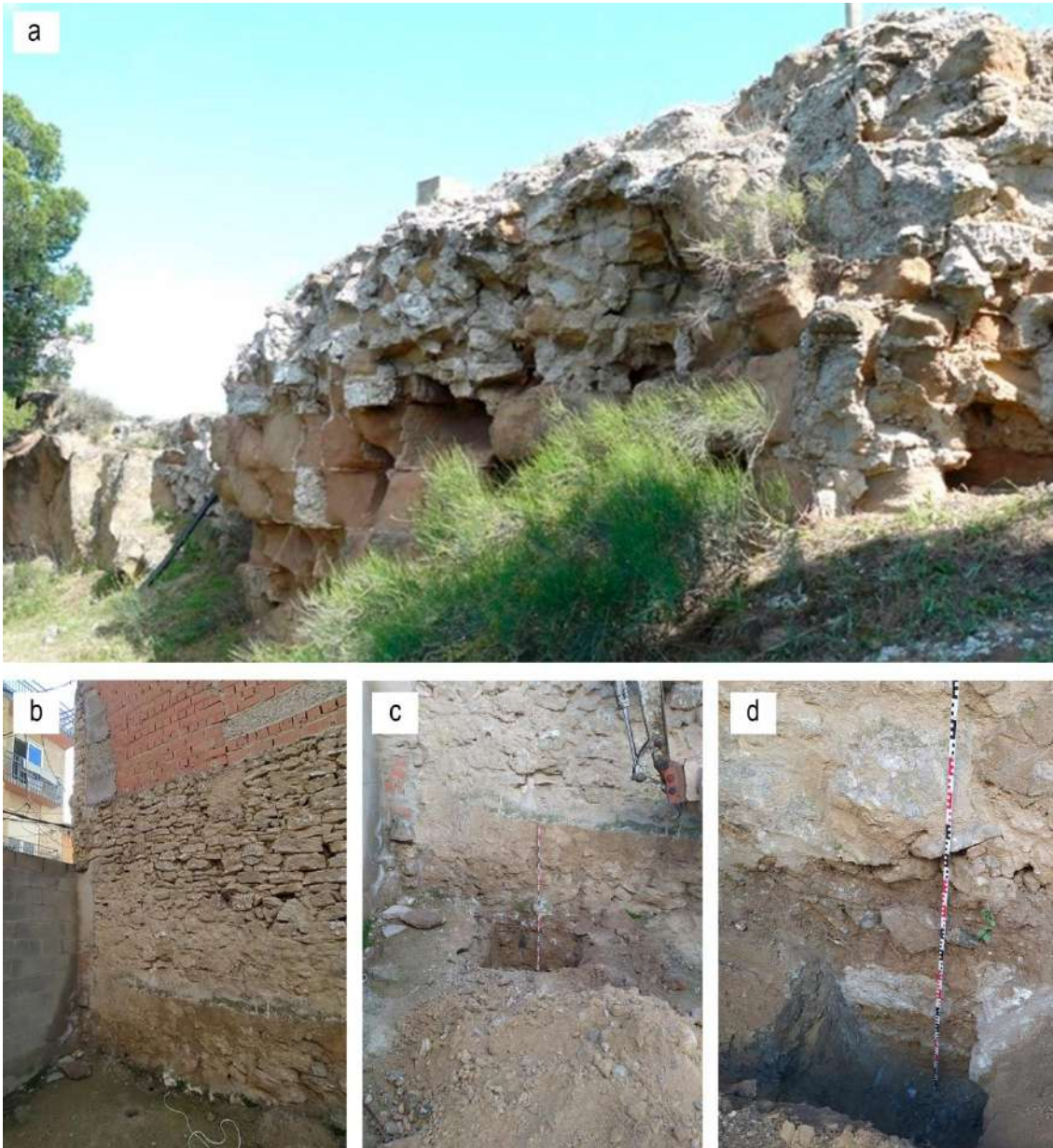


Figura 70. a) Cimientos de la muralla del Castillo de Tamarite de Litera (Huesca, siglo XII). b), c) y d) Cimentación de yeso vertido en una vivienda tradicional en Zuera (Zaragoza). Fotografías del autor.

4.2.3.17. Arcos

Se ha detectado que el yeso también se ha utilizado para resolver elementos singulares como los arcos. La técnica consiste en aplicarlo siguiendo la forma curva que los caracteriza, lo cual es posible gracias a la facilidad para ser esculpidos con dicho material.

Esta técnica ha resultado difícil de identificar en el caso de la arquitectura popular, debido a la limitación de acceso en la mayoría de edificaciones, y también por ser el arco un elemento constructivo poco utilizado en la arquitectura popular, y de los 150 municipios investigados, solamente se han localizado arcos de yeso en menos de un 5% de los municipios. En cambio,

esta técnica se ha documentado como bastante habitual en el caso de la arquitectura monumental puesto que prácticamente la totalidad de los arcos construidos en los monumentos se realizaron con yeso, habiéndose localizado esta técnica en al menos un 55% de los municipios investigados.



Figura 71. Arcos en a) Alfajarín (Zaragoza, siglo IX) y b) La Ginebrosa (Teruel). c) Arco ejecutado con ladrillo cogidos con pasta de yeso en Zuera (Zaragoza). d) Arcos en la Torre del Salvador (Teruel). e) Bóvedas de crucería realizadas con yeso en el claustro de la iglesia de San Pedro (Teruel). Fotografías del autor.

4.2.3.18. Pilares

Se ha detectado un mayor uso de pilares de yeso embebidos en muros en contraste con los pilares exentos. El hecho de que los pilares exentos se encuentren sobre todo dentro de la propiedad privada, ha limitado en gran medida los casos de evidencias documentadas.

Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en un 5% se utilizaron pilares de yeso exentos y en más de un 35% se han localizado pilares de yeso embebidos en muros. Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de pilares de yeso exentos en menos de un 5% y en un 5% se han encontrado pilares de yeso embebidos en muros.

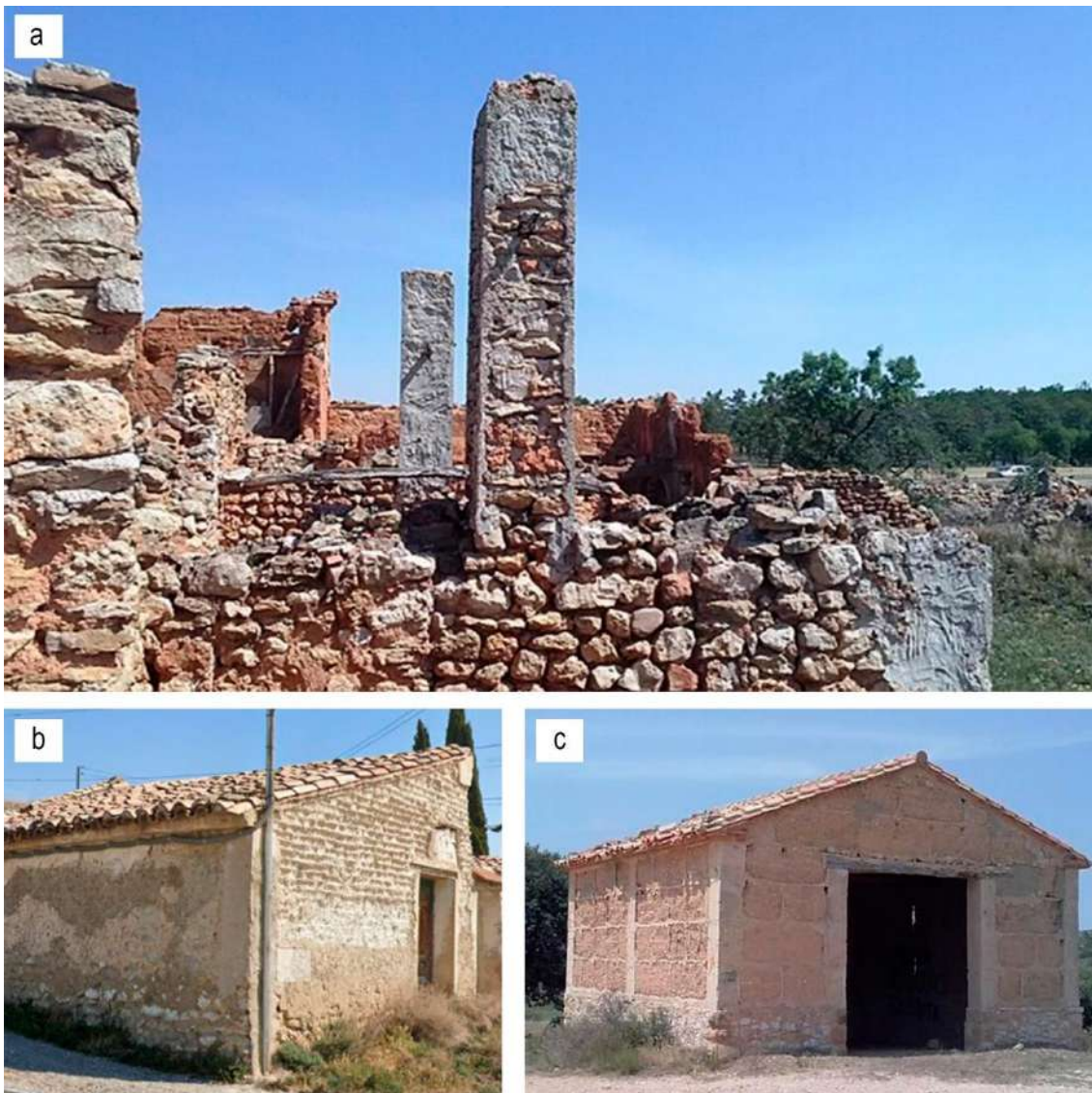


Figura 72. a) Pilares exentos en Burbáguena (Teruel). Pilares embebidos en muros en b) San Mateo de Gállego (Zaragoza) y c) La Ginebrosa (Teruel). Fotografías del autor.

4.2.3.19. *Contrafuertes*

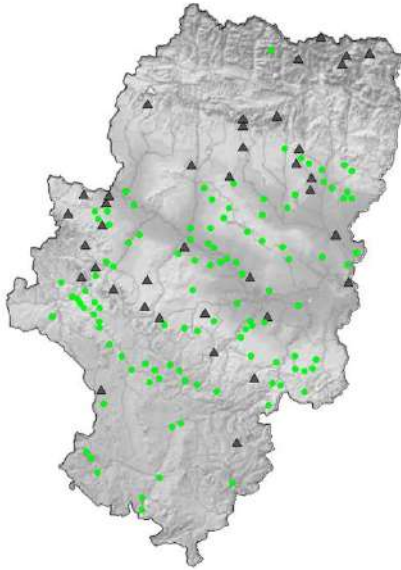
La gran capacidad de puesta en obra del yeso tanto en piedra como en pasta vertida sirvió para realizar contrafuertes con ambas técnicas.

Esta investigación revela que, de los 150 municipios investigados, en la arquitectura popular se han localizado contrafuertes de yeso en al menos un 10% de los municipios y en la arquitectura monumental en menos de un 5% de los municipios.

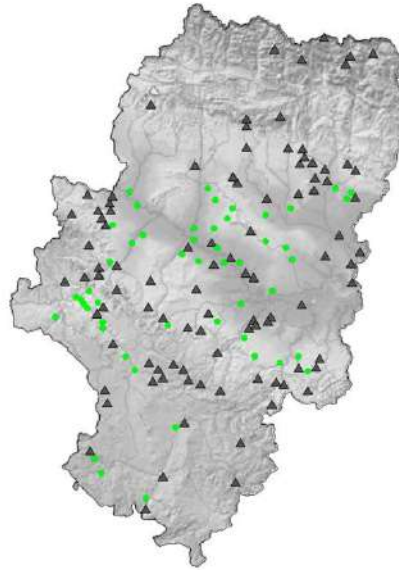


Figura 73. Contrafuertes en a) Terrer (Zaragoza), b) Fuentes de Jiloca (Zaragoza) y c) Rodén (Zaragoza). Fotografías del autor.

a



b



LEYENDA
 ▲ ELEMENTOS ESTRUCTURALES NO DOCUMENTADOS
 ● ELEMENTOS ESTRUCTURALES DOCUMENTADOS

Figura 74. Distribución geográfica de los elementos estructurales de yeso: a) arquitectura popular; b) arquitectura tradicional. Elaboración propia.

4.2.3.20. Piedra

A pesar de que habitualmente la piedra de yeso utilizada para erigir muros y zócalos, entre otros, se encuentra sin tratar, mampuesto, también se ha detectado piedra labrada o canteada e incluso excavada, aprovechando el propio terreno yesífero como elemento estructural.

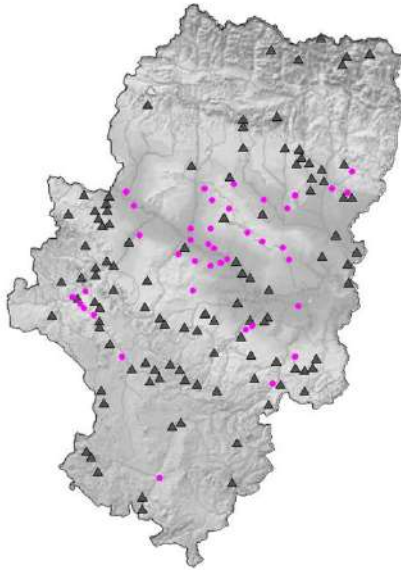
Esta investigación revela que, en la arquitectura popular, de los 150 municipios investigados, en más de un 15% se ha localizado el uso de piedra mampuesta, en un 5% piedra labrada o canteada y en al menos un 10% piedra excavada.

Con respecto a la arquitectura monumental, se ha podido identificar el uso de piedra mampuesta en un 5% de los municipios, en menos de un 5% piedra labrada o canteada y en menos de un 5% piedra excavada.

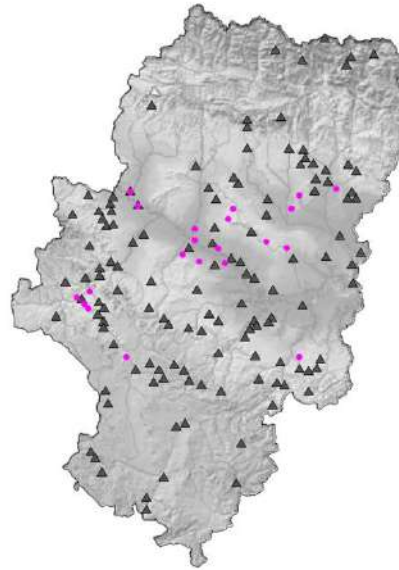


Figura 75. a) Piedra mampuesta en Fuentes de Jiloca (Zaragoza). Piedra labrada o canteada en b) Rodén (Zaragoza) y c) Alfajarín (Zaragoza). Piedra excavada en d) Bardallur (Zaragoza). e) Fachada de una vivienda realizada con piedra de yeso pulida en San Esteban de Litera (Huesca), municipio que perfeccionó esta técnica en la que originalmente las piedras serían más blancas y de aspecto similar al mármol. Fotografías del autor.

a



b



LEYENDA
▲ PIEDRA NO DOCUMENTADA
● PIEDRA DOCUMENTADA

Figura 76. Distribución geográfica de la piedra de yeso: a) arquitectura popular; b) arquitectura tradicional. Elaboración propia.

4.2.4. Resumen de las aplicaciones del yeso tradicional documentadas en Aragón

A continuación, como síntesis de los resultados parciales obtenidos tras el estudio de cada una de las aplicaciones estudiadas en las visitas a 150 municipios, se presenta una grafica que permite establecer conclusiones globales, mediante una interpretación más directa. Por ello, la Figura 77 muestra las aplicaciones más habituales que tuvo el yeso tradicional en cada uno de los municipios visitados de Aragón, ordenado en distintas categorías de la construcción.

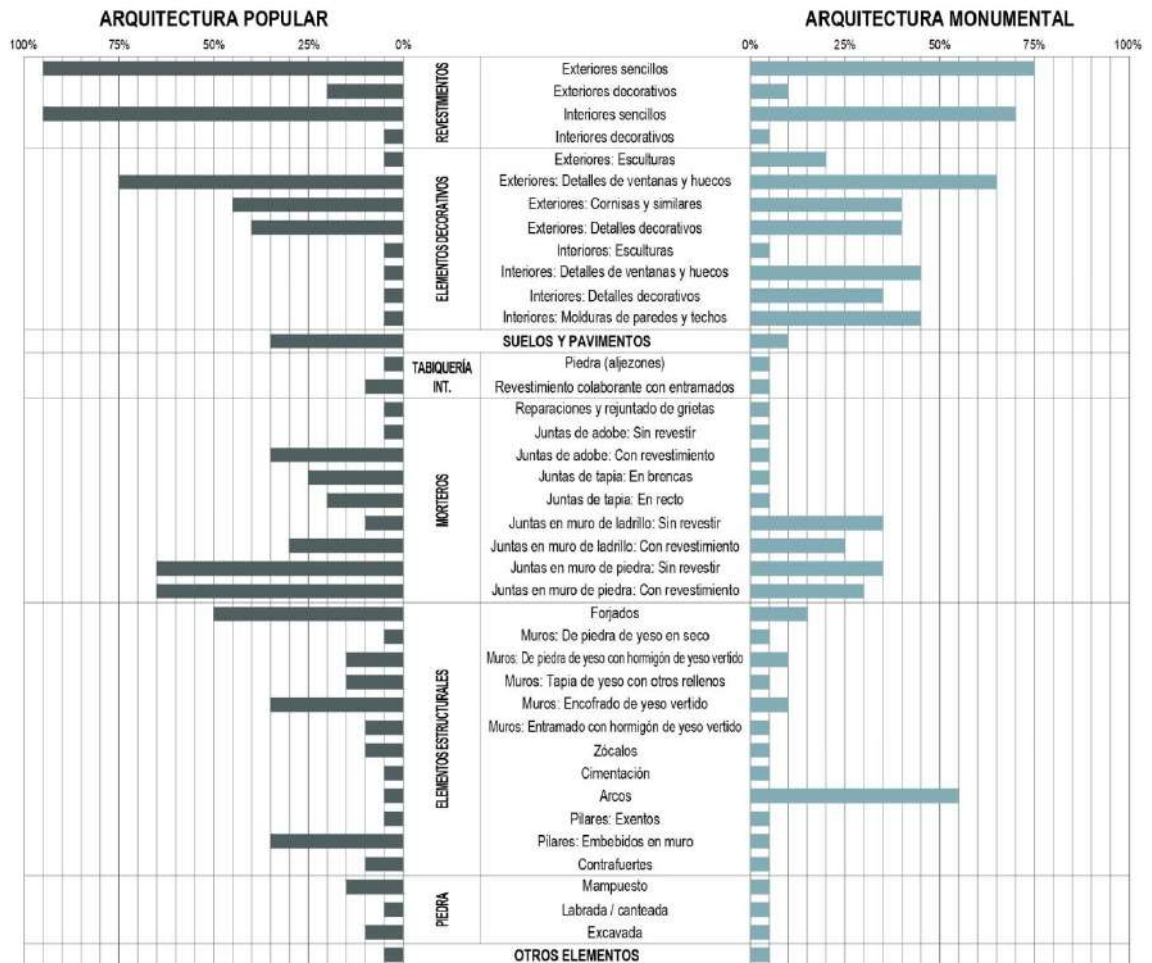


Figura 77. Resumen de resultados porcentuales de los distintos sistemas constructivos de yeso tradicional documentados tras las visitas a los municipios investigados.

Esta tabla, permite establecer que la utilización del yeso tradicional ha seguido tendencias similares, mostrando en la mayoría de las aplicaciones una mayor utilización en la arquitectura popular, con respecto a la arquitectura monumental, ya que esta última, debido a la mayor disponibilidad económica, de recursos o incluso de intencionalidad a la hora de transmitir un estatus y simbolismo, introdujo otros materiales a los que la arquitectura popular no pudo aspirar, como eran los sillares de piedra, mampuestos, ladrillos cocidos y una mayor profusión de utilización de los morteros de cal. Por lo tanto, la identificación de estas técnicas constructivas

con materiales que no están presentes en la arquitectura popular, implica que en el presente estudio los porcentajes de utilización de técnicas constructivas con yeso sean ligeramente inferiores para el caso de la arquitectura monumental, no obstante, las diferencias registradas no son demasiado significativas en la mayoría de los casos.

Las mayores disrupciones en las tendencias, se generan en los elementos decorativos en el exterior e interior, detectados en casi el 50% de las edificaciones investigadas y cuya utilización en el caso de la arquitectura popular no llegó al 5%, debido a que estas voluntades estéticas se contagiaron a la arquitectura popular, que se caracterizó por la austeridad y la economía de medios, centrados en la resolución de cuestiones funcionales y evitando la generación de adarnes estéticos que pudiesen repercutir en incrementos de costes.

Por otro lado, las aplicaciones que mayor profusión tuvieron en la arquitectura popular respecto a las tendencias que la Figura 77 muestra son las de los muros de tapia de yeso vertida y los pilares de yeso embebido en los muros, aspectos que no hacen sino resaltar las conclusiones ya citadas anteriormente, sobre las opciones que la arquitectura monumental dispuso (sillares, mampuesto, ladrillo...) y a las que la arquitectura popular no pudo aspirar, precisando de estas otras soluciones más económicas como los muros de tapia, tanto de yeso como de tierra, que debían incorporar pilares embebidos de yeso en los puntos de descarga de esfuerzos puntuales como vigas, o simplemente con la intención de rigidizar la estructura del muro, cuestiones, que mayor calidad de los materiales empleados en la arquitectura monumental no precisó en tanta medida.

PROCESO DE FABRICACIÓN DEL YESO TRADICIONAL Y SU EVOLUCIÓN

Mediante este apartado se desarrolla el Objetivo Específico 2, dando respuesta a la cuestión de “cómo” se fabricaba el yeso tradicional en Aragón, incluyendo por tanto un desarrollado análisis y estudio del proceso de elaboración, precedido por una aproximación geológica del yeso como materia prima y un estudio cronológico de la evolución documentada de las técnicas de fabricación desde sus inicios hasta mediados del siglo XX. Este estudio transversal y multidisciplinar permite detectar los factores que afectaron al cambio en el proceso de fabricación y que ha dado lugar al yeso industrial que conocemos hoy en día.

5.1. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología llevada a cabo en esta investigación para dar respuesta a los objetivos específicos definidos precisa de una visión y un trabajo pluridisciplinar y trasversal en campos de estudio diferentes. La metodología seguida en este apartado Objetivo Específico 2 recupera la información obtenida en las entrevistas a antiguos horneros y visitas a municipios y canteras, así como el estudio de las fuentes bibliográficas que se fijó en la metodología del Objetivo Específico 1 (apartado 4.1), pero con el enfoque dirigido a desvelar cómo se fabricaba el yeso tradicional a través de una organización cronológica.

La investigación parte de un estudio de la bibliografía existente y síntesis de la información geológica y mineralógica del yeso en su forma estable y más habitual en la Naturaleza, desarrollando las fases y cambios acontecidos durante las transformaciones de calcinación e hidratación propias de los procesos de fabricación del yeso para la construcción.

La documentación de la información del proceso de trabajo y fabricación del yeso tradicional fue obtenida en gran parte durante las visitas a los 150 municipios investigados, en los que se incluyó la búsqueda y descubrimiento de antiguas canteras y hornos de yeso (que se incluyen en el Anexo V), en varias ocasiones, fue posible visitarlas de la mano de los propios antiguos propietarios y trabajadores, que enriquecieron el proceso de documentación con explicaciones detalladas del proceso de trabajo y las innovaciones introducidas en el proceso. La metodología de entrevista siguió un mismo guión preparado previamente y replicado en cada una de las entrevistas para asegurar la homogeneidad de estudio entre todos los casos de estudio propias de las entrevistas semiestructuradas, como se ha comentado en el capítulo anterior, se diseñaron de manera que permitieran ofrecer información acerca de múltiples aspectos del yeso tradicional, por lo que también proporcionaron descripciones detalladas del proceso de elaboración del yeso tradicional.

Es decir, que la información obtenida de los testimonios de los antiguos trabajadores del yeso, junto con el trabajo de campo, las visitas locales y la revisión bibliográfica, han permitido dar una descripción detallada de la tecnología tradicional del yeso y su industrialización durante el siglo XX.

Como resultado de esta metodología, se han obtenido una serie de valores porcentuales (sintetizados en el Anexo II) con un enfoque de estudio semicuantitativo, que representan el grado de utilización o preferencia de los diferentes métodos de extracción, tipos de hornos, material de combustible, duración de la cocción y del enfriado y tipos de molienda en los municipios aragoneses, ya haberse analizado el mismo número de municipios que en el Objetivo Específico 1, es válido el valor de error admisible obtenido tras el cálculo desarrollado en el apartado 4.1, que se establece en un $\pm 7\%$.

Para el desarrollo de este apartado ha resultado de gran valor y utilidad la realización de las dos cocciones experimentales realizadas en Navarrete del Río (Teruel) en 2016, que se describen más adelante en el apartado 6.3.1, ya que han permitido corroborar y ratificar de manera práctica y empírica la información documentada teóricamente.

El seguimiento y monitorización de dichas cocciones ha permitido además la obtención de material fotográfico de las diferentes fases del proceso tradicional de fabricación del yeso (extracción de la piedra, montaje de hornos, cocción, triturado, etc.), las cuales se adjuntan en este apartado como información de gran riqueza.

5.2. RESULTADOS

5.2.1. Aproximación geológica: el ciclo del yeso

Como previamente se ha introducido, hoy en día existe una gran confusión en relación con el término “yeso”. Ni las normativas, ni los planes académicos ayudan a esclarecer o arrojar algo de luz al desconocimiento de este material y la confusión se acrecienta aún más por la coincidencia terminológica de la palabra. Así, se ha englobado bajo el mismo término “yeso” tanto al mineral de yeso sin cocer, como a los productos obtenidos tras la cocción (que pueden ser hemihidrato de tipo α o tipo β (basanita), anhidrita de tipos I, II o III, o, en caso de una deshidratación incompleta, un conjunto de varios de ellos, generando un yeso multifásico cocido mediante cocción tradicional-artesanal), obviando la importancia que incorpora esta matización.

Pese a que existe una gran cantidad de artículos científicos que han estudiado este tema y que ayudan a arrojar luz acerca de la composición del yeso tradicional (Arredondo, 1980; Sanz Arauz, 2009; La Spina, 2019), la mayoría de alumnos y técnicos formados en Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura y Arquitectura Técnica ni la sociedad no conocen, ni reconocen los términos de hemihidrato, basanita o anhidrita. Aspecto que subraya más la necesidad de reforzar la transferencia real de conocimientos que ya fueron publicados en 1768 por Antoine Lavoisier.

Además de este hecho, se debe contemplar que en la Naturaleza el yeso se encuentra muy pocas veces en estado totalmente puro y lo normal es que, fruto del proceso de formación del yeso mediante procesos de sedimentación (Ortí Cabo et al., 1992; Sanz Arauz, 2009), el yeso se encuentre acompañado de otros minerales accesorios entre las distintas capas de sedimentación como arcilla y cuarzo, diferentes sales como carbonatos y cloruros, y materia orgánica (carbón) (Bel-Anzué y Elert, 2021).

Dentro de los materiales de construcción, el yeso se considera un material conglomerante, puesto que es capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por acciones físicas y transformaciones químicas en su masa que originan nuevos compuestos, como sucede con la cal o el cemento, a diferencia de los materiales aglomerantes, que unen sustancias por acciones de tipo exclusivamente físico, como es el caso del barro (Muñoz Portero, 2020).

5.2.1.1. La piedra de yeso o aljez en la Naturaleza

Mineralógicamente, la piedra de yeso, también conocida como aljez (palabra proveniente del árabe *al-ğīṣṣ*), es una roca sedimentaria compuesta químicamente por sulfato cálcico dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que procede de fenómenos de evaporación y precipitación de una solución sobresaturada (salmuera) en cuencas salinas en dos tipos de ambiente: Evaporitas marinas y Evaporitas continentales. En las primeras, la fuente de la salmuera que se evapora es el agua de mar y los cristales pueden crecer a partir del fondo o formarse en la superficie y cae por efecto de la gravedad; en las segundas, el yeso precipita en lagos con estratos salinos más antiguos y los cristales de yeso se generan en los márgenes del lago o se acumulan sobre el fondo (Sanz Arauz, 2009).

El proceso de precipitación y crecimiento determina directamente las características macroestructurales del afloramiento (litofacies), así como su morfología, tamaño y orientación de los granos y distribución de los poros (Sanz Arauz, 2009). El espesor (denominado potencia) y la extensión de los depósitos de yeso (Figura 78a) son muy variables y pertenecen a edades geológicas muy diversas, generalmente el Terciario y el Mesozoico (Sanz Arauz, 2009). En España, existen formaciones yesíferas procedentes tanto del Triásico como del Terciario, ambas originadas por sedimentación (Riba Arderiu y Macau Vilar, 1962).

Los depósitos yesíferos del Triásico (Figura 78b) presentan unos tonos rojizos y proceden de dos tipos de sedimentación: evaporitas continentales (a lo largo de la costa mediterránea y desde el Sistema Ibérico hasta el Cantábrico) y evaporitas de carácter marino (en el Sistema Bético). Estas formaciones de yeso, organizadas en tres niveles de margas³ divididos por otros dos de calizas y dolomías (Sanz Arauz, 2009), se caracterizan por una elevada presencia de óxidos de hierro que les otorgan la tonalidad rojiza a las margas (Riba Arderiu y Macau Vilar, 1962).

Los depósitos formados en el Terciario (Figura 78c) proceden de la evaporación de aguas en el fondo de depresiones (donde se hallan las evaporitas), originadas por el movimiento de grandes bloques tectónicos del centro de la Península que impidieron la desembocadura de estas cuencas al mar. Se encuentran tres grandes cuencas procedentes de evaporitas continentales que contienen afloraciones yesíferas, como son las depresiones del Ebro, Duero y Tajo, junto con cuencas secundarias como la de Calatayud y Teruel, la de Granada o la de Valencia (Sanz Arauz, 2009).

³ Tipo de roca sedimentaria compuesta por carbonatos cálcicos y minerales arcillosos (del Ramo Jiménez y Guillén Mondéjar, 2021).

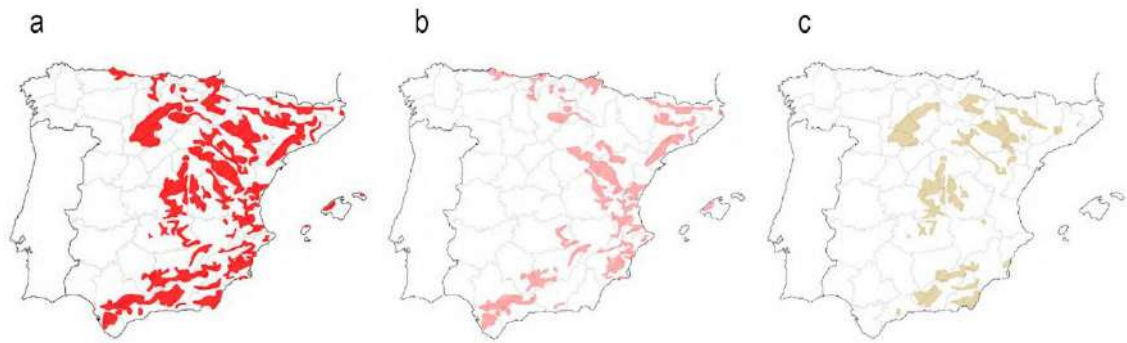


Figura 78. Mapas de los terrenos yesíferos de la Península Ibérica e Islas Baleares: a) conjunto de terrenos yesíferos; b) yesos del Triásico; c) yesos del Terciario. Mapas de Sanz Arauz (2009) adaptados de Riba Arderiu y Macau Vilar (1962).

El sistema sulfato cálcico-agua se encuentra en la Naturaleza en tres formas principales: dos fases hidratadas, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (aljez o sulfato cálcico dihidrato, en ocasiones denominado directamente “yeso”) y $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (basanita o sulfato cálcico hemihidrato); y una tercera fase deshidratada, sin presencia de agua, CaSO_4 (anhidrita). En la Naturaleza se pueden encontrar estas tres fases minerales, relacionadas entre sí por dos fenómenos conocidos como diagénesis (transformaciones físicas y químicas que suceden en los sedimentos después del depósito ocasionados por la circulación de fluidos en los primeros kilómetros de la corteza terrestre, a temperaturas inferiores a los 150-200°C (Tarbuck y Lutgens, 2005)) e hipergénesis (transformaciones y alteraciones tras la exhumación de las rocas), lo que se conoce como ciclo del yeso (Ortí Cabo et al., 1992).

El aljez o sulfato cálcico dihidratado es la fase más estable en condiciones ambientes (temperaturas por debajo de los 60°C). En la Naturaleza, el sulfato cálcico se encuentra relacionado con ambientes evaporíticos (Buick y Dunlop, 1990; Warren, 2006), principalmente como sulfato cálcico dihidrato o como anhidrita cuando la cuenca está sobresaturada en sal (Sanz Arauz, 2009), aunque la anhidrita está también presente frecuentemente en zonas hidrotermales de baja temperatura (Blount y Dickson, 1969). La basanita es metaestable y la fase más soluble en soluciones acuosas (Freyer y Voigt, 2003; Mirwald, 2008), pero raramente se forma en la Naturaleza, por lo que se encuentra en excepcionales ocasiones en estatolitos de medusae de aguas profundas, en una corteza de yeso del este de Argelia, en entornos naturales pseudomorfo o como cristales con morfología de aguja o fibras (Tiemann et al., 2002; Mees y Stoops, 2003, Van Driessche et al., 2019).

En la Naturaleza, la piedra de aljez frecuentemente se encuentra acompañada por diferentes minerales accesorios (Figura 79a). Sin embargo, en la actualidad muchos de estos minerales son

eliminados para obtener un producto que sea lo más cercano al yeso puro posible (Figura 79b), ya que el yeso industrial requiere de una pureza superior al 90% (Navarro Ezquerro y Julià Macias, 2019). Se realiza un triturado homogéneo y de pequeño tamaño previo a la cocción del mineral, la cual se lleva a cabo en hornos industriales entre 150°C y 200°C durante 2-3 horas (Karni y Karni, 1995; Lushnikova y Dvorkin, 2016; González Sánchez et al., 2020), por lo que estos minerales accesorios generalmente tienden a denominarse de manera errónea “impurezas” debido a que desde la perspectiva de producción actual que persigue la obtención de yesos industriales más blancos y en los que estos minerales agregados tienen un factor indeseado que modifican el color (Bel-Anzué et al., 2022).

Pero en el pasado, el proceso de elaboración del yeso tradicional no se integraba ni contemplaban fases de trabajo que eliminaran cuidadosamente los minerales accesorios, de modo que el producto final era un material heterogéneo con singularidades propias de la zona de extracción aportadas por los minerales accesorios que lo acompañaban, y en consecuencia la calificación actual como “impurezas”, con la connotación negativa que presenta la palabra, resulta incorrecta (González Sánchez et al., 2020; Bel-Anzué et al., 2022). Estos accesorios le conferían al yeso tradicional la posible formación de fases hidráulicas generando, por tanto, una serie de propiedades que hoy en día se han perdido en el yeso industrial, según estudios realizados recientemente (Sanz Arauz, 2009; González Sánchez et al., 2020), en aras de perseguir un color de producto final más blanco. Esta roca es la única materia prima para la fabricación del yeso, el cual se obtiene por la deshidratación del aljez, que se produce mediante el proceso de cocción.

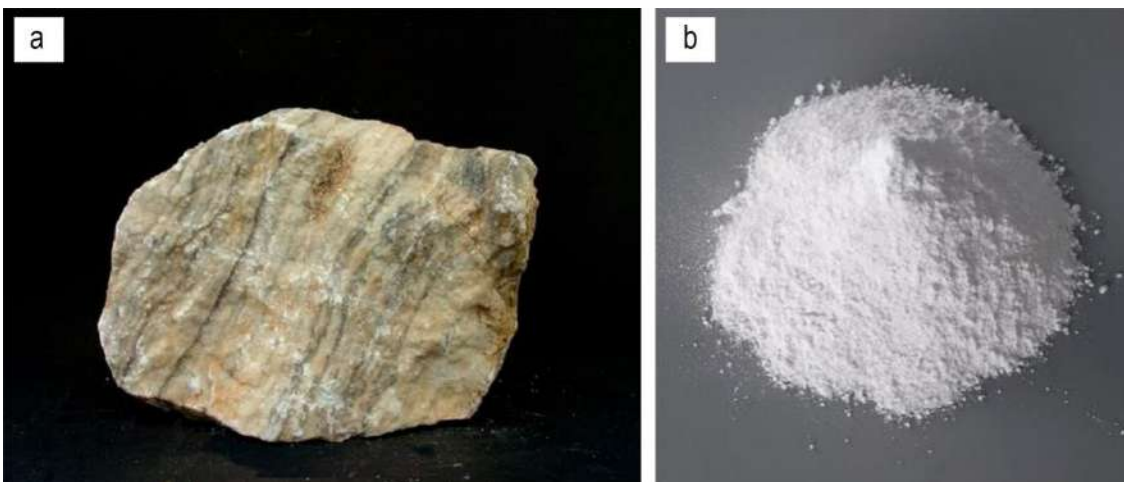


Figura 79. a) Piedra de aljez extraída directamente de una cantera, donde se pueden apreciar vetas oscuras que se corresponden con minerales accesorios de arcillas y carbonatos (Del Ramo y Guillén, s.f.); b) yeso blanco en polvo obtenido de manera industrial actualmente, habiendo previamente eliminado las impurezas (Alibaba Group, s.f.).

5.2.1.2. *Deshidratación, calcinación o cocción*

La deshidratación del aljez se produce cuando se somete al proceso de cocción. En función de la temperatura alcanzada, la deshidratación puede ser parcial o completa (según la cantidad de moléculas de agua que pierde en el proceso), obteniendo diferentes fases.

Se obtiene de esta manera el yeso cocido o deshidratado. En función de la temperatura y presión alcanzadas durante la cocción, se pueden obtener hasta 6 fases diferenciadas:

- I) Yeso o dihidrato (DH). Químicamente coincide con el aljez, por lo que también se conoce como sulfato cálcico dihidrato, y puede ser tanto el yeso crudo sin cocer (usado como bloques, sillares o mampuestos de construcción), el yeso que no ha experimentado una deshidratación completa debido a una inferior temperatura de cocción, o el yeso rehidratado tras el fraguado (Lasheras, 1989). Es la fase más estable por debajo de los 40-60°C y a presión ambiente (Van Driessche et al., 2019), aunque en la actualidad existe cierta discusión sobre este valor de temperatura.

El yeso cristaliza en sistema monoclinico. La estructura interna⁴ del yeso se compone por tetraedros de sulfato de calcio (CaSO_4) con poliedros de calcio (Ca) rodeados por cuatro oxígenos (O_4), formando cadenas paralelas al eje "c" (Figura 80a) que conforman láminas unidas mediante puentes de hidrógeno (Kostov y Kostov, 1999). Esto permite explicar la excelente exfoliación {010} del yeso según Klein y Hurlbut (1996). La disposición del agua (H_2O) es muy compleja, pero se ha podido demostrar mediante espectroscopia vibracional de infrarrojos que la molécula de agua tiende a separarse, de manera que el oxígeno se desplaza hacia el calcio (estabilizando el ion) y el hidrógeno se asocia con los oxígenos del sulfato (Rull Pérez et al., 1989).

La estructura externa (hábito) consiste en cristales tabulares y alargados sobre {010} según Klein y Hurlbut (1996), maclados en cola de golondrina sobre {100} (Mottana et al., 1980).

Existe una gran variedad en el aspecto o textura cristalina del yeso, pudiendo encontrarse cristales transparentes de gran tamaño, agregados fibrosos y yesos granulares o masivos (Sanz Arauz, 2009). En función del hábito del yeso se distinguen diferentes tipos: selenita o espejuelo en láminas de exfoliación, incoloras o transparentes

⁴ Según Sanz Arauz (2009), la definición de una especie mineral se hace a partir de los datos de su estructura interna y de su forma externa, denominada hábito.

(Klein y Hurlbut, 1996); fibroso con brillo sedoso o en haces (Murat y Arnaud, 1977); nodular o alabastrino, de alta pureza y traslúcido; sacaroideo; granular; berrugón, con pequeños monocristales transparentes (Villanueva Domínguez y García Santos, 2001); rosa del desierto, agregados en forma de roseta de color rojizo (Mottana et al., 1980), y yeso laminado formado por microcristales (Regueiro y Calvo Sorando, 1997).

- II) Hemihidrato (HH). En este caso la piedra de yeso pierde una molécula y media de agua, dando como resultado $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, por lo que su deshidratación es parcial. Esta fase, también denominada basanita, se obtiene entre los 100 y 180°C, existiendo dos formas alotrópicas diferentes con morfologías cristalinas distintas y por ende con propiedades físicas distintas pese a tener la misma composición química.

Por un lado, el hemihidrato α (HH α) se elabora en hornos de tipo “autoclave” que regulan la temperatura y la presión, y por tanto se produce bajo una presión y humedad mayores, dando lugar a un producto más compacto, duro y muy resistente tras su rehidratación. Por otro lado, el hemihidrato β (HH β) se obtiene en condiciones comunes, con presión ambiente y entornos con menor contenido de vapor de agua, y origina rehidratados más porosos que el α (Freyer y Voigt, 2003; Ballirano y Melis, 2009).

El hemihidrato β tiene una mayor energía libre y mayor solubilidad que el hemihidrato α , por lo que este último requiere de menor cantidad de agua para la rehidratación que el hemihidrato β , y sus cristales no se disgregan cuando se colocan en agua (Angeleri et al., 1982; Angeleri y Cardoso, 1983).

En la actualidad, existe cierta controversia en la literatura existente sobre la distinción de las fases α y β , particularmente en relación a la disposición y tamaño de los cristales (Bezou et al., 1990; Bezou et al., 1991; Christensen et al., 2008). El hemihidrato α posee unos granos gruesos correspondientes a cristales bien definidos, mientras que el hemihidrato β consiste en agregados finos, que aparecen debido a la eliminación del agua del sulfato de calcio dihidrato en forma de vapor sobrecalentado (Eremin et al., 2016). La reacción química producida es la siguiente:



El hemihidrato cristaliza en sistema romboédrico, y su estructura interna consiste en cadenas de poliedros de CaO_8 y CaO_9 apilados y enlazados por iones sulfatos (Figura

80b), con una simetría hexagonal. Estas cadenas se unen formando canales paralelos al eje "c", en los que se sitúan las moléculas de agua (Bezou et al., 1995).

Ambas fases α y β del hemihidrato son indistinguibles en términos de estructura cristalina, ya que poseen una estructura idéntica y, consecuentemente, un similar patrón de difracción al usar el método de Difracción de Rayos X (DRX) (Eremin y Pustovgar, 2012; Bezou et al., 1995).

- III) Anhidrita soluble o anhidrita III (AIII). Por encima de los 200°C se produce la deshidratación total del yeso. Aunque la fórmula química indica que la anhidrita no contiene agua (CaSO_4), en la práctica, el material contiene muy pequeñas cantidades de agua absorbida, lo que provoca la pérdida de agua a una temperatura de <100°C en los análisis termogravimétricos. Se trata de un producto muy inestable que rápidamente se transforma en hemihidrato incluso en condiciones de humedad ambiente.



Esta fase cristaliza en un sistema hexagonal. La anhidrita III y la basanita se consideraron durante mucho tiempo como una sola fase, con una cantidad variable de agua entre 0 y $\frac{2}{3}$ de molécula. Desde los años 60-70 se consideran fases independientes (Sanz Arauz, 2009) puesto que la cantidad de agua presente se ajusta según la cantidad y posición de las moléculas, que es diferente entre la basanita y la anhidrita III (Figura 80c).

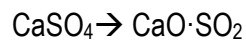
- IV) Anhidrita insoluble o anhidrita II (AII). A temperaturas superiores a 350°C se obtiene una anhidrita poco soluble (la anhidrita natural pertenece a esta fase) más estable que la anhidrita III. En este caso el sulfato cálcico se desprende en su totalidad de las moléculas de agua, generando CaSO_4 . Existen a su vez tres formas en función de la temperatura de cocción: anhidrita ligeramente soluble (AII-s) por debajo de 500°C, anhidrita totalmente insoluble (AII-u) entre 500 y 700°C, y la llamada anhidrita de pavimentos (AII-E) a temperaturas superiores a los 700°C.

La estructura interna de la anhidrita es ortorrómbica, y se compone de dodecaedros triangulares distorsionados, con vértices comunes con cuatro tetraedros de sulfato (Figura 80d) (Chang et al., 1996).

El hábito es de agregados masivos de tamaño de grano variable, mientras que la preexistencia de yeso produce generalmente unas morfologías con hábito acicular. El

aspecto de la anhidrita es incoloro en estado puro y exhibe un brillo perlado (Klein y Hurlbut, 1996).

- V) Anhidrita I (AI). Se obtiene por encima de los 1.200°C, solamente es estable a altas temperaturas y se transforma rápidamente en anhidrita II al descender la temperatura. Esta fase de la anhidrita cristaliza en un sistema cúbico.
- VI) Yeso hidráulico. A temperaturas superiores a 1.350°C, la anhidrita I se descompone dando lugar a cal (CaO), que puede reaccionar con las arcillas presentes en el yeso sin cocer para formar fases hidráulicas al mezclarlo con agua (CaO·SO₂).



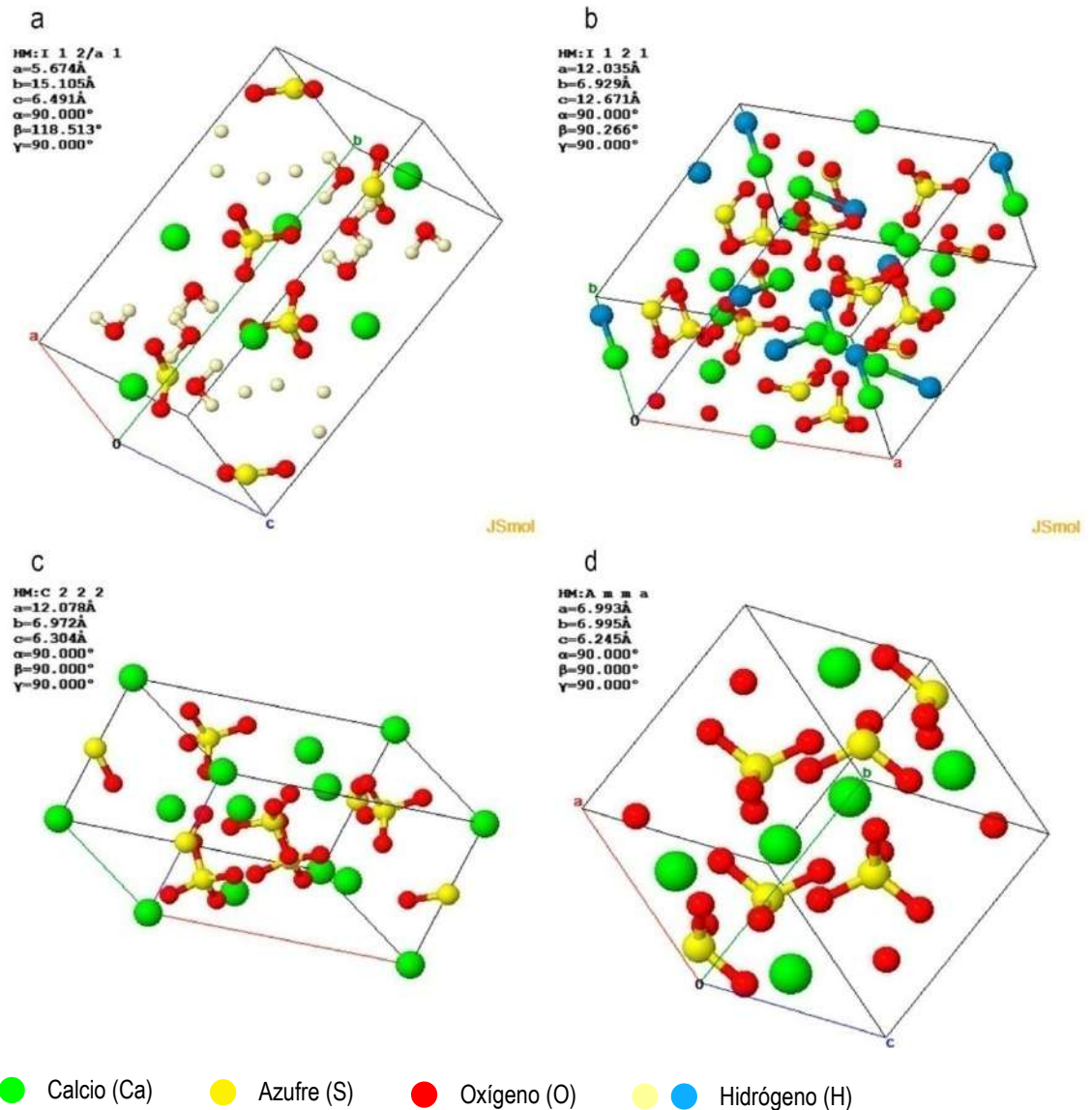


Figura 80. Estructura de las diferentes fases del sistema sulfato cálcico-agua: a) yeso, según Schofield et al. (1996); b) basanita, según Ballirano et al. (2001); c) anhidrita III, según Bezou et al. (1995); d) anhidrita II, según Hawthorne y Ferguson (1975) (American Mineralogist Crystal Structure Database, 2023).

Las siguientes figuras muestran un compendio de las propiedades de las diferentes fases del yeso obtenidas tras la deshidratación de la piedra de aljez (Tabla 5, Tabla 6).

Tabla 5. Productos obtenidos en la cocción de la piedra de aljez (adaptado de Arredondo, 1980).

PIEDRA DE YESO (ALJEZ) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	}	Cocción a 80°C-180°C(autoclave, ↑P, ↑H)	→ $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	Hemihidrato α
		Cocción a 120°C-180°C	→ $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	Hemihidrato β
		Cocción a 220°C-380°C	→ CaSO_4	Anhidrita III soluble
		Cocción a 380°C-1.200°C	→ CaSO_4	Anhidrita II insoluble
		Cocción a 1.200°C-1.350°C	→ CaSO_4	Anhidrita I
		Cocción a >1.350°C	→ $\text{CaO} \cdot \text{SO}_2$	Yeso hidráulico

Tabla 6. Resumen de las propiedades de los productos de la cocción de la piedra de aljez (adaptado de Arredondo, 1980).

	DIHIDRATO Aljez o piedra de yeso	HEMIHIDRATO Basanita o hemihidrato		ANHIDRITA III Anhidrita insoluble		ANHIDRITA II Anhidrita soluble Anhidrita natural sobre cocido			ANHIDRITA I Anhidrita de alta temperatura
		Yeso α	Escayola	α	β	Lentamente soluble	Insoluble	Parcialmente disociada (pavimentos)	
SIMBOLOGÍA	DH	HHα	HHβ	AnIII		AnII2	AnIIi	AnIIp	AnI
FÓRMULA	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$		CaSO_4		CaSO_4			CaSO_4
% AGUA DE CRISTALIZACIÓN	20,92	6,21 (1)		0,00		0,00			0,00
SISTEMA CRISTALINO	Monoclínico	Romboédrico		Hexagonal		Ortorrómico			Cúbico
MALLA ELEMENTAL a b c	10,47 15,15 6,28	6,38 6,99 6,34	6,99 6,99 6,34	6,99 6,99 6,34	6,99 6,99 6,34	6,96 6,95 6,21			Indeterminado Indeterminado Indeterminado
MASA MOLECULAR (g/mol)	172,18	145,15		136,14		136,14			136,14
VOLUMEN MOLECULAR (ml/mol)	74,50	52,50	55,42	52,77		46,40-45,80			
DENSIDAD REAL (g/cm³)	2,31	2,76	2,63	2,58		2,93-2,97			
CONDICIONES DE SÍNTESIS DE LABORATORIO	-	> 45°C Húmedo	45- 150°C Seco	50°C en vacío 100°C con aire		200-1.180°C			>1.180°C
CONDICIONES DE PRODUCCIÓN EN FÁBRICA	-	80- 180°C Húmedo	120- 180°C Seco	110°C Húmedo	290°C Seco	300-500°C	500-700°C	>700°C	No producción industrial
ESTABILIDAD TERMODINÁMICA	<40-60°C	Metaestable		Metaestable		40-1.180°C			1.180-1.450°C
CALOR DE HIDRATACIÓN (Cal/mol)		4.100 ±20	4.600 ±20	6.150 ±20	7.210 ±20	4.030±20			
DUREZA MOHS	2	-	-	-	-	3-3,5			
SOLUBILIDAD AL AGUA a 20°C (g/L)	2,1	6,7	8,8	6,7	8,8	2,7			

5.2.1.3. *Hidratación del material cocido o fraguado*

Al amasar el yeso deshidratado con agua, en su debida proporción para su aplicación en obra, éste se rehidrata formando de nuevo el dihidrato y se endurece en un plazo breve, dando como resultado una pasta con una viscosidad adecuada según el tipo de trabajo que se vaya a realizar (Arredondo, 1980).

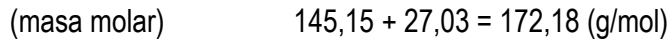
Este fenómeno, de acuerdo a la literatura existente (Sanz Arauz, 2009), se compone de un aspecto químico-mineralógico por un lado (hidratación-cristalización), y de un aspecto físico-mecánico por otro (endurecimiento), lo que genera un aumento de resistencia, y cambios de estado (SNIP, 1982), denominado fraguado, siendo éste el término en español acuñado en la comunidad científica y el empleado por la mayoría de autores (Arredondo, 1980; Almagro, 1986; Cabrera Garrido, 1991; Gárate Rojas, 1999; Villanueva Domínguez, 2004; Sanz Arauz, 2009; Marín Sánchez, 2011; Escavy Fernández, 2013; La Spina, 2015; González Sánchez et al., 2020).

El fraguado del yeso es todavía hoy objeto de un debate en la comunidad científica en relación a la teoría más aceptada. Una de ellas, propuesta por Le Châtelier, sugiere que se forma una disolución saturada respecto al hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) pero sobresaturada respecto al dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), a partir de la cual comienza a producirse la cristalización del yeso, bien por formación espontánea de núcleos de cristalización (nucleación homogénea), o a partir de núcleos de dihidrato que han permanecido sin modificar a través del proceso de cocción (nucleación heterogénea) (Arredondo, 1980; SNIP, 1982). Otra teoría es la propuesta por Cavazzi, que se fundamenta en un proceso coloidal que consiste en la formación de un gel intermedio cuando el yeso cocido se mezcla con agua, a partir del cual se forman los cristales aciculares de yeso (Arredondo, 1980).

La relación de amasado agua/yeso es uno de los factores que influye en mayor medida en la calidad final del producto hidratado, ya colocado en obra, y es un parámetro que afecta directamente a su microestructura y por lo tanto a sus propiedades mecánicas. (Arredondo, 1980, Ye et al., 2011).

Durante la deshidratación, el yeso sufre una pérdida de peso como consecuencia de la evaporación del agua. Teóricamente, debido a la diferencia de las masas molares de las diferentes fases (dihidrato: 172 g/mol), se puede calcular que la pérdida de peso tras la deshidratación es de un 15,7% en el caso del hemihidrato o basanita (145 g/mol) y del 21,5% en el caso de la anhidrita (135 g/mol), aunque algunos autores establecen esta pérdida de peso en un 20% para la deshidratación en anhidrita (Prasad et al., 2001).

Durante la puesta en obra, la hidratación del yeso se produce según la siguiente reacción:



Por lo tanto, teóricamente es necesario añadir un 18,6% de agua al hemihidrato para su hidratación. Sin embargo, si únicamente se utiliza este porcentaje de agua el resultado de la rehidratación es una pasta muy poco líquida de rápido endurecimiento que imposibilita el amasado, puesto que la hidratación es una reacción exotérmica y parte del agua se evapora, y serían necesarios hasta 60 g de agua por cada 100 g de yeso para obtener una pasta semihidratada (Blasco-López y Alejandro Sánchez, 2013). Por este motivo, los antiguos trabajadores del yeso solían utilizar una relación agua/yeso que variaba entre un 0,4 y un 0,70, en función de la aplicación.

No obstante, es sabido que un exceso de agua empeora de manera considerable la calidad del revoco, ya que se evapora rápidamente dando lugar a una red de poros (Figura 81) expuesta a la entrada de futuros agentes dañinos que aceleran la degradación, como sustancias químicas, sales derivadas de la contaminación ambiente, o simplemente agua de lluvia que puede deteriorar el yeso debido a su aumento de volumen cuando se congela (Middendorf, 2002; Igea Romera et al., 2013). Además, esta mayor porosidad implica una menor densidad aparente, que está relacionada directamente con una disminución de la resistencia mecánica (Tabla 7a), tanto a flexión como compresión, aspecto que ha sido estudiado y demostrado por varios autores (Arredondo, 1980; Karni y Karni, 1995; Vegas et al., 2012).

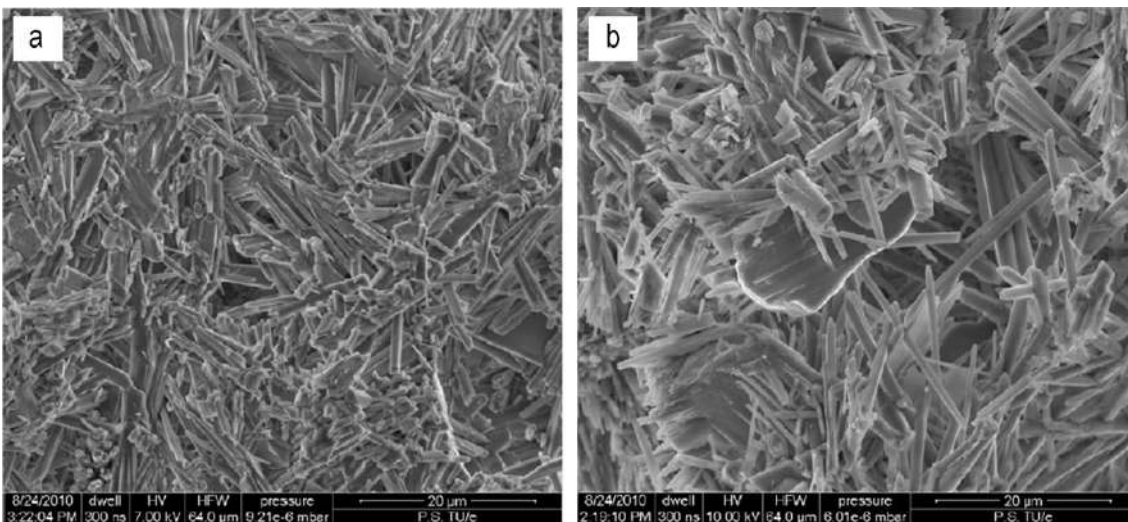


Figura 81. Imágenes FESEM de la estructura cristalina del yeso hidratado con una relación agua/yeso de a) 0,65 y b) 0,85 (Yu y Brouwers, 2011). El yeso hidratado con una menor relación agua/yeso presenta unos cristales más apretados y homogéneos y una menor fracción de poros, generando una mayor fuerza de enlace entre cristales según Yu y Brouwers (2011).

Asimismo, la influencia de la humedad (representada con adiciones de agua a un yeso ya amasado) reduce drásticamente la resistencia mecánica, hasta un 50% con tan solo un 1% de agua añadida (Tabla 7b), lo que ofrece una idea de la importancia de conseguir una adecuada impermeabilidad del yeso (Arredondo, 1980).

Tabla 7. a) Influencia del agua de amasado sobre la resistencia a compresión de un yeso α , según ensayos realizados en el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (adaptado de Arredondo, 1980); b) influencia del agua añadida en la resistencia de un yeso amasado con una relación agua/yeso de 0,6 (adaptado de Arredondo, 1980).

a)		b)	
Relación de amasado agua/yeso	Resistencia a compresión (MPa)	Agua añadida (%)	Pérdida de resistencia (%)
0,45	17	0	0
0,50	15	0,04	33
0,60	12	1	52
0,80	86	5	56
1,00	57	25	56

5.2.1.4. Propiedades del yeso (dihidrato)

Las propiedades del yeso hidratado dependen de un gran número de factores, como la calidad del mismo, el proceso de elaboración y el proceso de puesta en obra, por lo que no es posible determinar un parámetro medio que pueda ser representativo para este material; si bien, de manera general, las propiedades establecidas en la literatura científica son las siguientes:

- I) Solubilidad: es un material poco soluble en agua, con unos 2,0-2,5 g/l a 25°C (Bock, 1961).
- II) Dureza superficial: el yeso rehidratado y la piedra de mineral de yeso (aljez) tienen una escasa dureza superficial, con un valor de 2 en la escala de Mohs.
- III) Porosidad: es un parámetro muy variable en función de la cantidad de agua de amasado y repercute directamente en otras propiedades como la dureza superficial (Soroka y Sereda, 1968) o la resistencia mecánica (Arredondo, 1980). Generalmente, la porosidad del yeso se sitúa entre un 40% y un 60% (Soroka y Sereda, 1968; Blasco-López y Alejandro Sánchez, 2013).
- IV) Resistencia mecánica: es una propiedad muy variable que depende de múltiples parámetros, como la calidad del material, la cantidad de agua de amasado, la porosidad

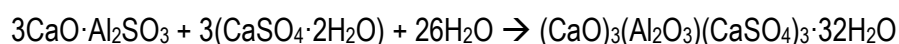
e incluso el grado de humedad, puesto que un pequeño incremento de la cantidad de agua (~1-2%) provoca una considerable pérdida de resistencia mecánica (Arredondo, 1980; Yilmaz, 2010).

- V) Incombustibilidad: es un material incombustible (por lo que proporciona una notable protección frente a la acción del fuego) debido a su composición química, ya que, si un elemento de yeso se somete a una elevada temperatura, las moléculas de agua presentes en el yeso se evaporan absorbiendo calor. Es una deshidratación que comienza en la superficie expuesta al fuego y continúa gradualmente hacia el interior.
- VI) Propiedades térmicas: tiene una elevada inercia térmica y un bajo coeficiente de conductividad térmica.
- VII) Propiedades higrotérmicas: el yeso es un material que regula la humedad ambiente, puesto que los revestimientos de yeso son permeables a la humedad. Ofrece un grado higrotérmico equilibrado, absorbiendo rápidamente el exceso de humedad y cediéndola al ambiente cuando el aire está seco.
- VIII) Adherencia: es un material con buena adherencia con materiales porosos y rugosos (especialmente los cerámicos y pétreos), propiedad promovida por la expansión producida durante la hidratación. Tiene una gran adherencia con el acero gracias a su enlace químico (aunque provoca una elevada corrosión), pero es una propiedad que disminuye con el tiempo y en presencia de humedad. No se adhiere correctamente a materiales muy pulidos.
- IX) Corrosión en metales: el yeso produce una elevada corrosión en el hierro y el acero, generada por la humedad ambiental presente en el yeso (más notable en el acero desnudo que en el acero galvanizado) (Gómez y Andrade, 1988), por lo que los elementos en contacto con yeso deben protegerse. Este problema es recurrente en las obras de construcción tradicionales, donde las tuberías de abastecimiento y distribución de agua para cocinas, baños y cuartos húmedos en general solían ser metálicas, y tener algunas micro-fugas que con el paso del tiempo han generado corrosión generalizada. El zinc puro no es atacado, pero el zinc impuro (principalmente si contiene plomo) experimenta corrosión en contacto con el yeso.

5.2.1.5. Incompatibilidad de otros materiales en la restauración del Patrimonio

El desconocimiento general actual acerca de estas propiedades del yeso tradicional, sumado a la ausencia de respaldo de normativas, regulaciones o planes académicos, ha originado una desconfianza por parte de muchos técnicos ante este material, haciendo que se prescriba la utilización de materiales modernos o morteros bastardos (cal y yeso) en detrimento del yeso tradicional (Merlet, 1986).

El uso de materiales industriales ricos en aluminio, como pueden ser los morteros calcáreos con fases hidráulicas y el cemento Portland (productos que contienen aluminato tricálcico: de manera abreviada C_3A , o $Al_2O_3 \cdot 3CaO$ (Regidor et al., 2019)) mezclados con yeso da lugar a un error básico y muy habitual que consiste en la formación de etringita por la reacción de estos materiales en presencia de agua (Portland Cement Association, 2001; Davila y John, 2014), un sulfoaluminato cálcico hidratado (Matschei et al., 2007) (fórmula $(CaO)_3(Al_2O_3)(CaSO_4)_3 \cdot 32H_2O$):



De acuerdo a la literatura, la formación de etringita en la pasta sucede dentro de los poros del sistema a nivel submicroscópico, produciendo su disrupción, ocasionando tensiones internas y, como consecuencia, provocando una fisuración que termina debilitando el mortero (Taylor et al., 2001; Collepari, 2003; Irassar et al., 2010). Algunos investigadores (Irassar et al., 2010) han podido comprobar la formación de la etringita en diferentes cementos incluso a temperatura ambiente (5-20°C) a largo plazo (6-12 meses).

Las entrevistas realizadas para la presente investigación a los restauradores Luis Prieto Prieto y Fernando Guerra Libroero⁵, ambos con sede en Madrid (ciudad donde trabajan de manera más habitual a pesar de su amplio recorrido en obras nacionales e internacionales) ha puesto de manifiesto como estos reputados profesionales han percibido que este grave error se incrementa exponencialmente día tras día en los trabajos de restauración del “trabadillo”. El “trabadillo” es una técnica tradicional de revestimiento a base de un mortero bastardo de cal aérea y yeso que fue utilizada con profusión en las fachadas de Madrid desde el siglo XVIII hasta mediados del siglo XX. El error, surge del desconocimiento y prescripción de la cal hidráulica en sustitución de la originalmente utilizada cal aérea provocando la formación de etringita, hasta el punto de que estos profesionales se han encontrado con fachadas recientemente intervenidas totalmente arenizadas en un plazo inferior a 3 años desde la finalización de su restauración, requiriendo de

⁵ Comunicación personal, L. Prieto Prieto y F. Guerra Libroero (Zaragoza, 2023).

una nueva intervención mucho más costosa que la inicial para revertir el daño producido por la intervención incompatible.

Otros investigadores han podido observar un efecto similar en los morteros por la formación de taumasita ($\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$) en presencia de silicato cálcico (Schmidt et al., 2008), que puede causar una pérdida de la fuerza de agregado de la pasta, de la resistencia mecánica, de la cohesión y eventualmente de la trabajabilidad (Hou et al., 2015).

Otro ejemplo de la utilización inadecuada de estos materiales en obras de restauración del Patrimonio es el caso de la fallida restauración de la Torre del Moro en Ivorra (Lérida), declarado BIC por ministerio del Decreto de 22 de abril de 1949. Se trata de una fortificación de origen medieval del siglo XI, de la cual actualmente únicamente se conserva la conocida como Torre del Moro (Figura 82), una torre cilíndrica de 20 metros de altura, que fue reutilizada posteriormente como prisión municipal y depósito de agua municipal en el siglo XIX (Garganté et al., 2001).

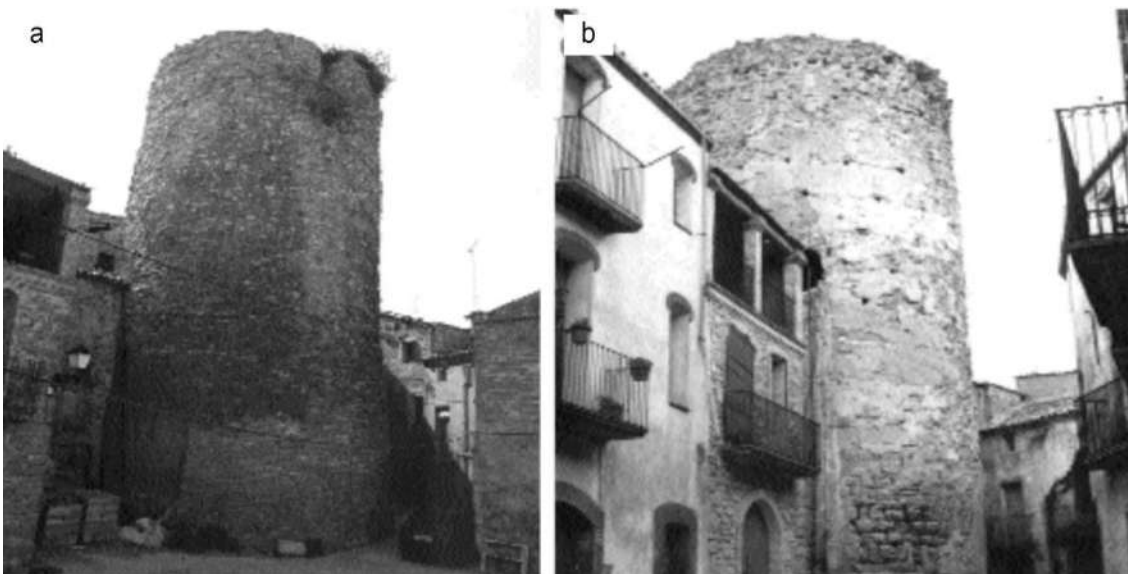


Figura 82. a) y b) Estado original de la Torre del Moro previa a la restauración (Garganté et al., 2001).

La torre, que originalmente tuvo un revestimiento exterior de yeso tradicional, ha sido rehabilitada con yeso actual de fabricación industrial, y ha tenido un resultado muy desfavorable, lo que ha ocasionado el desprendimiento del mortero de yeso utilizado durante la restauración (Figura 83) (Segura, 2019), siendo incluso necesario retirar el revestimiento para evitar peligro a los viandantes (Somsegarra, 2020).



Figura 83. a) Estado de la torre tras la restauración (Lleida.com, 2020); b) incorporación de andamios por el desprendimiento del mortero (Somsegarra, 2020).

Otro ejemplo en el que se ha realizado una inadecuada restauración en el Patrimonio ha sido la muralla del Monasterio de La Cartuja de Nuestra Señora de Las Fuentes (Sariñena, Huesca), declarado BIC por ministerio de la Ley (Decreto 60/2002, de 19 de febrero), donde el revestimiento original que se encontraba deteriorado era de cal, y se trató de restaurar con yeso industrial tintado, lo que provocó que, a pesar de haber incorporado una malla para repartir las tensiones y mejorar el agarre del yeso, terminase por desprenderse con absoluta sencillez del paramento (Figura 84). No obstante, en la misma muralla se han detectado y analizado zonas revestidas con mortero de yeso tradicional (Figura 21; apartado 4.1.2), datadas como originales del año 1760y que se mantienen todavía hoy en día en buen estado de conservación, buena adherencia al soporte y dureza. En el mismo edificio, existen otras técnicas constructivas ejecutadas con yeso tradicional y expuestas a la intemperie (una bóveda, una escalera tabicada) y que a día de hoy muestran un buen estado demostrando un mejor comportamiento y durabilidad a la intemperie del yeso tradicional sobre el yeso industrial fabricado en la actualidad.

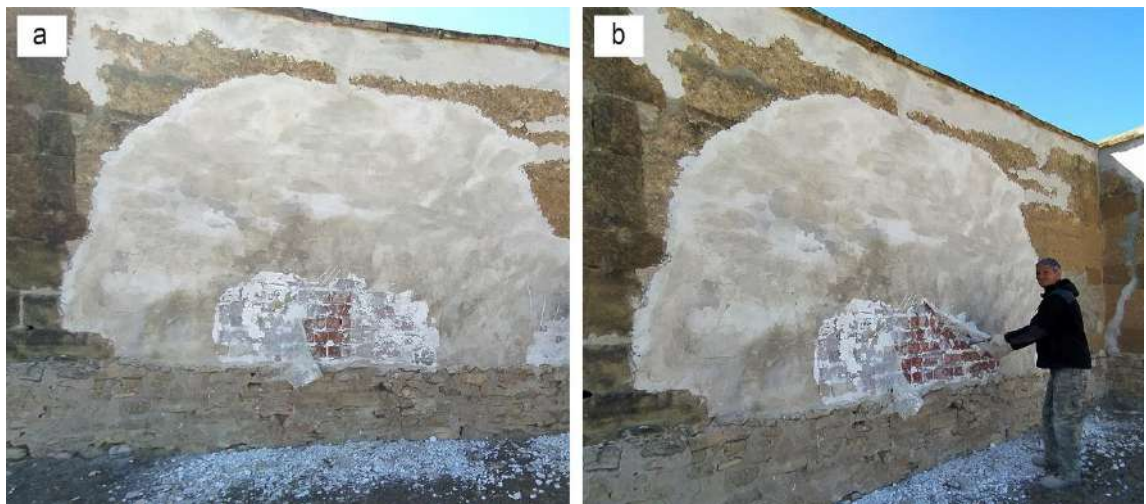


Figura 84. a) y b) Ejemplo de una inadecuada intervención que se está desprendiendo en un antiguo revestimiento de la muralla del Monasterio de La Cartuja de Nuestra Señora de Las fuentes (Sariñena, Huesca). Fotografías del autor.

5.2.2. Hipótesis cronológica de la evolución del proceso de elaboración del yeso tradicional

El yeso es un material muy extendido en la arquitectura aragonesa, ha estado presente en ella desde los primeros asentamientos prehistóricos, y ha sido posible recopilar bibliografía de su utilización a lo largo de los siglos.

Sin embargo, si nos centramos únicamente en el proceso de fabricación, resulta difícil establecer una evolución clara y definida acerca de los cambios que han sufrido las técnicas de elaboración del yeso, puesto que no ha sido posible localizar bibliografía que ya haya estudiado este proceso desde una perspectiva ni en su globalidad, ni parcialmente, por lo que esta investigación abre una nueva línea de trabajo e investigación no iniciada anteriormente.

El primer documento histórico que hace referencia al proceso de elaboración del yeso es “Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas”, publicado por Juanelo Turriano en 1570 (Turriano, 1996). Se trata de un escrito que detalla distintas invenciones y máquinas de la época, y en el cual un capítulo está dedicado al yeso. Generando, por lo tanto, un hito importantísimo en la hipótesis cronológica desarrollada a continuación.

5.2.2.1. Orígenes - siglo X

El estudio de los restos arqueológicos ha permitido detectar y estudiar la presencia del yeso como conglomerante de manera inequívoca, revelando que la utilización del yeso se remonta al Epipaleolítico Tardío (10300-8500 a.C.) según Kingery et al. (1998).

Pese a que las investigaciones confirman que, en Aragón, los primeros asentamientos prehistóricos pertenecientes a la Edad del Bronce Tardío (1300-700 a.C.) ya utilizaban el yeso, no ha sido posible documentar ni localizar vestigios de los sistemas de producción y fabricación del yeso tradicional (Picazo Millán y Rodanés Vicente, 2009; Alloza Izquierdo y Marzo Berna, 2005). Algo similar, ha sucedido con los estudios e investigaciones en los yacimientos arqueológicos específicos, por ejemplo, los de “El Cabezo de la Cruz de la Muela” (siglo VII-VI a.C.) y “El Cabezo de la Horca” (en torno al siglo II a.C.) no han permitido obtener información sobre la tecnología de fabricación.

Tras la experiencia vivida en primera persona con las excavaciones y trabajos propios de Dirección de Obra realizada en el yacimiento arqueológico de la Ciudad Romana de “La Caridad” (siglo II-I a.C.) he podido confirmar la dificultad para encontrar información a este efecto, y el trabajo allí realizado tampoco ha permitido detectar ningún vestigio que permita extraer conclusiones ni información sobre el proceso de fabricación del yeso tradicional en este periodo.

El pésimo estado de conservación en el que llegan las construcciones al día de hoy, mayormente colapsadas y con la materia orgánica casi desaparecida por la acción de los insectos xilófagos, dificultan la distinguibilidad de las piezas más singulares, como muros, jarrones, puertas, estanterías, por lo que obtener información del proceso de fabricación del yeso a través de yacimientos arqueológicos es muy complicado, y la probabilidad de localizar una antigua cantera o zona de procesado del yeso de esta época es muy remota. Además, resulta entendible que los limitados fondos para conversación e investigación de yacimientos se destinen a zonas más nobles y de mayor riqueza informativa y de interés turístico como teatros, foros o viviendas nobles con detalles de mosaicos, quedando estas actividades productivas de carácter industrial fuera del espectro de búsqueda.

Para conocer los aspectos propios del proceso de fabricación de la antigüedad, dependemos exclusivamente de documentación escrita, la cual es muy escasa a nivel mundial, y de la que pese a haber estudiado los textos de los tratadistas antiguos como Plinio el Viejo en su "Historiae Naturalis", Vitruvio en su obra "De architectura", y Alberti en "De re aedificatoria", no ha sido posible localizar ninguna descripción sobre el proceso de fabricación del yeso, a diferencia de lo que sucede con la cal, de la cual si se existe una tratadística detallada, lo que parece sugerir que el yeso en esta época desempeñaba un papel muy secundario.

Los ejemplos arquitectónicos de este periodo de dominio visigodo, entre ellos la iglesia visigoda de Santa María de Melque de los siglos VII-VIII (Toledo), revelan que pese a ser la cultura dominante, la población visigoda (5% del total residente en la Península Ibérica) no produjo un impacto suficiente en el cambio de costumbres y se mantuvo la herencia constructiva e influencia de la arquitectura romana, por lo que se puede deducir que la tecnología de construcción apenas sufrió cambios significativos (Caballero Zoreda et al., 1999) y, por tanto, es probable que tampoco lo hicieran la fabricación y la utilización del yeso con respecto al periodo romano.

Igualmente, hasta el siglo X, durante el primer periodo islámico, todo parece indicar que, debido a la misma causa de baja representatividad de población islámica, en Aragón se mantuvieron las técnicas de construcción en la tradición local, ya que la gran mayoría de la población era mozárabe y continuaba con la cultura heredada y con sus las tradiciones locales (Simonet, 1897).

Como síntesis, para el caso de estudio concreto en Aragón, y tomando como hipótesis que existe un silogismo y vinculación entre culturas, costumbres y sistemas constructivos, que ya ha sido desarrollado de manera pormenorizada en el Objetivo Específico 1, se puede afirmar el

proceso de fabricación del yeso no sufrió cambios desde la época romana hasta el siglo X, ya que pese a que sí hubo cambios en la cultura dominante (vándalos, visigodos y primer periodo islámico), la mayoría de la población seguía siendo la oriunda, seguía hablando latín y mantenía costumbres romanas.

No obstante, la falta de documentación detallada sobre la fabricación del yeso durante estos periodos no se considera un factor limitante para poder estudiar el proceso de fabricación histórica y su evolución, ya que en el estudio realizado de las técnicas constructivas del yeso no se han tenido en cuenta los datos que se podrían extraer de los restos arqueológicos de las poblaciones celtíberas, romanas ni visigodas. En cambio, los datos analizados son las existentes en las poblaciones que siguen existiendo en la actualidad, cuyas viviendas y construcciones estudiadas son con certeza posteriores al siglo X, por lo que el estudio de la tecnología de fabricación del yeso parte del conocimiento disponible a partir de este periodo.

5.2.2.2. *Siglo X - siglo XVII*

Durante el segundo periodo islámico (siglos X-XII) se produjo una importante ruptura con la tradición de los siglos anteriores, cuando la población islámica, que en el caso de Aragón provenía de ascendencia principalmente yemení (familias Banu Hud y Banu Tuyib), aumentó de manera sustancial debido a un gran proceso migratorio fomentado para aumentar la presencia de creyentes musulmanes y afianzar el islam, apaciguando las numerosas y habituales rebeliones. Así, los nuevos pobladores construyeron nuevos barrios y municipios enteros con técnicas y costumbres inalteradas procedentes de Oriente Medio (Corral Lafuente y Peña Gonzalvo, 1986), importando asimismo los modos de elaboración del yeso, y fomentando el papel protagonista que este material tendría en la arquitectura de la época.

A pesar del extenso uso arquitectónico del yeso durante este periodo, no ha sido posible localizar documentación descriptiva del proceso de fabricación del yeso ni información técnica. Sin embargo, el hecho de que en la actualidad se mantengan palabras de claro origen árabe relacionadas con la tecnología del yeso, como “aljez”, “almutafaz”, “aljecero” o “algadera”, es un claro indicativo de que las técnicas de producción del yeso asociadas a estas palabras provienen del mismo periodo, y que apenas variaron durante los siglos siguientes.

A partir de los siglos XII-XIII se produjo una continua reconquista por parte de los reinos cristianos, pero la población islámica continuó residiendo en la Península Ibérica hasta la gran expulsión de los moriscos entre los años 1609 y 1614 durante el reinado de Felipe III. Durante este periodo, la población musulmana continuó trabajando en distintos oficios relacionados con

la construcción, por lo que mantuvieron las técnicas de construcción entre las que se encuentra el sistema de elaboración del yeso (Bernabé Pons, 2011).

Este hecho es de vital importancia para establecer la hipótesis que se propone sobre el proceso de fabricación del yeso. Juanelo Turriano publica en 1570 “Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas” (Turriano, 1996), donde uno de los capítulos es dedicado al yeso como material de construcción. Este documento da cuenta detallada de la tipología de los hornos de yeso, así como de las herramientas utilizadas para el procesado del yeso, donde se puede apreciar la tipología de los hornos, los instrumentos empleados para la extracción del material de la cantera (algaderas, picos, mazas, azadas o cuñas), los sistemas empleados para la trituración del yeso cocido (ruedas para moler), y los elementos para pesar el yeso (bacías) (Figura 85).

Este documento es de especial interés porque fue redactado antes de la mencionada expulsión de los moriscos a principios del siglo XVII, y por tanto puede ser considerado como un testimonio de la integración de las metodologías constructivas tradicionales provenientes de Oriente Medio (especialmente en Irán y Mesopotamia) que se reflejan en el uso del yeso en la arquitectura local aragonesa.

Además, a través del estudio de publicaciones provenientes de Oriente Medio, se tiene constancia de que los hornos tradicionales de yeso documentados en Aragón son casi idénticos a los encontrados en Oriente Medio (Oudbashi y Shekofte, 2008), lo que refuerza la hipótesis que sostiene que el sistema de elaboración de yeso tradicional no proviene solamente desde el siglo XVI como demuestra el libro de Juanelo Turriano, sino que proviene al menos de la época islámica en los siglos X-XI.

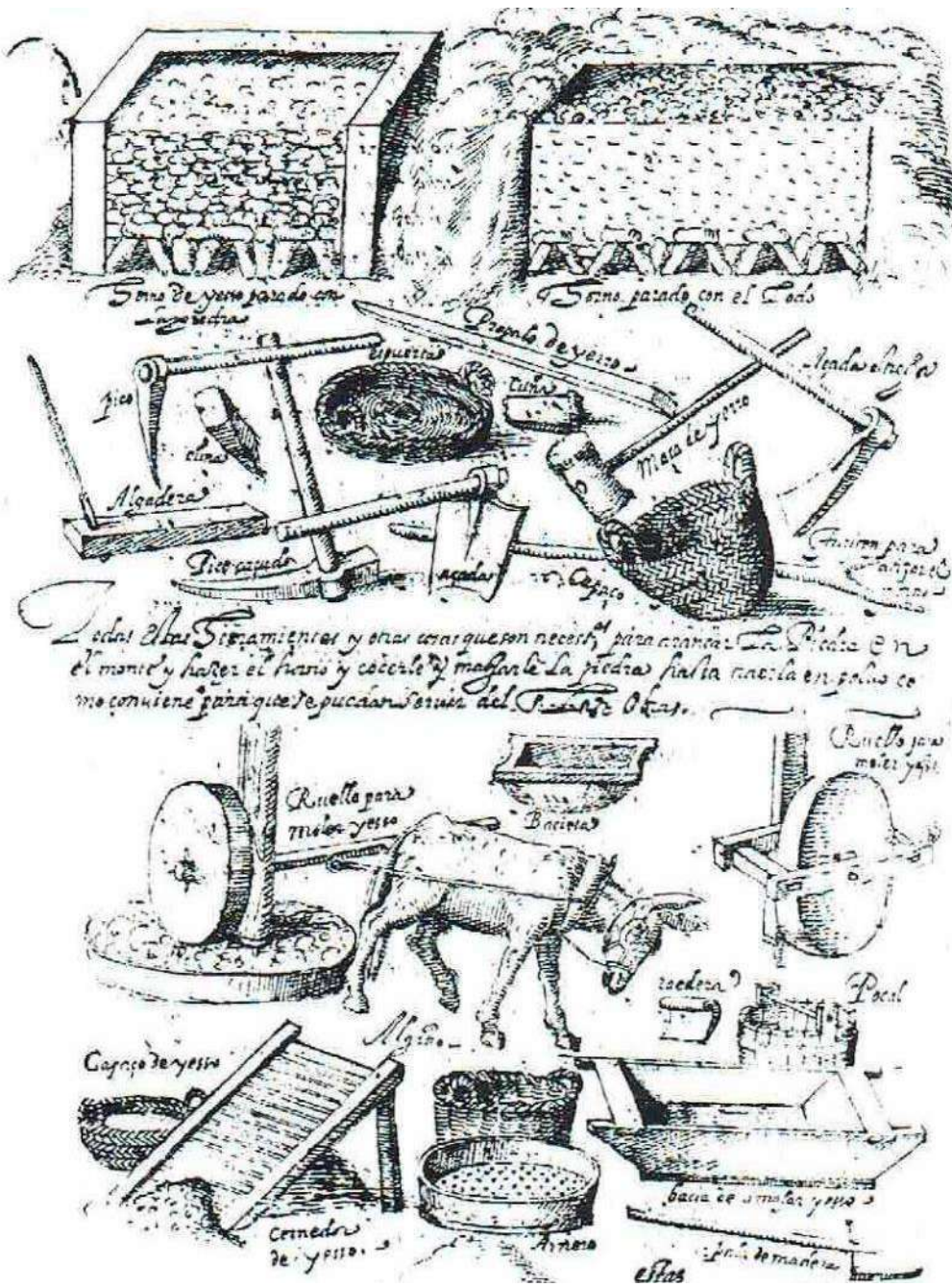


Figura 85. Representación de los hornos históricos y herramientas para la extracción y procesado del yeso, documentados en (Turriano, 1996). Cortesía de la Biblioteca Nacional de España.

5.2.2.3. Siglo XVII - siglo XIX

A finales del siglo XVIII, un relato en el cual se detalla la organización de los fabricantes del yeso y de los yeseros en Zaragoza (Sebastián, 1985), afirma que en distintas cartas enviadas a la “Real Sociedad Económica” y al Ayuntamiento de Zaragoza en 1782 y 1796 se exponían denuncias sobre la mala calidad del yeso. Sorprendentemente, estas cartas todavía contenían terminología árabe como “aljecero”, “aljez” y “almutafaz”, lo cual hace pensar que la tradición islámica de la elaboración del yeso continuaba vigente en la época.

Un tratado de la misma época narra el arduo trabajo de triturar la roca de yeso. Según Francisco Xavier Cid (Álvarez Barrientos, 1988), en 1787 era costumbre en muchos pueblos de Aragón contratar un gaitero para tocar una melodía que marcaba el ritmo de subida y bajada del mazo y facilitaba el trabajo de los jornaleros durante la molienda del yeso cocido para amenizar la dureza de este trabajo, ofreciendo detalles sobre la obtención de la materia prima del yeso.

La permanencia terminológica y las descripciones de la precariedad laboral existente en Aragón durante este periodo reflejan una estaticidad del proceso de fabricación que contrasta radicalmente con el desarrollo de las nuevas tecnologías de fabricación e investigación que estaban floreciendo en Europa, donde Van t'Hoff y Le Châtelier (1883) continuaron con los estudios que Lavoisier presentó en 1768 a la Academia Francesa de las Ciencias y explicaron científicamente la deshidratación del yeso, dando lugar a una ininterrumpida investigación sobre este material. Gracias a ello se comenzó a controlar el proceso de fabricación, los productos empezaron a ser estandarizados, incorporando algunos aditivos, principalmente retardantes del fraguado (del Río Merino et al., 2022). Junto con el proceso de industrialización, esta investigación significó el desarrollo de una gran cantidad de nuevos tipos de hornos para lograr un sistema de calcinación más racional (Villanueva Domínguez, 2004).

De esta época datan distintas tipologías de hornos, desarrollados y patentados en distintos lugares de Europa (La Spina, 2014) que se pueden clasificar en cuatro categorías: hornos de combustión abierta, estructuras de combustión, hornos de tiro ascendente y hornos de tiro descendente (Nicholson, 1993); entre estos últimos, el recorrido de las llamas y el calor depende de la ubicación del tiro.

Históricamente, el horno de tiro ascendente ha sido el más común, el fuego se ubica en la parte más baja del horno y los gases de combustión viajan hasta la cámara de combustión; en el horno de tiro descendente, en cambio, los gases de combustión salen del horno a través de una chimenea en la parte trasera de la estructura (Nicholson, 2010). Esta innovación produjo un

aumento en la temperatura de cocción que, como referencia, en el caso de los hornos de cerámica los de tiro ascendente podían alcanzar temperaturas de 1.000°C, mientras que los de tiro descendente podían llegar hasta los 1.300°C (Nicholson, 2010).

Los hornos industriales por lo general evolucionaron hacia la búsqueda de aislar el fuego en un espacio cada vez más cerrado y con mayor penetración de oxígeno, maximizando el tiro provocado por la chimenea (Brown Birabén et al., 2014), lo que se conoce como “efecto chimenea” (Sempere, 1999). En cambio, los hornos tradicionales de yeso, que estarían incluidos en la tipología de combustión abierta (sin bóveda o techo superior) y tiro ascendente estaban contruidos con un tiro inferior (la boca), lo que posibilita la entrada de aire y facilita la combustión (Sempere, 1999). Desde este enfoque, surgieron numerosos tratados que especificaron la evolución de los hornos tradicionales de yeso a los industriales. Algunos de estos hornos son: el horno *culée* francés, una evolución de planta cuadrada del horno tradicional con un mayor número de bocas (Pardo, 1885); el horno ordinario (Figura 86), similar a los hornos de cal, permitía una cocción continua (Pardo, 1885); el horno de Minich en 1845, posibilitaba la cocción del yeso sin ser perjudicado por el humo para conservar su blancura (Valdés, 1859); el yeso de Friquet y Guyant (Figura 87) en 1850, permitía obtener una cocción continua del yeso en polvo a la temperatura que se quisiera (Espinosa, 1859); el horno de Dumesnil en 1855, donde se podían cocer 35 metros cúbicos por día empleando madera como combustible (Grimsley, 1904), y el horno Viollette (Figura 88), introducía el vapor de agua como novedosa fuente de calor para la cocción y obtenía así un material más limpio y homogéneo, y de mejor calidad con menos medios, ya que aprovechaba el vapor de agua perdido al mover los molinos para moldurar el yeso (Espinosa, 1859).

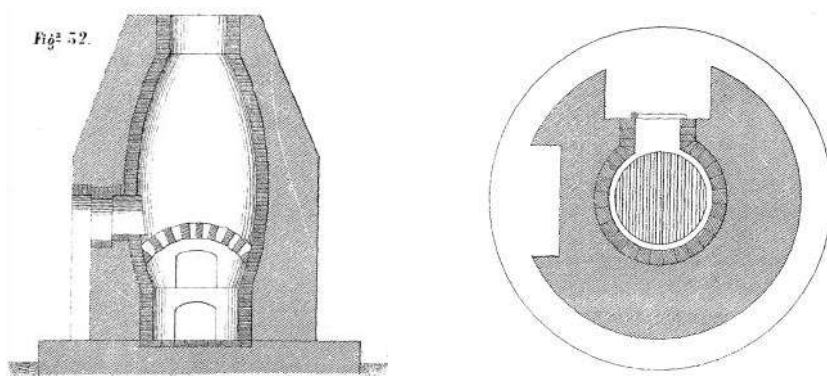


Figura 86. Horno ordinario. Izda.: sección; dcha.: planta (Pardo, 1885).

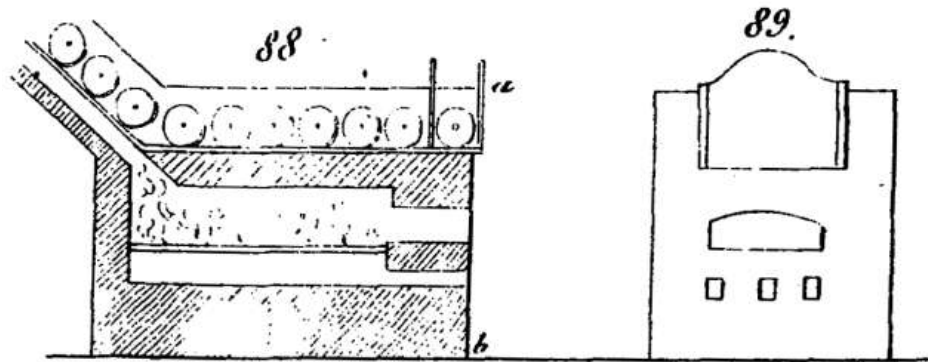


Figura 87. Izda.: horno de Friquet; dcha.: horno de Guyant (Espinosa, 1859).

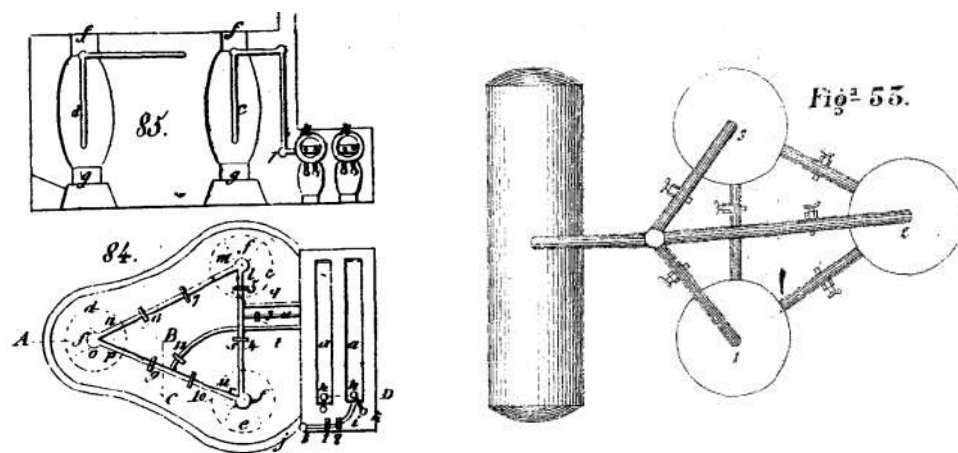


Figura 88. Izda.: horno Viollette (Espinosa, 1859); dcha.: horno Viollette (Pardo, 1885).

5.2.2.4. Siglo XX

Durante los inicios del siglo XX Aragón continuó aislada de las investigaciones e innovaciones tecnológicas que se habían desarrollado en Europa, circunstancia que se agravó todavía más tras la Guerra Civil (1936-39). En esta época, la comunidad de Aragón se encontraba sumida en una grave crisis, donde la comunicación entre muchos municipios seguía siendo difícil y el transporte de mercancías por carreteras, a menudo sin asfaltar, dependía de carros tirados por animales, lo que se ha podido comprobar en la hipótesis cronológica del uso del yeso.

En consecuencia, las técnicas de construcción de la arquitectura popular en las zonas rurales apenas avanzaron y se mantuvieron prácticamente sin cambios, perdurando todavía la tradición de épocas anteriores en la elaboración del yeso.

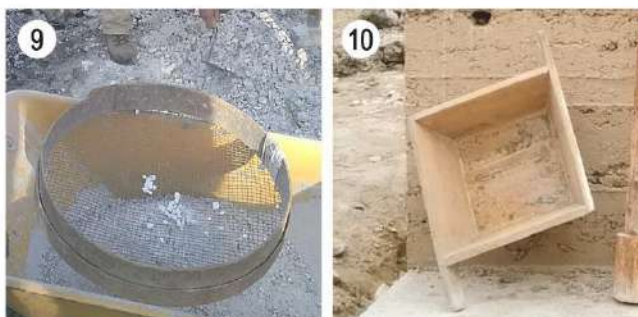
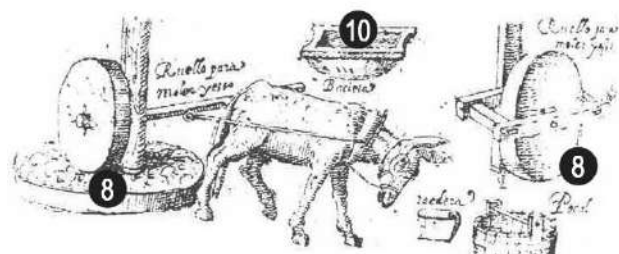
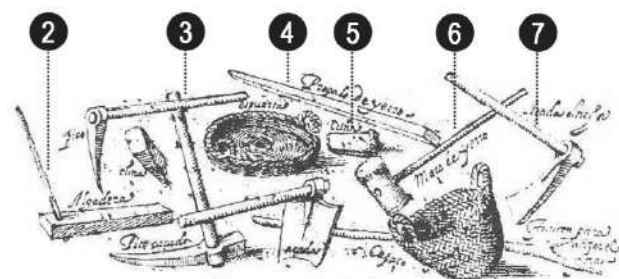
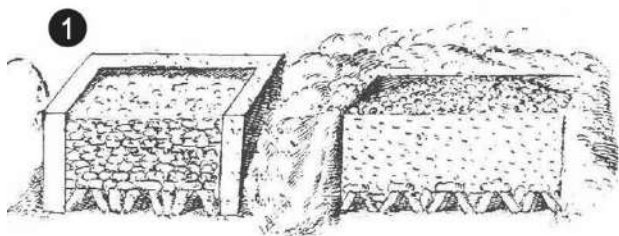
Esta investigación ha permitido documentar las técnicas de fabricación del yeso tradicional en Aragón hasta la mitad del siglo XX que han sido sintetizadas en la Figura 89, reflejando no solo el alejamiento de las evoluciones que se estaban produciendo en Europa, sino una permanencia

de las técnicas documentadas gráficamente por Turriano en 1570, que a su vez permanecían constantes desde el siglo XI cuando se produjo una gran emigración desde Oriente Medio.

Comparativa de herramientas y procesos de fabricación del yeso tradicional

Grabado realizado por Juanelo Turriano. Año 1570

Documentado en la primera mitad del siglo XX



- 1. Horno de yeso rectangular
- 2. Algaidera
- 3. Pico
- 4. Barrón

- 5. Cuña
- 6. Maza
- 7. Azada

- 8. Molino rotatorio
- 9. Tamiz
- 10. Bacía

Figura 89. Comparativa entre las herramientas utilizadas para la elaboración de yeso tradicional en el libro “Los veintinueve libros de los ingenios y las máquinas” de 1570, frente a las herramientas utilizadas hasta mediados del siglo XX. Elaboración propia.

En la región de Valencia, se tiene constancia de la existencia de hornos tradicionales similares (La Spina et al., 2014), aunque en esta comunidad se documentó con mayor profusión la utilización de hornos circulares, por lo que la hipótesis sobre la conservación de las técnicas del proceso de elaboración del yeso tradicional puede ser de aplicación a más zonas de la “España yesífera” (Cataluña, Valencia, Murcia, Andalucía, Madrid, Castilla la Mancha...). En otros países europeos como Francia y Alemania se han documentado hornos tradicionales similares a los usados en Aragón, con planta rectangular (Dariz y Schmid 2019; Le Dantec, 2016; Wende et al., 2010), y en Oriente Medio también se han documentado hornos de tipología similar a la tradicional aragonesa (rectangular o tipo B y circulares) (Oudbashi y Shekofte, 2008).

No fue hasta después de los años 40 cuando en Aragón se inició un importante cambio en el sistema tradicional de explotación del yeso (años 70 en las zonas rurales), originalmente basado en pequeñas empresas familiares, que en ese momento se transformaron en microempresas locales haciéndose eco de las evoluciones acontecidas en Europa casi un siglo antes.

Hoy en día, numerosas ruinas industriales dan testimonio de las empresas familiares que fracasaron en este periodo (desarrollado en la sección 5.2.3.3 a continuación) y tuvieron que cerrar. Según Arredondo (1980), ya en 1980 las empresas de yeso tenían que producir entre 50 y 150 toneladas de yeso al día para ser rentables, lo que obligaba a los fabricantes a adoptar métodos de producción innovadores para mejorar la productividad.

Después de 1970, las empresas tuvieron que aumentar aún más la producción para seguir siendo competitivas, los hornos preindustriales rápidamente se volvieron obsoletos y fueron reemplazados por hornos industriales. Las microempresas locales acabaron finalmente por dar paso a empresas multinacionales (Saint-Gobain Placo Ibérica, S.A., España y KnaufGips KG, Alemania) que actualmente producen más de 1.000 toneladas al día en cada una de sus instalaciones. El cambio de “modus operandi” de los procesos manuales a procesos industriales produjo como resultado un producto mucho más homogéneo que el obtenido tradicionalmente, centrandose sus propiedades para el uso de revestimientos interiores.

Actualmente, el grueso de yeso disponible en el mercado se elabora mediante un proceso totalmente industrializado en el que las empresas buscan maximizar la eficiencia en todas sus fases para poder ofrecer un producto barato y competitivo en el mercado. El mineral de yeso se extrae de extensas canteras a cielo abierto, como es el caso de las canteras de Cuarte de Huerva (Zaragoza), Gelsa (Zaragoza) y Calanda (Teruel) en Aragón.

El continuo proceso de evolución en el que se encuentra la industria del yeso desde la aparición de las primeras fábricas a mediados del siglo XX es un hecho que revela que la elaboración del yeso no es un proceso definitivo y que seguirá sufriendo modificaciones futuras en busca de optimizar la producción.

En la actualidad, el consumo de yeso en el sector de la construcción es mayor que nunca en volumen, superando los 7.700 millones de euros en ventas en Europa (Haneklaus et al., 2022), pero por contraparte, su uso se limita al revestimiento interior y como aditivo (retardante) en el cemento Portland (Chandara et al., 2009). Hoy día, el cemento Portland y ocasionalmente la cal han reemplazado por completo al yeso en aplicaciones estructurales.

5.2.3. Proceso de fabricación del yeso tradicional

El proceso de elaboración de yeso tradicional se compone de tres fases bien diferenciadas, que se corresponden con la extracción del yeso, la cocción, y el triturado y almacenado (Figura 90). Es conveniente recordar la escasez de recursos económicos de muchas de las familias y actores que participaban en el proceso, tanto compradores como fabricantes, por lo que durante el proceso de entrevistas se han documentado que existían muchos tipos de acuerdos económicos de para facilitar el proceso de compra-venta adaptándose a las circunstancias particulares de cada familia, pudiéndose vender el yeso cocido y triturado, el yeso cocido pero sin desmontar del horno ni triturarlo, el yeso cocido pero con la aportación del combustible por parte de la familia compradora, etc., por lo que las combinaciones contractuales de estas fases pueden ser muy diversas; pero la cocción era la fase del proceso de obtención del yeso que siempre era realizada por personas especializadas, ya que precisaba de un mayor conocimiento de los detalles necesarios para obtener un yeso cocido de buena calidad. Los resultados documentados con la investigación se desarrollan con detalle en estas fases de trabajo.

En el Anexo II se detalla la información y su procedencia que ha sido tomada en cuenta para la obtención de los valores porcentuales que se detallan en el siguiente apartado de resultados.

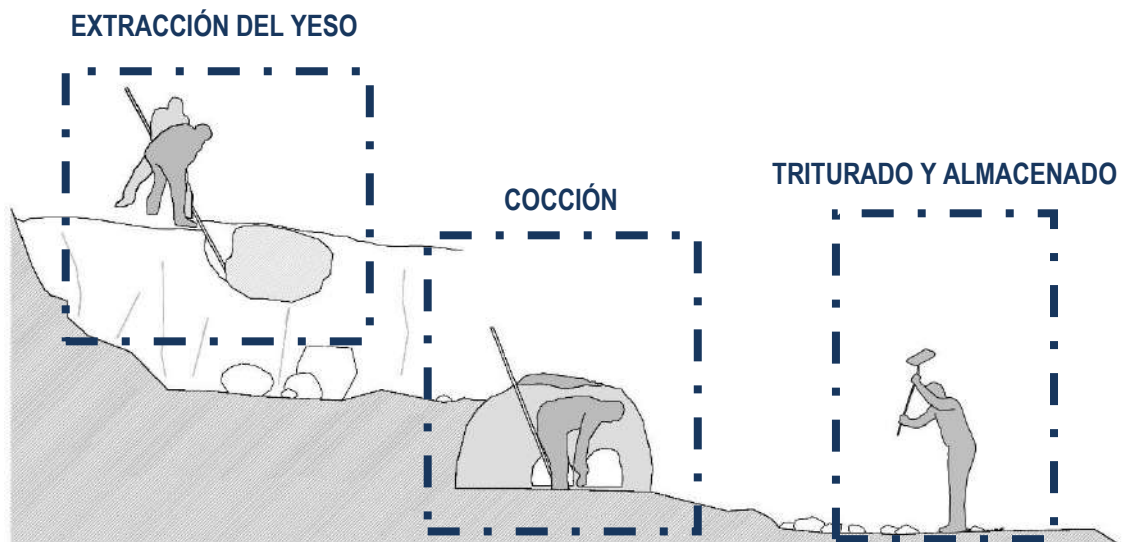


Figura 90. Esquema del proceso de obtención del yeso con las distintas fases diferenciadas: extracción, cocción, y triturado y almacenado. Elaboración propia.

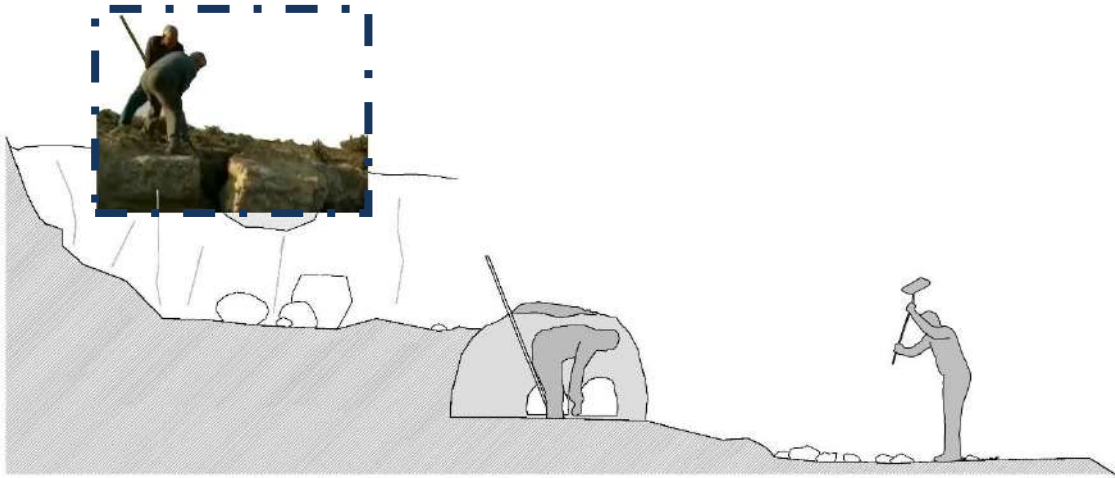
5.2.3.1. *Proceso de extracción de la piedra*

Figura 91. Fase: extracción de la piedra de yeso. Elaboración propia.

La elección del terreno de extracción dependía de la calidad del afloramiento de yeso, las condiciones de accesibilidad y transporte a los municipios, prefiriendo las ubicaciones cercanas a los municipios y con buenos caminos de acceso y la preferencia de terrenos escarpados o con inclinación, ya que los terrenos planos se destinaban al cultivo y los terrenos inclinados posibilitaban la secuenciación de los trabajos facilitando el acarreo del pesado material a favor de la gravedad. Las visitas locales evidenciaron que, siempre que fuera posible, el lugar de extracción estaba situada en la zona más elevada, el horno y el área de molienda se organizaban a cotas secuenciadas por debajo, de tal manera que se aprovechaba la gravedad y la inclinación del terreno para facilitar el transporte de los bloques de yeso⁶ y del material cocido (Figura 92a).

Aproximadamente el 90% de todas las canteras de yeso tradicionales estudiadas en Aragón se explotó mediante minería a cielo abierto (Figura 92b). En algunos municipios (por ejemplo, Villaba Alta y La Fresneda (Teruel), así como Aladrén y Sástago (Zaragoza)), el yeso se extraía de minas subterráneas (minas de sala y pilar), dejando grandes cuevas con alturas de más de 4 metros y profundidades de hasta 100 metros (Figura 92c-e). A menudo, se pueden encontrar numerosas minas en el mismo municipio, ya sea perteneciente a una sola o a varias familias⁷.

⁶ Comunicación personal, L. Marcén (Leciñena, Zaragoza, 2014), J. Juan (San Mateo de Gállego, Zaragoza, 2017).

⁷ Comunicación personal, P. Mercado (Ricla, Zaragoza, 2019), J. Yague (Tauste, Zaragoza, 2019).

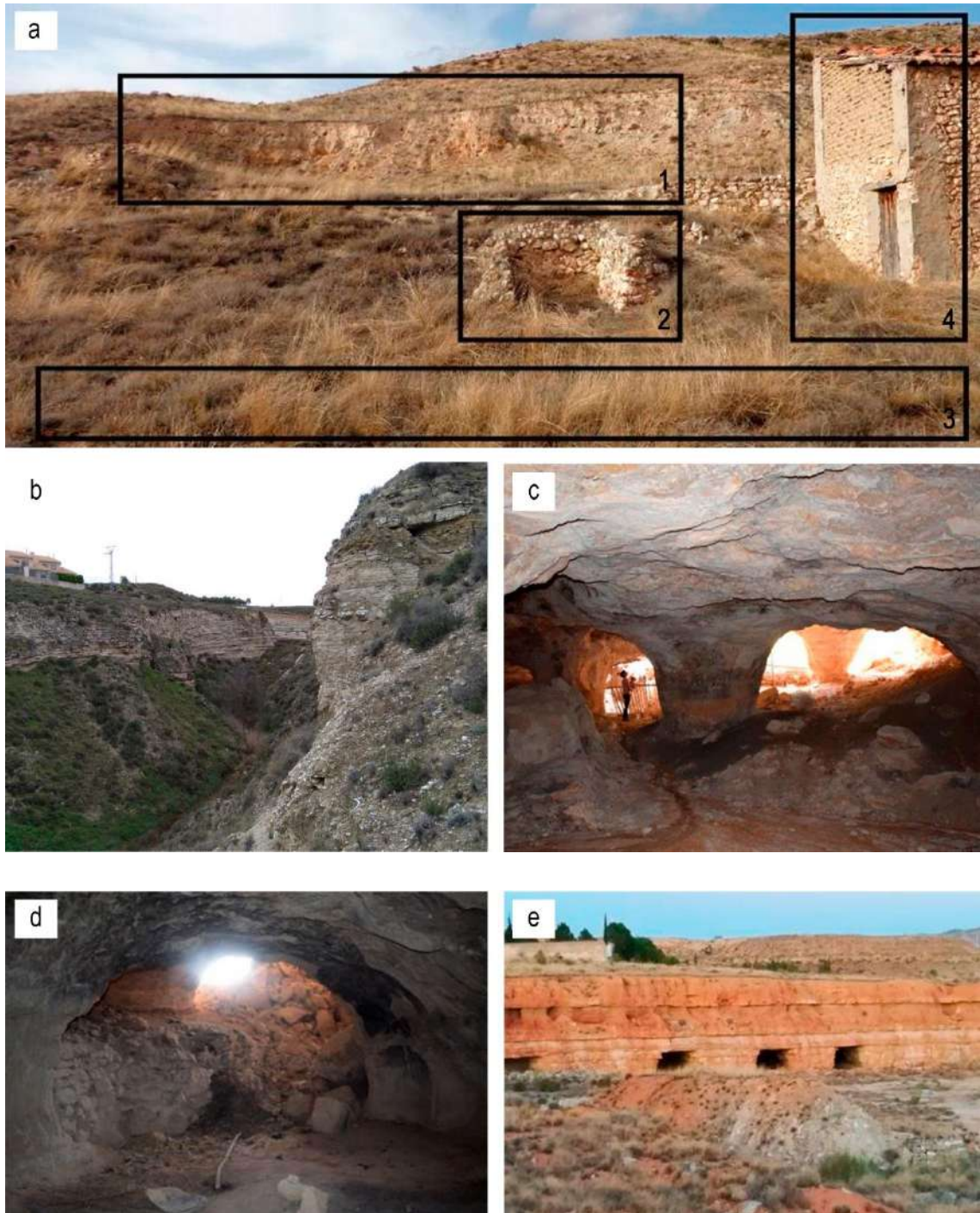


Figura 92. a) Lugar abandonado de producción de yeso en Navarrete (Teruel), mostrando 1) el lugar de extracción, 2) el horno, 3) el área de molienda, y 4) el edificio usado para almacenamiento y venta; b) cantera a cielo abierto en Zuera (Zaragoza); c) y d) mina de yeso subterránea en Villalba Alta (Teruel); e) una de las dos yeserías subterráneas en Sástago (Zaragoza). Fotografías del autor.

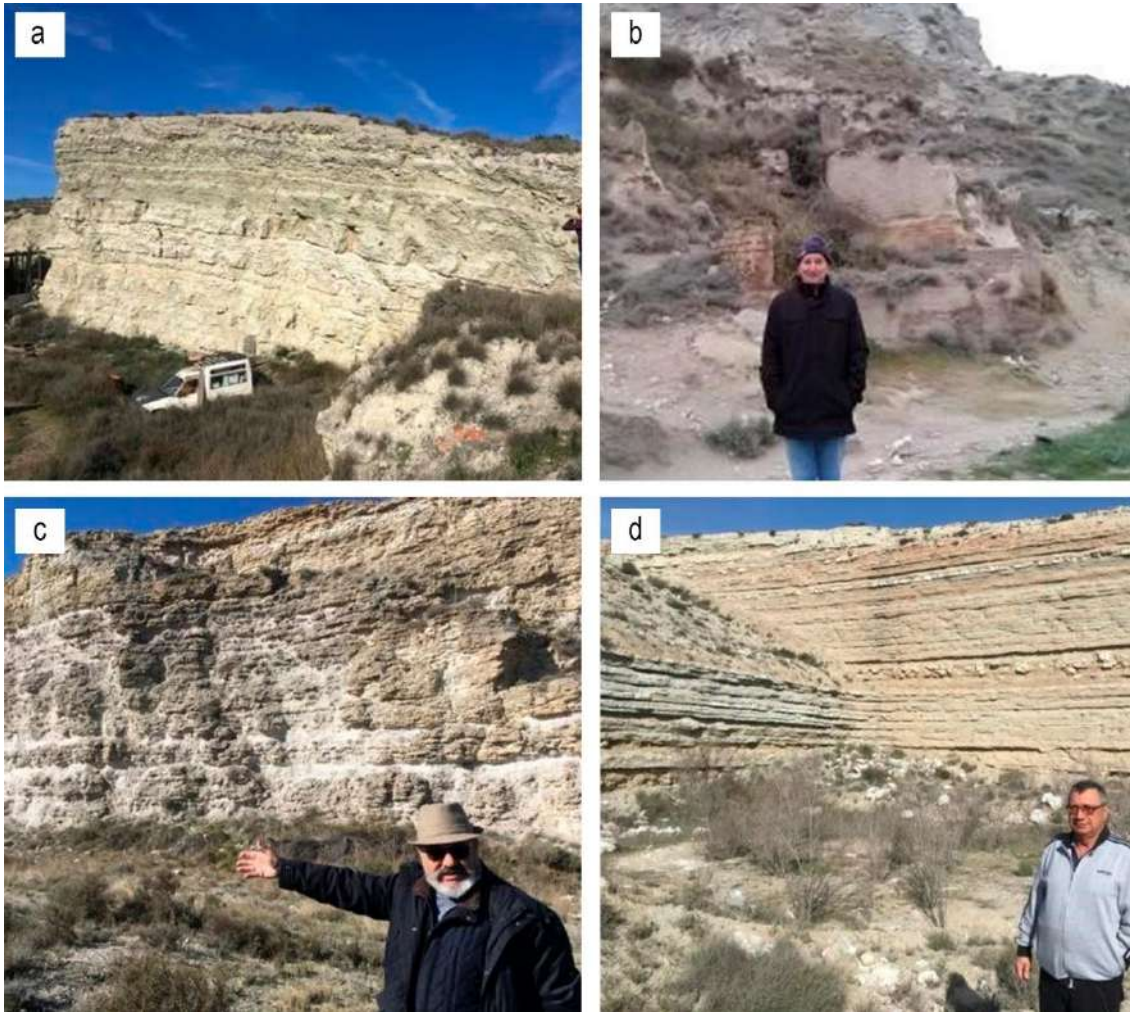


Figura 93. Canteras a cielo abierto visitadas con los antiguos yeseros en: a) Villamayor de Gállego (Zaragoza); b) Borja (Zaragoza), visitada junto a Miguel Zardoya Lajusticia (antiguo hornero del municipio de Borja (Zaragoza)); c) Terrer (Zaragoza), visitada junto a Eduardo Lavilla Francia (antiguo hornero del municipio de Terrer (Zaragoza)); d) Rodén (Fuentes de Ebro, Zaragoza), visitada junto a Javier Moreno Lizaga (antiguo hornero del municipio de Fuentes de Ebro (Zaragoza)). Fotografías del autor.

Durante la primera fase del proceso de extracción, se retiraba con una azada⁸ una primera capa superficial de yeso arenizado de unos 1-1,5 m de espesor, que generalmente había sufrido degradación debido a acciones meteorológicas (Figura 94a).

La segunda capa, constituida por roca de yeso frágil de baja densidad, también se descartaba ya que no tenía una resistencia suficiente para resistir al fuego de la cocción sin deshacerse. Este tipo de piedra se denominaba frecuentemente yeso “soleado”. En algunos casos, esta se usaba como agregado para morteros de yeso.

⁸ Comunicación personal, J. Paracuellos (Bañón, Teruel, 2016).

Una vez retiradas estas capas y alcanzado el nivel de yeso con mayor consistencia se procedía a la extracción. La capa subyacente de roca de yeso compacta se extraía de manera tradicional (alrededor del 75% de todas las canteras de yeso tradicionales estudiadas), utilizando una barrena y un pico para generar un hueco en el que se insertaba una barra de excavación (o “barrón”) para hacer palanca (Figura 94b y c). Esta barra se utilizaba como palanca para extraer grandes bloques de yeso.

Según los mineros de yeso experimentados, un ruido característico similar a un ruido de “bufido” anunciaba la separación del bloque. A menudo, el proceso de extracción se facilitaba clavando unas cuñas en la roca de yeso a lo largo de la línea de separación con un mazo, como se muestra en esquema representado en la Figura 95.



Figura 94. Trabajos realizados para extraer un bloque de yeso con la supervisión de dos antiguos yeseros (Pepe Rodrigo de 82 años y Esteban López de 88 años) en Navarrete del Río (Teruel): a) retirada del yeso arenizado y “soleado”; b) extracción de un bloque de yeso usando una barrena larga, pico y cuña (fotografías del autor); c) fotografía histórica que muestra una superficie minera de yeso en 1940 usando picos y una barra de excavación en una cantera familiar en San Esteban de Litera (Huesca) (fotografía cortesía del “Centro de Estudios Literanos” en Huesca).

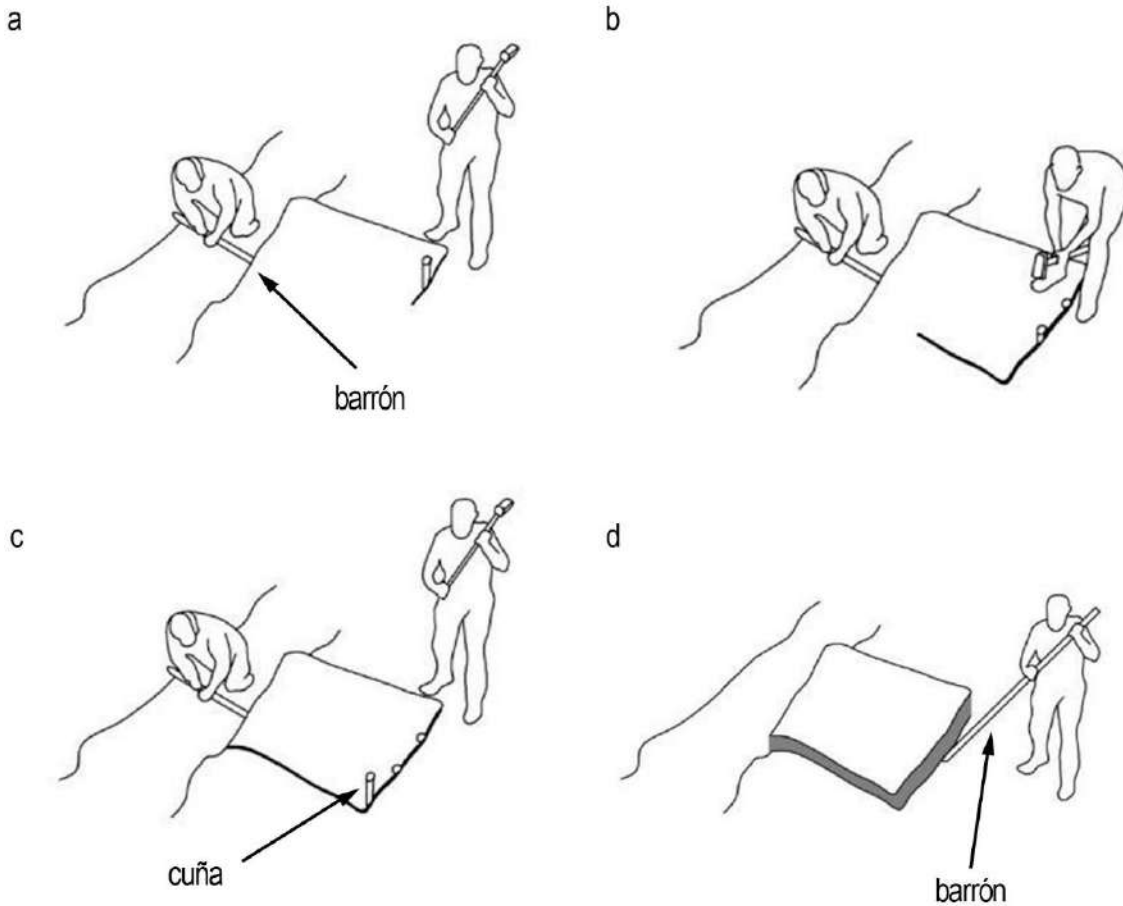


Figura 95. a) - c) Extracción de un bloque de yeso usando un barrón y cuñas, y d) barrón usado como palanca para separar el bloque de yeso. Elaboración propia.

El carácter sedimentario de la roca de yeso en la Naturaleza le confiere una estructura laminar en la cantera, generando planos por los que la piedra puede romperse fácilmente. Los mineros de yeso experimentados sabían cómo utilizar los planos generados por esta estructura laminar para extraer grandes bloques y descomponerlos en pedazos más pequeños sin mucho esfuerzo (Figura 96, Figura 97).



Figura 96. Trabajos realizados para extraer un bloque de yeso con la supervisión de dos antiguos yeseros (Pepe Rodrigo de 82 años y Esteban López de 88 años) en Navarrete del Río (Teruel): a) y b) separación de un bloque grande de yeso junto al plano generado por la estructura laminar de la roca usando un pico. Fotografías del autor.

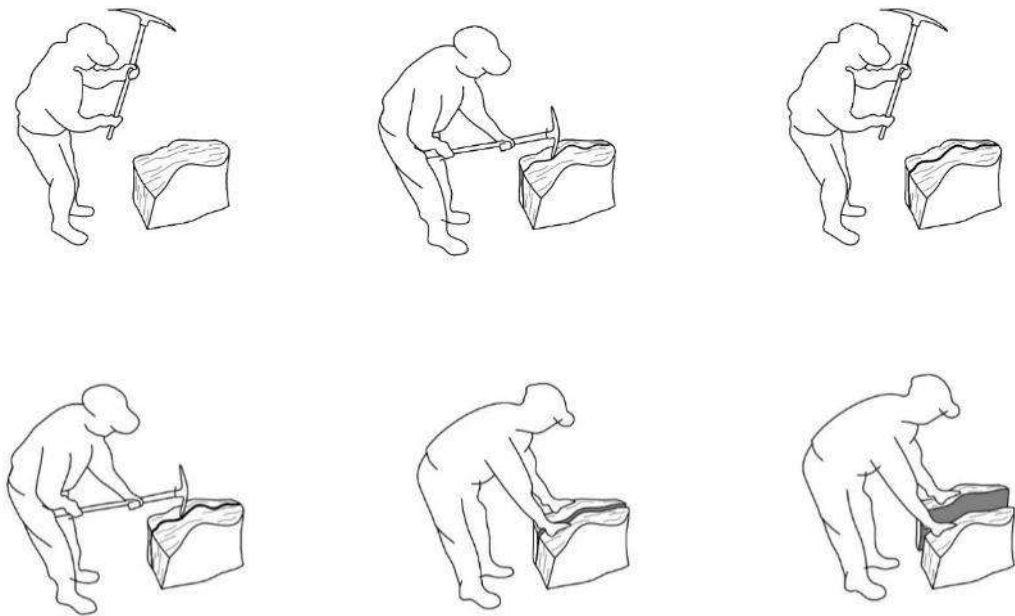


Figura 97. Extracción de un bloque de yeso listo para cocer, empleando un pico y rompiendo la piedra en solo dos golpes, aprovechando la estructura laminar de la piedra de yeso. Elaboración propia.

Entre las décadas de 1930 a 1940 (alrededor del 24% de los casos estudiados), se comenzó a introducir en el proceso de extracción el empleo de dinamita⁹, la cual se insertaba en los orificios perforados con la barrena para, de esta manera, acelerar el proceso de extracción (Figura 98). Con la preindustrialización y la llegada de las retroexcavadoras, el trabajo de la mina se facilitó

⁹ Comunicación personal, M. Zardoya (Borja, Zaragoza, 2020), R. Celma (La Fresneda, Teruel, 2019).

todavía más y siguen utilizándose en la actualidad. Comúnmente, se extraían grandes bloques de yeso de la cantera que luego se dividían en piezas más pequeñas.

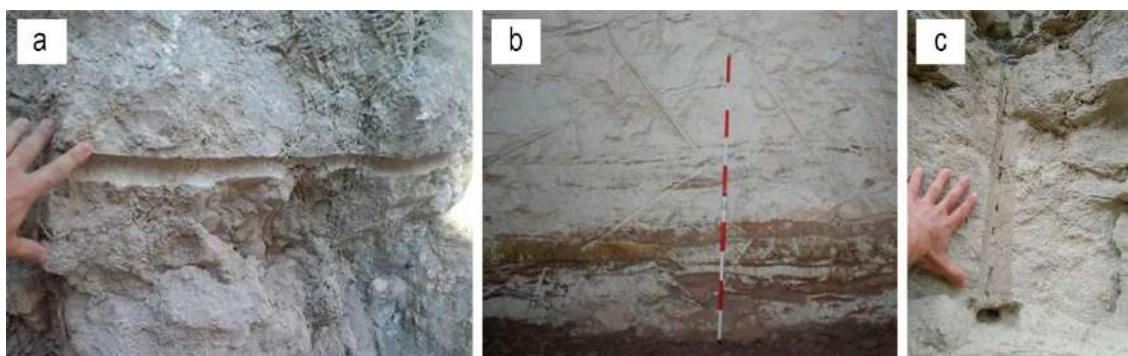


Figura 98. Marcas aún visibles de la perforación de la barrena para la carga de dinamita en: a) “chesería” (yasería) de Riverola en San Esteban de Litera, Huesca (extracción a cielo abierto); b) yasería en La Fresneda, Teruel (extracción en cueva) que ha permitido mantener los restos de la pólvora explosionada; c) yasería en Zuera, Zaragoza (explotación a cielo abierto). Fotografías del autor.

5.2.3.2. Transporte de la piedra de yeso hasta el horno

Las particularidades geográficas de cada municipio afectaban al modo de transporte de la piedra de yeso. En muchos casos no era necesario trasladar el material ya que el yeso se cocía en hornos ubicados al pie de la cantera.

Sin embargo, ocasionalmente, en municipios pequeños con pocas necesidades yesíferas la cocción de yeso se realizaba en el propio lugar de construcción, por lo que los horneros-albañiles debían transportar el material en piedra sin cocer hasta el horno. Para distancias más largas se utilizaron camillas (Figura 99a) y carros tirados por burros o mulas (Figura 99b).

En algunos municipios más pequeños, ubicados a mayor distancia de las canteras de yeso, eran los propios vecinos, los agricultores o los albañiles quienes realizaban cocciones tradicionales una o dos veces al año en sus domicilios.

Según el testimonio de antiguos trabajadores locales, la piedra de yeso se recogía durante un periodo prolongado aprovechando la realización de otras tareas (de modo que volvían con una o dos piedras de labrar el campo, con otras dos piedras al volver de recoger leña, etc.) y se almacenaba hasta que se alcanzaba la cantidad necesaria para llenar un horno completo¹⁰. De esta manera, la cocción del yeso no interfería con las actividades principales de los agricultores y el ensacado del producto final era innecesario porque el yeso se utilizaba inmediatamente en el lugar de construcción.

¹⁰ Comunicación personal, U. Grasa (Bara, Huesca, 2018), E. Bordonaba (San Mateo de Gállego, Zaragoza, 2017).

Antes del montaje del horno, algunos horneros clasificaban las piedras en montones por compacidad y tamaño y se trabajaban con distintas herramientas para adaptarlas morfológicamente al lugar que iban a ocupar durante la cocción: por lo general, las más densas eran destinadas para las zonas más cercanas al fuego, pues debían resistir una mayor temperatura y un mayor peso. Otros horneros realizaban esta tarea de clasificación según iban construyendo los hornos, retirando solamente las piedras inservibles por su baja resistencia, aunque por economía de medios trataban de aprovechar todo el material posible en la zona alta del horno o caramullo, donde por la falta de peso soportado las piedras tenían una menor exigencia.



Figura 99. Sistemas de transporte localizado: a) restos de una antigua camilla (Borja, Zaragoza); b) carro cargado con rocas de yeso en Lanaja (Huesca) en 1994 (fotografía cortesía de E. Monesma Monge); c) parihuelas conservadas en Villalba Alta (Teruel); y d) volquete mecánico en una de las yeserías de San Esteban de Litera (Huesca). Fotografías (a), (c) y (d) del autor.

5.2.3.3. Tipologías de hornos de yeso

Hasta la década de 1940 en Aragón se utilizaron tradicionalmente dos tipos diferentes de hornos, según lo que se ha podido observar en las visitas a municipios y entrevistas realizadas: un horno circular (tipo A) y un horno rectangular (tipo B).

Los hornos circulares (Figura 100a) se utilizaron raras veces (alrededor de un 8%), pero se ha identificado en unos pocos municipios con muy baja demanda de yeso donde solo se encendían uno o dos hornos por año. Este horno permitía una menor carga y, por tanto, menor consumo de leña.

Los hornos rectangulares fueron los más utilizados (sobre el 70%) en todas las provincias aragonesas (Figura 100b). La preferencia por los hornos rectangulares parece peculiar de las regiones de Aragón, mientras que en el resto de España los hornos circulares eran mucho más comunes (La Spina y Grau Giménez, 2020).



Figura 100. Hornos tradicionales: a) horno circular abandonado (tipo A, Bara, Huesca); b) horno rectangular (tipo B, Leciñena, Zaragoza). Fotografías del autor.

Generalmente el horno, también llamado “hornete” o “casa” (Figura 101), estaba integrado en el terreno, muchas veces aprovechando los cambios en el nivel del suelo propios de los terrenos inclinados en los que se asentaban los centros de transformación tradicionales y las excavaciones de canteras. De esta forma, el llenado del horno se podía realizar desde la zona superior del terreno con carretillas o canastos, mientras que el vaciado una vez cocido se hacía desde abajo, lo que facilitaba el proceso por acción de la gravedad. Este mismo principio es el que se sigue utilizando en la actualidad en los hornos modernos de yeso, ya que facilita el aprovechamiento de los recursos.

Para obtener una mayor estabilidad, el perímetro excavado siempre estaba formalizado por un muro de piedra en forma de horno. Normalmente, se utilizaban bloques de yeso, aunque se prefería la caliza o arenisca que era más resistente al fuego y requería de menos trabajos de mantenimiento entre hornada y hornada, pero era un factor que dependía de la disponibilidad de estos otros materiales en el entorno.

El hecho de embeber los hornos en los taludes naturales, no tenía solamente una función facilitadora del llenado, sino que las tierras contenidas en el exterior del muro eran de buena ayuda para mantener la estabilidad del muro del horno, que sufría mucho desgaste y deterioro por la acción de las altas temperaturas durante las repetidas cocciones, y para garantizar la estanqueidad de tres de los cuatro frentes que el horno tiene, y de este modo facilitar el confinamiento de la temperatura de la cocción en el interior.

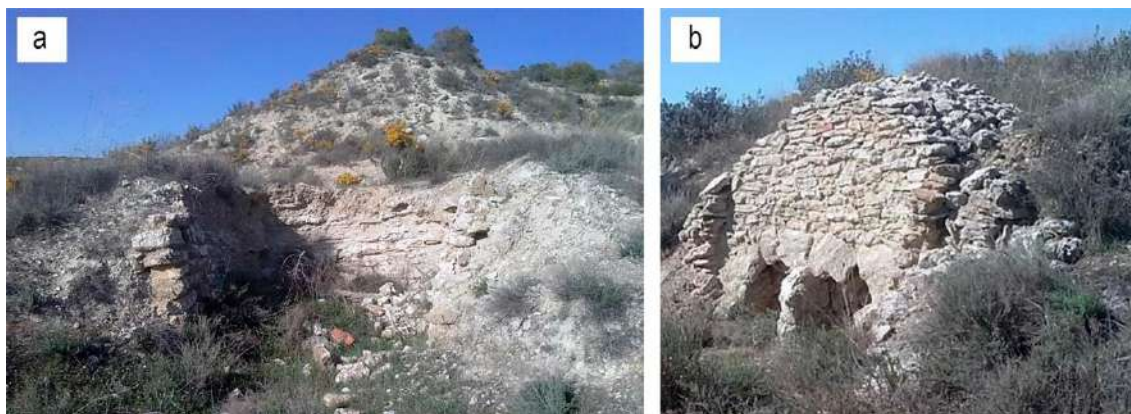


Figura 101. Antiguos hornos de yeso abandonados: a) “casa existente para la construcción de un hornete en Leciñena (Zaragoza); b) hornete de yeso totalmente construido y listo para la cocción en Leciñena (Zaragoza). Fotografías del autor.

Los hornos circulares (tipo A) tenían una base con un diámetro de 1-2 m (Figura 102) y permitían una carga relativamente pequeña de unos 3,5 m³ de yeso, por lo que necesitaban menos leña que los hornos rectangulares, más grandes.

Se colocaban bloques de yeso en hileras sucesivas siguiendo el perímetro del horno (Figura 103a) hasta formar una pequeña cúpula hueca (Figura 103b). Una vez terminada, se colocaban cuidadosamente capas sucesivas de bloques de yeso encima de la cúpula para llenar el horno, evitando dañar la bóveda (Figura 103c). Un orificio de comunicación (denominado boca) entre la bóveda hueca de la cúpula (cámara de combustión) y el exterior servía para introducir la leña.

Los trabajadores experimentados cargaban el horno teniendo en cuenta la forma de cada bloque de yeso individual. Por lo tanto, no era apenas necesaria ninguna preparación adicional de los bloques de yeso produciendo muy pocos “desperdicios”. Los bloques más grandes generalmente se colocaban más cerca del fuego, ya que requerían temperaturas más altas para calcinarse por completo y a la vez, su mayor tamaño le permitía soportar temperaturas más altas y un mayor peso procedente de la carga.



Figura 102. Hornos tradicionales circulares (tipo A) localizados en: a) Bara (Huesca); y b) - d) las distintas cuevas de Villalba Alta (Teruel). En la imagen (b) se puede distinguir un horno vacío (izquierda) y otro lleno (derecha), preparado para ser calcinado a través de la boca que dispone en su zona baja. Fotografías del autor.

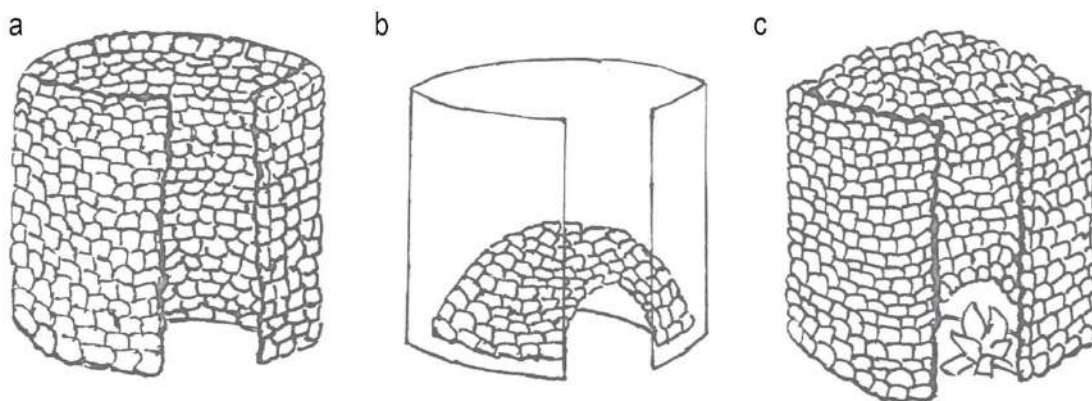


Figura 103. a) - c) Esquemas de las diferentes fases de construcción de un horno circular (tipo A).Elaborado por Kerstin Elert.

Los hornos rectangulares (tipo B) (en general de 3 m de profundidad, 2,5 m de ancho y 2 m de alto) a menudo se tallaban en la pendiente de una ladera aprovechando el desnivel de la misma (Figura104) y podían acomodar cargas de unos 14 m³, equivalentes a unas 10 t de piedra de yeso sin cocer.

Se pudo comprobar este hecho en las dos cocciones experimentales (apartado 6.3.1), ya que cada uno de los hornos se llenó con cargas muy cercanas a las 10 t de piedra de yeso, con un total de 20 t entre los dos, datos que coinciden con las investigaciones realizadas por Monesma (1990, 1997).

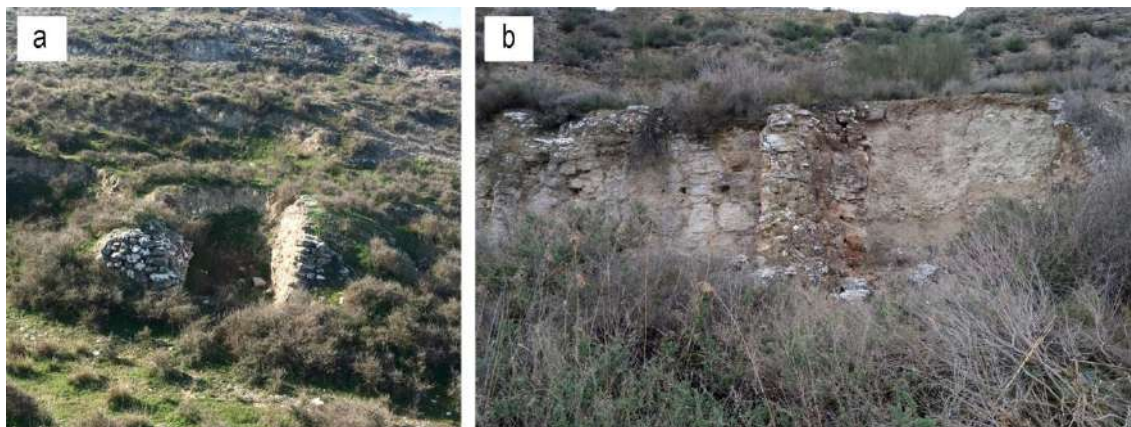


Figura104. Restos de hornos tradicionales rectangulares (tipo B) encontrados en: a) Rodén (Zaragoza); y b) Zuera (Zaragoza). Fotografías del autor.

Los bloques de yeso se disponían para formar muros longitudinales, dejando espacio para bóvedas que servían como cámaras de combustión (Figura 105a). El resto de los bloques se montaba en la parte superior de estos muros hasta que el horno se llenaba por completo (Figura 105b y c). Cuando se alcanzaba una altura de aproximadamente 50 cm, este proceso se realizaba con cuidado para no dañar las bóvedas.

Posteriormente, la carga del horno podía proseguir a una velocidad más rápida hasta completar su llenado (Figura 105d y e) por lo que era habitual utilizar carretillas, cubos, o cualquier tipo de recipiente que permitiese transportar más rápidamente el material del frente de cantera al horno, para ser lanzado desde la zona posterior del horno, aprovechando la diferencia de cota favorecida por la inclinación del terreno la inserción del horno en la ladera. El remate final del hornete estaba conformado por piedras de menor tamaño, ya que estaban menos expuestas al fuego y al exceso de carga. Esta zona alta del horno, que normalmente sobresalía en altura respecto de los muros que lo conforman, se solía rematar en curva, con mayor altura en el centro y se denominaba caramullo, y comparte la designación con su equivalente muy habitual en el transporte de grano en la agricultura, donde el caramullo representa el volumen sobrante por encima de los carros o remolques, y con la que comparte también aspecto y morfología con mayor altura en el centro.

De manera puntual, en algunos municipios (como el caso de Leciñena, Zaragoza) se ha podido documentar que tras haber finalizado la construcción del hornete, se forraba todo el perímetro con una argamasa compuesta de barro y paja, a excepción de la zona superior que quedaba abierta para permitir el paso del humo de la combustión. La argamasa aplicada cumplía la función de mantener la temperatura y garantizar la estanqueidad en el interior del horno.



Figura 105. Distintas imágenes del levantamiento de los hornos en Navarrete (Teruel) en 2016: a) levantamiento de los muros y ejecución de dinteles en el horno de Navarrete (izquierda); ejecución de las bóvedas en el horno de Albarracín (derecha); b) - d) colocación del material de cantera en los hornos, donde se aprecia un material homogéneo de buena calidad, sin demasiadas vetas visibles que indicarían la presencia de minerales accesorios; e) hornos concluidos y rellenos con el material de cantera para su cocción. Fotografías del autor.

Las visitas locales revelaron que se utilizaban dos métodos diferentes para construir la boca del horno, los cuales se diferenciaban en la utilización de grandes losas de yeso como dinteles (Figura 106a), o hileras sucesivas de bloques de yeso más pequeños para crear la bóveda (Figura 106b).

El uso de grandes losas de yeso, normalmente, requería la introducción de fragmentos de yeso más pequeños para separar los dinteles y permitir la ventilación del humo. Sorprendentemente, todos los hornos de un municipio tenían siempre el mismo tipo de boca. La elección, sin embargo, no parece haber estado influenciada por ninguna consideración práctica.

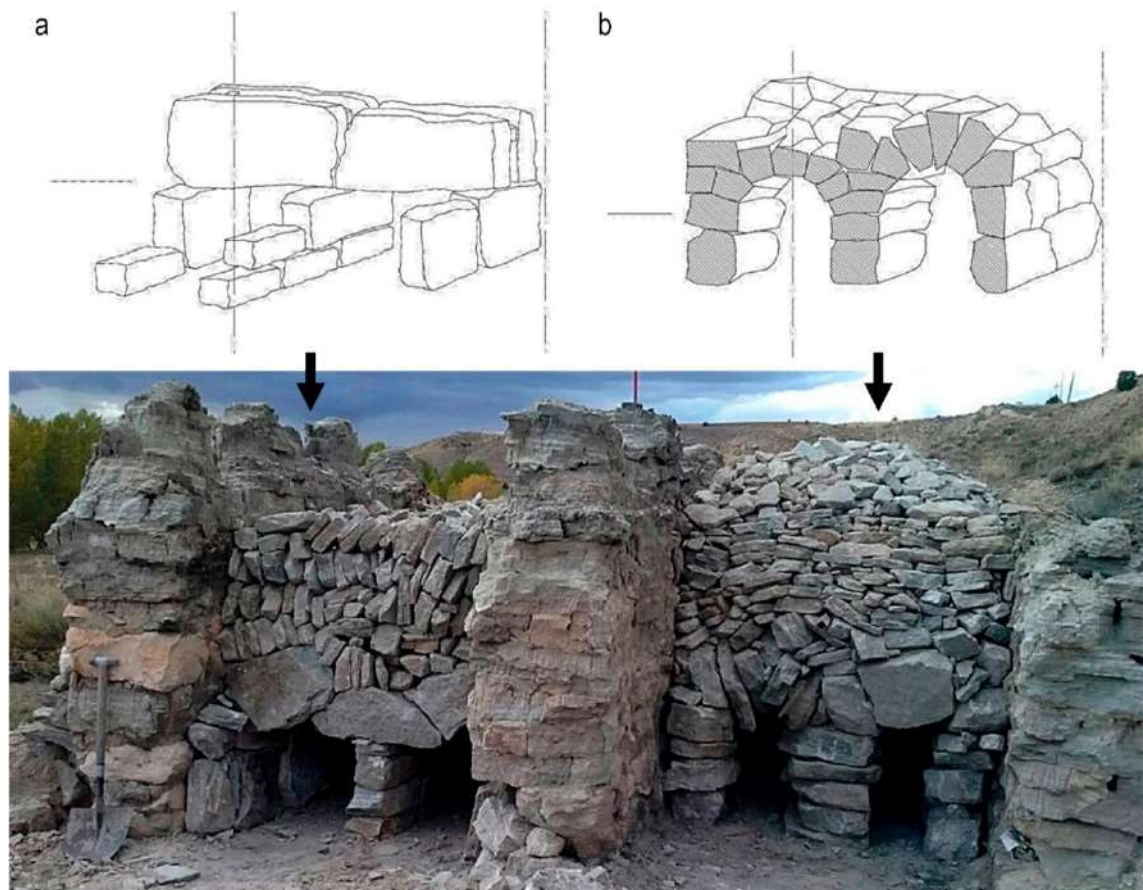


Figura 106. Dibujos esquemáticos de hornos rectangulares (tipo B), donde se muestran las dos formas de colocación de piedra, usando a) grandes losas de yeso como dinteles o b) hileras sucesivas de bloques de yeso más pequeños para crear la bóveda (con su correspondiente reproducción para las cocciones experimentales realizadas en Navarrete (Teruel) en 2016 (apartado 6.3.1)). Elaboración propia.

Entre las décadas de 1940 y 1970 se inició en algunas canteras un proceso de experimentación, y los fabricantes de yeso de propiedad familiar comenzaron a mejorar los hornos tradicionales para mantener la competitividad¹¹. Inicialmente, los cambios implicaban principalmente un aumento de tamaño y el uso de materiales más resistentes al fuego¹² como ladrillos y cemento para el perímetro de hornos circulares o rectangulares. Durante esta época no era extraño encontrar hornos de diferente diseño en el mismo municipio. La rentabilidad de cada proceso hizo caer en el desuso rápidamente algunos sistemas y mantuvo otros en funcionamiento.

Algunos municipios desarrollaron un mayor nivel de experimentación en la tipología de horno y combustible que variaba en función del precio del mismo, como es el caso del tipo C, que eran hornos rectangulares (misma tipología que los hornos de tipo B) pero de una mayor escala, lo que permitía un mayor volumen de yeso cocido (Figura 107a-d); el tipo D, hornos cilíndricos

¹¹ Comunicación personal, J. M. Seira (Albelda, Huesca, 2017), J. Viudas (San Esteban de Litera, Huesca, 2017).

¹² Comunicación personal, J. Calvo (Zuera, Zaragoza, 2018), J. Pola (Tauste, Zaragoza, 2019).

semiindustriales (Figura 107e); y el tipo E, hornos rectangulares de mayor escala, realizados con soluciones constructivas más modernas, como dinteles metálicos para las puertas (Figura 107f).

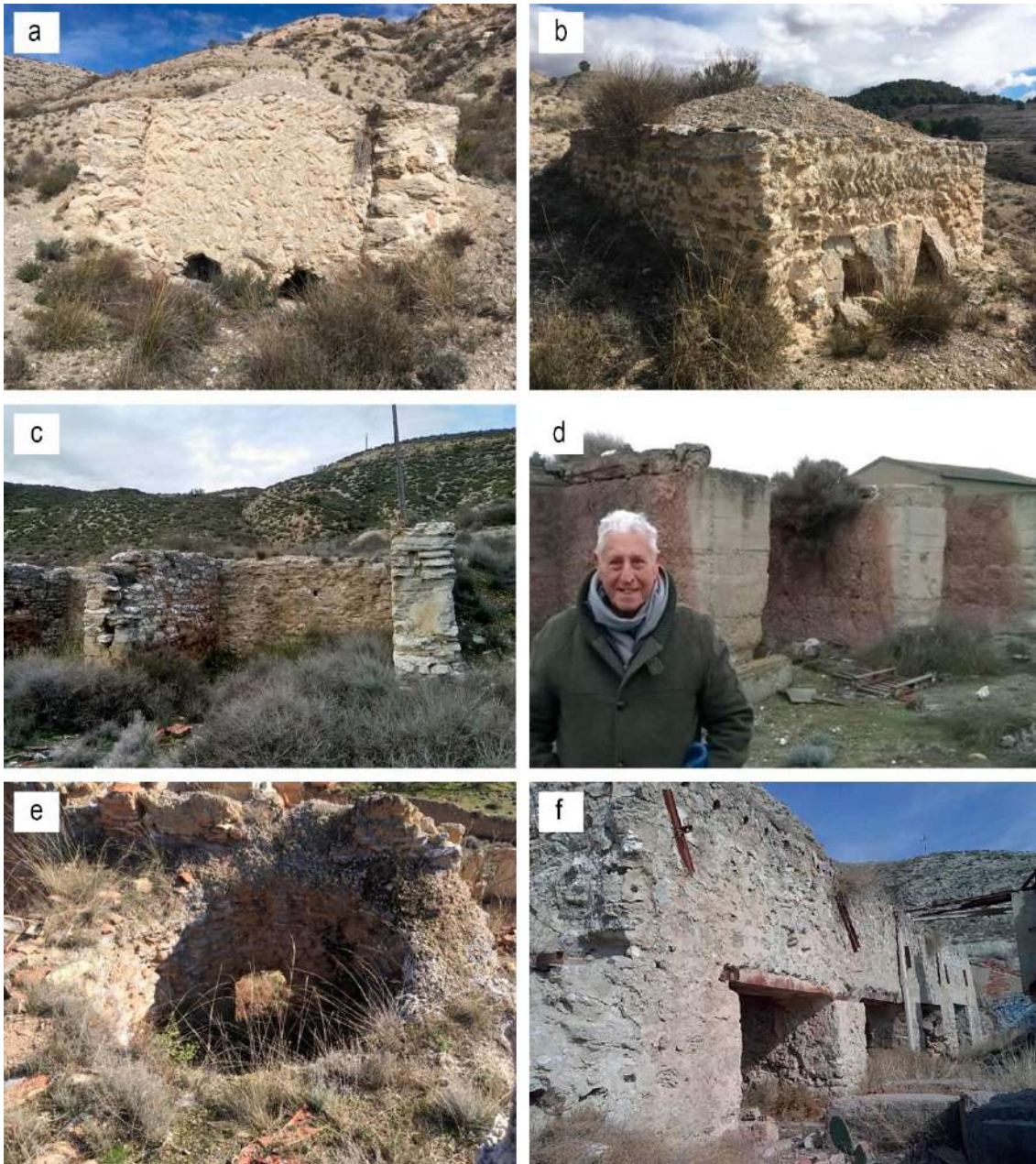


Figura 107. Distintas imágenes de hornos tradicionales abandonados: a) y b) horno tipo C de dos bocas en Velilla de Jiloca (Zaragoza); c) horno tipo C en Zuera (Zaragoza); d) tipo C ubicado en Tauste (Zaragoza), mostrado por José Pola Pola (antiguo hornero del municipio de Tauste (Zaragoza)); e) horno tipo D (semiindustrial) en Terror (Zaragoza); y f) horno tipo E en Juslibol (Zaragoza). Fotografías del autor.

Algunos de los municipios que dan fe de la evolución de los hornos son: Zuera (Zaragoza), con hornos tipo B y tipo C que funcionaban únicamente con leña de arbusto; Leciñena (Zaragoza), con hornos tipo B que trabajaban únicamente con leña de arbusto y tipo D, que funcionaban con leña de arbusto y con carbón; Juslibol (Zaragoza), con hornos tipo B, tipo C (Figura 108a) y tipo

E (Figura 108b) que funcionaban con carbón; Cuarte (Zaragoza), con hornos tipo B, tipo C y tipo G (horno giratorio) con leña de todo tipo; y San Esteban de Litera (Huesca), con hornos tipo B alimentados con leña de arbusto, y tipos C, D, E (Figura 108c) y F (horno con un depósito metálico para realizar la descarga del material) con combustibles de leña o carbón en función del precio del mismo.



Figura 108. Distintas imágenes de hornos tradicionales abandonados: a) hornos tipo B y C, similares, pero de distinta escala en Juslibol (Zaragoza); b) hornos tipo E encontrados en Juslibol (Zaragoza); y c) hornos tipo E emplazado en San Esteban de Litera (Huesca). Fotografías del autor.

En algunos casos se agregó una cámara de combustión permanente hecha de ladrillos, lo que permitía una carga más rápida del horno. Cabe destacar que el diseño de este tipo de horno era muy similar al utilizado para la cocción de cerámica y se ha identificado principalmente en

municipios con una larga tradición en la producción de cerámica, como es el caso de Tauste y Juslibol (Zaragoza), La Fresneda (Teruel) y San Esteban de Litera (Huesca).

En Albelda (Huesca) se ha localizado un horno tradicional más evolucionado, denominado tipo F (Figura 109a). Este horno disponía de un depósito metálico encima de la cámara de combustión y la descarga era realizada mediante un carro con ruedas, que podía colocarse debajo del depósito de metal una vez que ya se apagaba el material de combustión.

A partir de la década de 1970 el horno cilíndrico rotatorio (tipo G) (Figura 109b) se instauró de manera general, dado que permitía obtener un mayor rendimiento y permitía separar los gases de combustión y las cenizas del yeso, obteniendo así un yeso más blanco.

Pero en estas décadas de industrialización y optimización, el proceso de cocción comenzó a ser monitorizado y modificado significativamente, reduciendo el tiempo de cocción a las 2-3 horas de duración en el proceso actual (Karni y Karni, 1995), graduando la curva de temperatura de cocción hasta una temperatura máxima que oscila entre los 150 y los 180°C (Lushnikova y Dvorkin, 2016).

Debido a estos cambios, para garantizar la homogeneidad de cocción en un horno rotatorio (tipo G), debido a lo ajustado del tiempo del proceso y de la temperatura de cocción, solo se permitía el uso de bloques de yeso con un volumen inferior a 100 cm³, por lo que se dispuso un nuevo proceso de triturado y cribado del yeso antes de la carga que sigue vigente hasta el día de hoy.





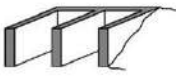
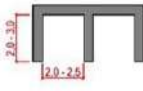


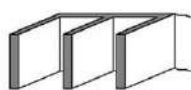
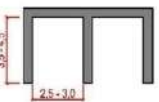
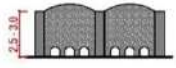
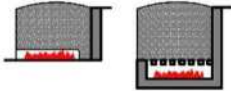
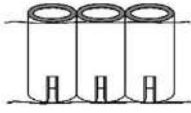

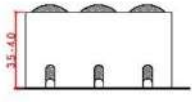
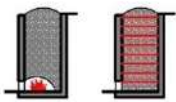
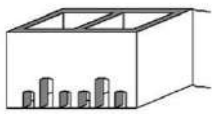
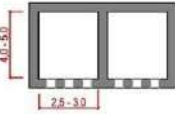

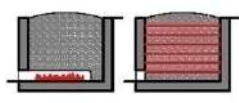
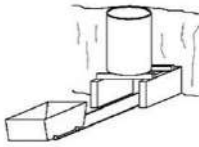

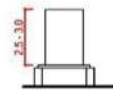

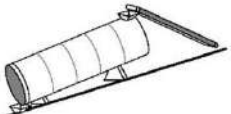
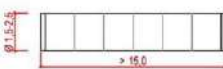




Figura 109. Hornos históricos abandonados: a) horno tipo F localizado en Albelda (Huesca); b) horno rotatorio cilíndrico en funcionamiento (tipo G) ubicado en Cuarte de Huerva (Zaragoza). Fotografías del autor

Los albañiles experimentados eran conscientes de la influencia de la temperatura de cocción en la calidad final del yeso, sin embargo, solo en raras ocasiones, seleccionaban yeso para aplicaciones particulares en función de su temperatura de cocción y, en cambio, generalmente

mezclaban el yeso cocido de las diferentes zonas dentro del horno para obtener un material homogéneo¹³, lo que contrasta con los hallazgos basados en los análisis de diferentes morteros de yeso históricos de otros países europeos (como por ejemplo, Italia, Polonia, Alemania y otros), que sugieren el uso de yeso de alta temperatura (es decir, yeso estrich) para aplicaciones particulares como pisos, revocos y decoraciones de estuco (Middendorf, 2002; Kawiak, 1991). De acuerdo con Freire et al. (2019b), se utilizó intencionadamente yeso de alta temperatura para obtener un material con propiedades mecánicas mejoradas.

Tabla 8. Evolución de las tipologías de hornos en Aragón durante el siglo XX. Elaboración propia.

	PERSPECTIVA	PLANTA	ALZADO	SECCIÓN VERTICAL
TIPO A				
TIPO B				
TIPO C				
TIPO D				
TIPO E				
TIPO F				
TIPO G				

¹³ Comunicación personal, A. Meda (Albarracín, Teruel, 2018).

5.2.3.4. Material de combustión y proceso de cocción



Figura 110. Fase: cocción del yeso en el hornete. Elaboración propia.

El material de combustión utilizado es uno de los aspectos que más ha variado en el tiempo, ya que era seleccionado en función de su disponibilidad en cada región, se modificó a lo largo de los siglos debido a los cambios sufridos en la vegetación local, como es el caso del actual desierto de Monegros (Huesca/Zaragoza), que estuvo densamente poblado por coníferas (el llamado “Montes Negros”) hasta finales del siglo XVI (Marco, 2002).

Las conversaciones mantenidas con los distintos horneros reflejan que hasta la mitad del Siglo XX, se utilizaron principalmente dos tipos de combustible, los arbustos (que se cortaban en las vísperas de las cocciones y se usaban en verde) y ramas de árboles (que fueron muy escasos y se destinaban primeramente en la construcción y obras para hacer vigas y para combustible de cocina o calefacción en las viviendas, por lo que solo se dispuso de este material en la cocción del yeso tradicional en municipios con una inmensa abundancia de masa forestal).

Hasta mediados del Siglo XX, las especies arbustivas de monte bajo y de crecimiento rápido fueron elegidas preferentemente como material de combustión para los hornos, especialmente la aliaga (Figura 111a y b) (en alrededor del 35% de todas las canteras de yeso tradicionales estudiadas), el romero (5%) y el grano (5%), así como los residuos agrícolas (3%) (es decir, paja de cereales, maíz y cáscaras de almendras). Todo material se limpiaba de tierra previamente, ya que se debía tener cuidado en introducir el material sin tierra en la cámara de combustión ya que esto podría tener un efecto ignífugo que dificultaba la cocción.

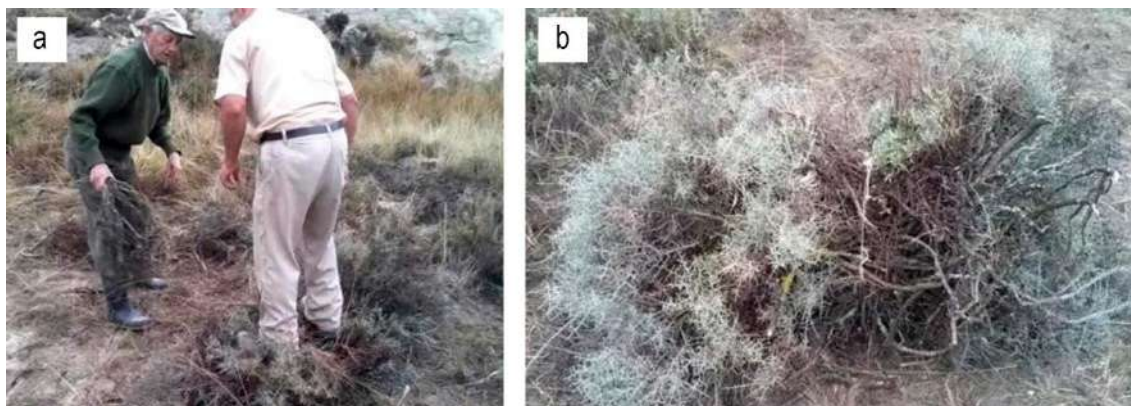


Figura 111. Material de combustión utilizado en las cocciones tradicionales: a) preparación de los fajos de arbustos; b) material tradicional de combustión. Fotografías del autor.

El volumen necesario de material de combustión para la cocción de yeso en un horno tradicional rectangular era de 200-300 fajos de matorrales. Cada fajo pesaba alrededor de 15 kg, lo que equivalía a unos 3.750 kg de material de combustión necesario para la cocción. No obstante, los horneros se aseguraban tener material en exceso, ya que el combustible sobrante de una cocción era directamente reservado para la siguiente cocción, pero una falta de material suponía arruinar todo el trabajo previo.

Según los albañiles experimentados¹⁴, la relación entre el material de combustión y la piedra de yeso sin cocer colocada en el horno era de 1:3 en peso, independientemente del tipo de material de combustión, lo cual se pudo comprobar en las cocciones experimentales (apartado 6.3.1) y está científicamente contrastado, debido a que la potencia calorífica emitida por los materiales de combustión habituales no difieren significativamente entre ellos.

Según el testimonio de trabajadores locales¹⁵ del municipio de Navarrete (Teruel), en la década de los 40 se requería el salario de una persona trabajando durante una semana completa en la construcción de carreteras para poder comprar la leña necesaria para alimentar un horno de yeso.

Tradicionalmente, el material de combustión se colocaba según las preferencias del hornero y las posibilidades del material, ya que la flexibilidad de los arbustos permitía flexionar y adaptarse al tamaño de la boca del horno para introducir el fuego hasta el fondo de la cámara de combustión, pero la leña era mucho más rígida, minimizando las opciones.

¹⁴ Comunicación personal, A. Meda (Albarracín, Teruel, 2018).

¹⁵ Comunicación personal, E. López y I. Lechón (Navarrete del Río, Teruel, 2016).

La cocción requería de un suministro continuo de material para elevar y mantener la temperatura adecuada hasta que se completaba la operación, que en general (alrededor del 75% de los casos) tardaba entre 12 y 24 horas¹⁶ (cabe mencionar que se tiene constancia de cocciones ocasionales de hasta 48 horas).

La experiencia práctica ha demostrado que el yeso dihidratado sufre una pérdida del 30-35% en peso, debido a la deshidratación tras la cocción. Las dos cocciones experimentales realizadas en Navarrete del Río refuerzan esta afirmación, ya que de las 20 toneladas de yeso sin cocer que se colocaron en el horno, se obtuvieron 13 toneladas de yeso cocido, lo que equivale a una pérdida de peso del 35%.

La deshidratación durante la cocción resulta en la formación de hemihidrato o basanita ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita (CaSO_4) (es decir, yeso + calor \rightarrow basanita + anhidrita + agua \uparrow). Sin embargo, si consideramos la masa molar de las diferentes fases del yeso (172 g/mol) y la basanita (145 g/mol) o la anhidrita (135 g/mol), cabría esperar una pérdida de peso de solamente un 16-21%, respectivamente. No obstante, la pérdida de peso adicional podría deberse principalmente a un proceso simple de secado del material crudo frecuentemente húmedo, pero también debido a cambios de fase inducidos de los minerales accesorios como la liberación de CO_2 en el caso de carbonatos y dehidroxilación en el caso de arcilla (Elert et al., 2023b).

Al comienzo del proceso de cocción del yeso, durante las primeras 3-4 horas, los hornos muestran una intensa liberación de vapor de agua continua y que se produce como resultado un humo blanquecino extremadamente denso que tradicionalmente se conoce como "humo pesado". Este humo que incorpora la abundante carga de agua liberada de las piedras en proceso de cocción se queda pegado a la superficie terrestre, dificultando muchísimo la respiración y el trabajo de provisión continua del horno con el material de combustión (Figura 112a y b).

Después de unas 6 horas de cocción, el humo se vuelve incoloro, lo que indica que ya no se libera tanto vapor de agua (Figura 112c). Y a partir de este punto, los trabajadores podían suministrar fácilmente material de combustión de manera continuada (Figura 112d), consiguiendo que las temperaturas alcanzadas en los hornos puedan alcanzar hasta 1.050-1.100°C según los valores de los equipos de medición tipo Datalogger con capacidad de registrar los datos durante la cocción experimental en los hornos tradicionales. Estos hechos se pudieron corroborar mediante la reproducción de las dos cocciones experimentales (apartado 6.3.1).

¹⁶ Comunicación personal, E. Durany (Albelda, Huesca, 2017), I. Murillo (Perdiguera, Zaragoza, 2014).

Algunos trabajadores¹⁷ seguían las fases lunares en la planificación del trabajo para decidir el momento adecuado para iniciar las cocciones, argumentando que la cocción del yeso era más rápida durante la luna menguante debido a las beneficiosas condiciones atmosféricas que suelen generar presiones atmosféricas más bajas, favoreciendo la elevación del humo a la atmosfera y el efecto chimenea y pudiendo ahorrar una hora en cada cocción y cierta cantidad de combustible.



Figura 112. Distintas imágenes del proceso de cocción: a) y b) primeros momentos de la cocción, donde el humo se dice que “pesa” por la alta cantidad de vapor de agua que libera la piedra de yeso, por eso no asciende y se observa ese color blanquecino; c) momentos avanzados de la cocción (transcurridas unas 6 horas), donde sale mucho menos humo, menos denso y de un color más oscuro, debido a que las piedras de yeso ya no contienen vapor de agua; d) momento avanzado de la cocción en el que se aprecia el suministro de nuevo material de combustión (horno de la derecha: leña de árbol). Fotografías del autor.

El grado de cocción depende del tamaño de los bloques de yeso y de la ubicación de estos dentro del horno, es prácticamente imposible obtener un material completamente homogéneo durante el proceso tradicional.

En algunas ocasiones, las entrevistas a antiguos trabajadores del yeso revelaron que, en el caso de concluir que se había producido una cocción “parcial” del horno tras realizarla inspección organoléptica (es decir, algunas zonas habían experimentado un menor grado de cocción que

¹⁷ Comunicación personal, A. Meda (Albarracín, Teruel, 2018).

otras), las zonas del horno con una cocción completa eran tapadas y cubiertas con barro para impedir la salida del humo y el avance de las llamas, de modo que el fuego se redirigía a las zonas descubiertas que habían experimentado una cocción incompleta.

Determinar el final de la cocción era el trabajo más importante, y se han identificado distintas metodologías.

Algunos de los trabajadores se basaban en la observación de la presencia de las llamas en la zona superior del horno (caramullo) por estar a la mayor distancia de la cámara de combustión; se entendía que estaba expuesta a la temperatura más baja y la cocción de esta zona sería la última en finalizar. Una vez que las llamas se veían sobresalir en lo alto del horno, ya consideraban que se podía dar por finalizada la cocción.

Otros trabajadores utilizaban paja seca, que se lanzaba en puñados sobre el caramullo cuando el hornero estimaba que la cocción estaba cerca de su fin. Se prestaba atención esperando hasta conseguir que la paja seca inicie una combustión instantánea al entrar en contacto directo con los bloques de yeso del caramullo, pues indicaba que la temperatura alcanzada por esos bloques ya era la suficiente y significaría una cocción completa de esta zona del horno, permitiendo identificar la zona sobre la que colocar ceniza o tierra, para desviar las llamas y que el “efecto chimenea” se traslade a otras zonas del horno que pudiesen estar aun sin cocer.

Otro modo que los artesanos tenían de detectar si se podía finalizar la cocción era golpear las piedras del caramullo. Si estos bloques de yeso se rompían fácilmente implicaba que el material ya había adquirido la cocción suficiente para ser molido con sencillez.

Pese a la existencia de estos sistemas “de campo”, los horneros tradicionales ya tenían una experiencia y bagaje suficientes que les permitía detectar el momento en el que la cocción había llegado a su final de una manera casi intuitiva, pero que en realidad se había desarrollado por el sumatorio de aspectos demasiado sutiles para ser percibidos por los ojos poco experimentados. Incluían métodos de evaluación organoléptica, entre ellos una inspección visual del color y compacidad del yeso visible, así como del color y olor del humo liberado durante la cocción.

Cuando se daba por finalizada la cocción, se procedía al enfriamiento del horno para posteriormente poder extraer las piedras de yeso cocidas. Los trabajadores¹⁸ cubrían la parte superior del horno con ceniza y la parte inferior con barro para lograr una mayor estanqueidad o

¹⁸ Comunicación personal, A. Millán (Albarracín, Teruel, 2016), J. Bello (Puebla de Hajar, Teruel, 2017).

“sellado” en el interior del horno que lo protegía de las posibles agresiones atmosféricas (lluvia, nieve...) y aseguraba una disminución gradual de la temperatura.

Pese a que el proceso de enfriamiento ha sido el más difícil de localizar en documentación bibliográfica descriptiva, de entre los casos en los que ha sido posible realizar dicho estudio se ha documentado que este proceso habitualmente duraba entre un máximo de una semana, y un mínimo de entre 2 y 3 días (en el 75% de los casos), aunque se trata de un proceso con una gran variabilidad en su duración en función de la urgencia para la utilización del yeso, que podía quedar pendiente de vaciar durante meses.

Según trabajadores experimentados¹⁹, generalmente se evitaba un enfriamiento rápido porque ello provocaba que el producto obtenido de la cocción era un yeso de fraguado extremadamente rápido que no permitía su aplicación en obra. Probablemente, una exposición más prolongada al calor remanente en el horno tras la cocción, posibilitaba una cocción de las piedras de yeso más completa y ayudaba a evitar que algunas partes de yeso sin cocer estuvieran presentes. La presencia de dihidrato actúa como un acelerante del fraguado, como se ha podido comprobar en los estudios de cinética de hidratación (apartado 7.3.4.1).

A partir de la segunda mitad del siglo XX, los cambios introducidos durante la preindustrialización de la actividad, iniciados sobre todo a partir de la década de 1940 (desarrollado en el apartado 5.2.3.3; Tabla 8) también afectaron a la elección del material de combustión. Ampliando el espectro de materiales a prácticamente cualquier combustible que fuese barato, por lo que los residuos agrícolas que se estaba incrementando notablemente por la llegada de los tractores a los cultivos, incrementando la producción y generando abundancia de residuos como paja de trigo, o coscoja de maíz entre otros se empezaron a generalizar. La innovación llegó hasta el punto de que algunos municipios empezaron a variar notablemente la técnica de cocción evitando la cámara de combustión y utilizando carbón de baja calidad²⁰ (especialmente en hornos de tipo C, D y E) en capas alternas de carbón de unos 10 cm de espesor con capas de yeso de 20-40 cm de espesor, las cuales una vez completadas se quemaban en la base, y la propia ascensión y propagación de las llamas en el carbón iba cocinando totalmente el horno. De esta forma se conseguía la cocción de toda la carga del horno sin necesidad de una alimentación constante con material de combustión, reduciendo de esta manera la necesidad de pagar sueldos de trabajadores que alimenten el fuego.

¹⁹ Comunicación personal, J. Rodrigo (Burbaguena, Teruel, 2014).

²⁰ Comunicación personal, E. Durany (Albelda, Huesca, 2017), R. Celma (La Fresneda, Teruel, 2019).

Con la entrada del nuevo siglo XXI, los combustibles fósiles o vegetales desaparecieron progresivamente para dar paso al gas (especialmente vinculado a los hornos tipo G), mucho más fácil de canalizar y consumir de manera controlada en grandes cantidades. Algunos hornos rotatorios modernos funcionaron con leña (debido sobre todo al bajo precio de este combustible con respecto al gas) como por ejemplo sucedió en la Fábrica Díaz Ibáñez sita en Cuarte, y que es hoy en día una de las pocas fábricas activas en Aragón que ha ido evolucionando por todos los tipos de horno.

Hoy en día, en los hornos rotatorios modernos, como combustible se utiliza el gas, lo que se traduce en una reducción de los costes laborales relacionados con la alimentación y eliminación de cenizas, limitando asimismo la contaminación por humos. De esta manera, la cocción se realiza de manera controlada, manipulando de manera eficiente la temperatura que se alcanza, con lo que se puede lograr una mayor optimización del proceso de cocción al reducir el tiempo y la temperatura necesarios para obtener un producto de calidad uniforme y libre de impurezas como la ceniza.

Es habitual que en los hornos modernos la temperatura no supere los 180°C (Lushnikova y Dvorkin, 2016), lo que tiene una influencia importante en la mineralogía del producto final.

La basanita es la fase principal que se obtiene durante la cocción en estos hornos (Lushnikova y Dvorkin, 2016), mientras que en el proceso de cocción tradicional, en condiciones incontroladas y a una temperatura mucho más elevada, se obtenía un producto multifásico ya que el calor no se distribuía de manera homogénea en todas las zonas del horno, y por lo tanto se formaban las distintas fases en función de la temperatura alcanzada: basanita β a una temperatura de 100°C-180°C, anhidrita soluble γ (anhidrita III) a una temperatura mayor que 180°C, y anhidrita insoluble β (anhidrita II) a temperaturas superiores a 300°C/350°C (Kuntze, 2009; Newman, 1941; Dariz y Schmid, 2019) (Tabla 6 en el apartado 5.2.1.2).

5.2.3.5. Procesado del yeso cocido: triturado, cribado y ensacado

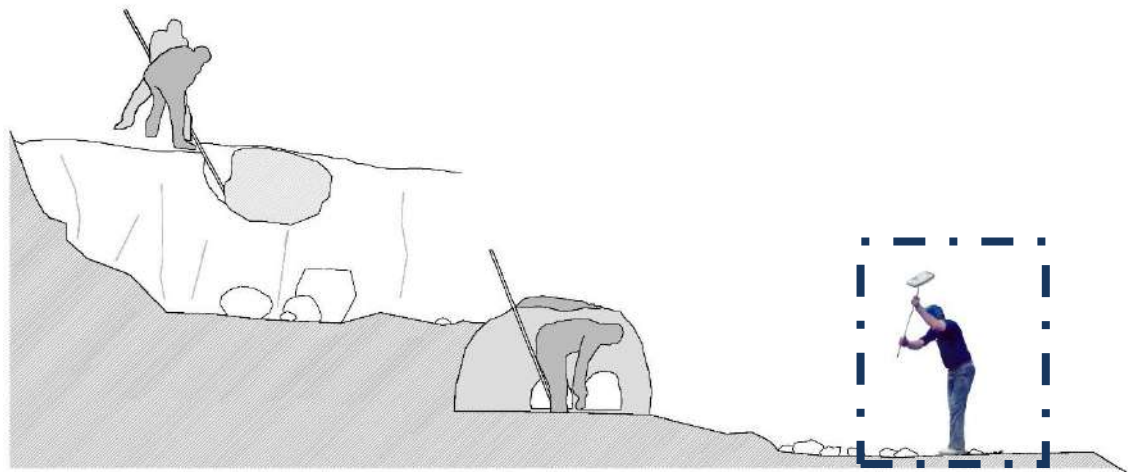


Figura 113. Fase: trituración del yeso ya calcinado. Elaboración propia.

Una vez que el yeso del horno se había enfriado, previo a su hidratación para la puesta en obra era necesario triturarlo y tamizarlo.

Tradicionalmente, el proceso de fabricación del yeso se hacía al aire libre y el producto cocido debía protegerse de la lluvia para evitar una hidratación prematura. Se extendía sobre una superficie plana de terreno, que generalmente se situaba frente al propio horno (no más de 20 metros de distancia), y se trituraba manualmente con un simple mazo de madera o con una herramienta especializada llamada “algadera” o “majadera” (recogida en la Figura 85 en el apartado 5.2.2.2; y Figura 114a-d).

El proceso de molienda estaba considerado como el más duro de todos los trabajos desarrollados en el proceso, y se conoce desde tratado de Francisco Xavier Cid (Álvarez Barrientos, 1988), en 1787 que narró la dureza del trabajo de machacado y triturado del yeso, en el que relata cómo fue habitual en muchos pueblos de Aragón contratar a un gaitero para que fuera tocando cierta melodía que marcaba el ritmo de levantar y bajar el mazo, y según refleja en tratado *“además de la complacencia que sienten en seguir bien el compás confiesan que se les hace suave el trabajo, que trabajan más, y a su parecer con más descanso”*.

Para facilitar la molienda, en los municipios donde se disponía de animales de trabajo, se utilizaban carros con llantas metálicas tirados por animales haciendo círculos concéntricos (recogido en la Figura 85 en el apartado 5.2.2.2; y Figura 114e), rodillos de piedra (a menudo

truncocónicos) o molinos (ya sean molinos especiales de yeso o molinos usados para aceitunas o cereales) (Figura 115a-e).



Figura 114. Evolución de los sistemas de triturado tradicionales: a) - c) Molienda tradicional en Lanaja (Huesca) en 1994, empleando la “algadera” (fotografía cortesía de E. Monesma Monge); d) y e) Molienda tradicional en San Juan de Plan (Huesca) en 1981 (fotografía cortesía de E. Monesma Monge).

El proceso de molienda tradicional daba como resultado un polvo de granulometría heterogénea, en caso de no pasar por el tamiz que se devolvía a la zona de molienda para un segundo triturado, aunque la variedad granulométrica en los yesos tradicionales era muy diversa admitiéndose gránulos que variaban en función de la aplicación pudiendo ser de mayor tamaño para pavimentos, donde se utilizaban capas de 3 o 4 cm de espesor, que en las fachadas, donde solo se usaban 2 cm, si bien eran admisibles tamaños similares a los de un garbanzo (tamices de 6 mm).

Según La Spina y Grau Giménez (2020), parte de la fracción más gruesa, que probablemente contenía anhidrita II como fase principal, podría incluso actuar como un agregado porque no se hidrata.

Según el testimonio de trabajadores experimentados²¹ y la bibliografía local consultada, la trituración manual era un trabajo extremadamente duro y perjudicial para la salud al respirar el polvo de yeso, por lo que el yeso debía tener un grado de cocción completo (con un elevado contenido de anhídrita II) para facilitar la trituración. A menudo, la cocción se prolongaba de manera intencionada para obtener un yeso “sobrecocido”, que resultaba más fácilmente triturable.

Durante la década de 1950 se introdujeron las trituradoras mecánicas, que funcionaban con diésel y producían un polvo mucho más fino y homogéneo (Figura 115f-g). Con este cambio, la dureza del yeso cocido ya no era un factor trascendental, por lo que realizar la cocción del yeso a menor temperatura y menor duración ya no suponía una dificultad para su triturado, lo que permitió conseguir ahorros de los costes y un producto final más económico.

²¹ Comunicación personal, A. Meda (Albarracín, Teruel, 2016), J. M. Seira (Albelda, Huesca, 2017).



Figura 115. Evolución de los sistemas de triturado tradicionales: rulos y molinos utilizados para triturar yeso en los municipios de: a) Albelda (Huesca), b) Pozuelo (Zaragoza), c) San Esteban de Litera (Huesca), d) Alberuela de Tubo (Huesca) y e) La Fresneda (Teruel); f) trituradora mecánica actual (estanca) en Cuarte de Huerva (Zaragoza); g) trituradora mecánica actual en Marruecos (no estanca), que permite ver el mecanismo de trituración.

Posteriormente, una vez ya triturado el yeso, se procedía a realizar un tamizado del yeso molido. Tradicionalmente, el cribado o tamizado (Figura 116a) se hacía teniendo en cuenta el propósito final del yeso²², obteniéndose un polvo más fino para revocar paredes y fracciones más gruesas para pisos, al contrario de lo que sucedía en la cocción del yeso, donde en muchas ocasiones no se distinguía la forma de cocer según la finalidad de aplicación.

²² Comunicación personal, J. Rodrigo (Burbáguena, Teruel, 2014), A. Millán (Albarracín, Teruel, 2016).

Según A. Meda²³ no se podía conseguir una superficie lisa de yeso con la fracción más gruesa del tamizado, pero esta sí que era muy adecuada para pavimentos porque se obtenía un material con mayor resistencia mecánica. Tras el triturado y tamizado se conseguían entre 5 y 8 toneladas de material cocido en cada hornada de las 10 toneladas introducidas.

En los años anteriores a 1950, el ensacado y el almacenamiento no eran comunes (Figura 116b). En muchos casos, el yeso cocido permanecía en el horno, el cual se cubría con tierra hasta que se iniciaban las obras, momento en el que se transportaba hasta el lugar de aplicación. En algunas ocasiones el yeso cocido se “almacenaba” de esta manera hasta durante 3 años, debido a que los trabajos de construcción solían ser realizados por agricultores y debían adaptarse a sus actividades agrícolas.

Hoy en día todavía se pueden encontrar en Aragón hornos abandonados que contienen yeso sin cocer o incluso cocido, lo que da testimonio de la difícil situación económica de la industria del yeso en las zonas rurales de esta comarca durante los años 40-70.

El yeso ya preparado para su aplicación se vendía en “cahiz”, una unidad de medición morisca que variaba regionalmente (1 cahiz equivalía a 690 kg en Madrid y unos 90 kg en algunas zonas de Aragón). Sin embargo, también se utilizaron unidades de medida más pequeñas, como las “bacías” (bandeja de madera) (Figura 116c y d). Cabe destacar que la “bacía” también se utilizó para amasar.

²³ Comunicación personal, A. Meda (Albarracín, Teruel, 2016).



Figura 116. Procesado del yeso: a) cribado del yeso para su posterior venta en 1994 en Lanaja (Huesca) (fotografía cortesía de E. Monesma Monge); b) ensacadora mecánica actual en Cuarte de Huerva (Zaragoza); c) “bacía” de madera para yeso, utilizada tanto como unidad de volumen para la venta como útil para el amasado y la puesta en obra del yeso; d) amasado del yeso utilizando una “bacía” de madera.

5.2.3.6. *Influencia de factores externos durante los cambios de fabricación del yeso tradicional*

Las visitas locales revelaron que la tradición constructiva regional, la demanda de yeso y la accesibilidad del municipio fueron factores clave para determinar la evolución de la tecnología del yeso.

En las zonas montañosas, con un uso extensivo de la mampostería de piedra como material principal de construcción, la demanda de yeso fue baja porque su uso se limitó al relleno de juntas, pavimentos y revocos interiores. En consecuencia, en municipios como Bara, San Juan de Plan y Villanova en la provincia de Huesca, así como en Pozuelo del Campo y Villalba Alta en

la provincia de Teruel, se utilizaron pequeños hornos circulares (tipo A), que típicamente eran solamente usados una o dos veces al año.

En las áreas de la meseta o del valle, por el contrario, el yeso era tradicionalmente el material de construcción preferido ya que la piedra tan solo se usaba para elementos de construcción específicos, como pilares, zócalos y decoraciones. Por tanto, la demanda de yeso fue mucho mayor y se utilizó como mortero y revoco para fachadas, suelos y diversas aplicaciones estructurales, incluidos muros de carga, pilares, nervaduras, bóvedas y escaleras.

Las visitas locales evidenciaron que San Esteban de Litera (Huesca) ha sido uno de los municipios más innovadores en cuanto a tecnología del yeso (es decir, mejoras en el diseño de hornos y ensayo de nuevos materiales de combustión), limitrofe con Cataluña y suministrando yeso a grandes poblaciones como Monzón y Binéfar (Huesca) o Balaguer (Lérida, Cataluña) durante las décadas de los 40 a los 70.

Otros municipios de la provincia de Zaragoza que destacaron por sus innovaciones en el proceso de producción de yeso preindustrial fueron Zuera, Cuarte de Huerva y Leciñena, que abastecían de yeso a un mercado relativamente amplio por su proximidad inmediata a la ciudad de Zaragoza.

Al contrario, otros municipios permanecieron relativamente aislados hasta los años 60 y 70 como resultado de la accesibilidad limitada que provocaba la falta de adecuados caminos de acceso o bien, la lejanía de algunos núcleos. En consecuencia, la producción tradicional de yeso en estos municipios se mantuvo básicamente sin cambios.

Uno de los casos más destacados en este sentido es el de Albarracín (Teruel), donde todavía hoy, dirigido por el artesano Antonio Meda, se sigue produciendo yeso tradicional y se utiliza como revoco en construcciones locales, aunque también se exporta para las intervenciones de conservación de toda España. Ello supone un marcado contraste con los municipios que suministraban yeso a otros municipios o incluso a grandes ciudades cercanas.

De entre todos los procesos modificados durante la preindustrialización (aparición de explosivos para la extracción, nuevos combustibles para la cocción, trituradoras mecánicas y ensacado), la variación que afectó de manera decisiva y provocó una alteración en la calidad final del yeso tradicional fue la sustitución de la trituración manual por la trituración mecánica.

La dificultad de triturar manualmente un yeso “mal cocido”, apelativo que se le daba al yeso que no había alcanzado la temperatura y el tiempo necesario lo cual hacía que fuera más duro y

compacto, y la facilidad de pulverizar con la simple compresión de la mano una piedra de yeso “bien cocida”, fueron dos circunstancias que sirvieron de filtro en la calidad del yeso tradicional hasta la aparición de las trituradoras mecánicas. Con ellas, se pudo reducir notablemente la temperatura de cocción, desde los 1.100°C registrados en cocciones experimentales (Bel-Anzué y Elert, 2021) hasta los 180°C documentados en las fábricas actuales (Lushnikova y Dvorkin, 2016). Por lo tanto, aunque se alcanzase un grado de cocción menor al obtenido en los hornos tradicionales, la posibilidad de usar trituradoras mecánicas que facilitaran el proceso hizo que se generalizara.

APLICACIONES EXPERIMENTALES Y RESULTADOS TANGIBLES

Mediante este apartado se desarrolla el Objetivo Específico 3, que pretende servir como herramienta con una cuádruple función, permitiendo de esta manera: (I) cotejar la veracidad de los datos obtenidos en los objetivos específicos previos mediante el análisis empírico de las prácticas y técnicas de elaboración del yeso tradicional, (II) documentar muchas de las aplicaciones que se están perdiendo por falta de artesanos y/o relevo generacional, (III) analizar la viabilidad económica para la reintroducción del yeso tradicional permitiendo la pervivencia de su uso en la arquitectura y (IV) fomentar la difusión y la transferencia de conocimientos mediante cursos y jornadas formativas, materializando los resultados de este trabajo en resultados tangibles que perduren y reflejen los resultados básicos de la investigación.

6.1. INTRODUCCIÓN A LA NECESIDAD DE LAS APLICACIONES EXPERIMENTALES Y LOS RESULTADOS TANGIBLES

La revisión bibliográfica y los testimonios de las personas entrevistadas, junto con las visitas de estudio a municipios, han permitido documentar cómo se realizaba la fabricación de yeso tradicional (apartado 5) y sus distintas aplicaciones en obra hasta mediados del siglo XX (apartado 4), manifestando la gran versatilidad de este material en Aragón, descubriendo gran cantidad de detalles que han posibilitado complementar una descripción pormenorizada del proceso de fabricación.

Las aplicaciones del yeso tradicional fueron muy diversas y gracias a las fuentes bibliográficas locales (Monesma, 1990; Monesma, 1997) se han podido documentar diferentes ejemplos de utilización del yeso: piedra bruta de aljez sin cocer (en muros de mampostería); cielos rasos, enlucidos y revestimientos tanto en interiores como en exteriores, aplicando varias capas superpuestas de menor a mayor finura con una proporción agua/yeso de 6:5; pavimentos, utilizando un yeso más cocido (incluso yeso reciclado de otras obras y vuelto a cocer); morteros entre mampostería, ladrillos o adobes; aplicaciones estructurales como refuerzos, zunchos, cadenas de atado y forjados, con una menor dosificación de agua/yeso de 0,7 para obtener una mayor resistencia, o tapias y pilares, bien mezclando el yeso con árido como un mortero o bien con yeso puro (técnica desarrollada con especial profusión en los valles del Jiloca y Jalón).

No obstante, esta parte previa de documentación se ha desarrollado únicamente en un marco teórico, mediante la recopilación de información a través de diferentes fuentes según la metodología descrita en los capítulos anteriores. Por tanto, y continuando con el enfoque multidisciplinar de esta investigación y para dotarle de una mayor profundidad mediante líneas transversales de estudio, se ha planteado como objetivo la corroboración de los resultados, con

la que recabar información valiosa y enriquecer los conocimientos ya desarrollados, partiendo de un enfoque eminentemente empírico, propio de la investigación científica que se está realizando y caracterizada por el carácter pionero de la misma y por el trabajo artesano de campo.

Estos condicionantes se vinculan a un aprendizaje continuo que genera posibles rectificaciones realizadas durante las propias actividades apoyadas en la experiencia y el saber de los antiguos artesanos que acompañaron todo el proceso. Este aspecto característico de la artesanía dificulta la precisión y exactitud de registro y documentación con el que habitualmente se puede trabajar en ámbitos e investigaciones en un sector científico más puro.

Esta comprobación permite además analizar si la información obtenida a partir de las publicaciones locales (con menor rigor científico), así como la información obtenida de las entrevistas a los antiguos trabajadores (que en muchos casos eran personas octogenarias y nonagenarias que llevaban más de 50 años sin realizar las tareas sobre las que se les estaba preguntando y podían cometer imprecisiones involuntarias durante las respuestas) era una información fidedigna, o si había aspectos importantes que las personas entrevistadas habían olvidado o alterado por el paso de los años.

Comprobada, mediante la aplicación práctica, la veracidad de la información teórica, y desde esta perspectiva de fiabilidad, se procedió a una documentación exhaustiva de las experiencias que se agruparon en dos líneas de trabajo: por un lado, la reproducción de dos cocciones “in situ” de yeso siguiendo el modo de hacer tradicional en todas sus fases (extracción, cocción y molienda), según la información teórica obtenida; y por otro, la realización de distintas aplicaciones experimentales en obra, que en gran medida suponen la realización de técnicas constructivas propias del yeso tradicional, de las que es casi imposible acceder a documentos descriptivos de su puesta en obra, por lo que se utiliza esta investigación como un recurso que aporta una visión etnográfica de las mismas. Asimismo, se analizaron técnicamente los aspectos importantes para mantener la calidad técnica de la aplicación, en el caso de que se desee reproducir en el futuro, documentando las relaciones agua/yeso, así como las comprobaciones necesarias de control de calidad.

Se analizaron las complicaciones y virtudes de las técnicas constructivas tradicionales y se evaluaron los rendimientos de trabajo, para estudiar la viabilidad económica, que permita potenciar la reintroducción de la técnica en la arquitectura contemporánea, dotando al yeso tradicional de una utilidad factible en nuestros días, como alternativa económica que permita poner en valor la arquitectura tradicional.

El estudio económico y de viabilidad realizado de las aplicaciones experimentales con yeso tradicional permite aportar unos datos que no existen en la actualidad, constatando el carácter pionero de la misma y posibilitando que los resultados sean tenidos en cuenta para la actualización de las bases de datos de precios de la construcción, que son herramientas fundamentales en la fase proyectual y de ejecución de proyectos.

Además, con este proceso se han generado unos resultados tangibles, que permiten a esta investigación trascender del campo teórico, posibilitando en primer lugar constatar físicamente los resultados obtenidos, además de poner en práctica todo el conocimiento adquirido y tender un puente a través de los cursos, talleres y formaciones coordinadas hacia la transferencia de conocimiento desde el ámbito académico y universitario a los técnicos y profesionales de la construcción y rehabilitación y también a la población general, entre las que se encuentran: la rehabilitación del peirón de Morenilla (Guadalajara), la rehabilitación de la portada de la iglesia de Navarrete del Río (Calamocha, Teruel), la rehabilitación de las fachadas del Castillo de Ricla (Zaragoza), la construcción de una vivienda con adobes y pasta de yeso, la realización de múltiples pavimentos y paredes de yeso en distintas obras de rehabilitación y obra nueva de viviendas, e incluso aplicaciones estructurales como la construcción de una escalera tabicada con yeso o la construcción de una bóveda con yeso y paja.

6.2. MATERIALES Y MÉTODOS

6.2.1. Cocciones experimentales de yeso reproduciendo el proceso tradicional en Navarrete del Río (Teruel, 2016)

En el año 2016 se realizó una actividad de producción experimental de yeso tradicional, que supuso la realización y documentación de dos cocciones en la antigua cantera de Navarrete del Río (perteneciente al municipio de Calamocha, Teruel) en dos hornos de yeso existentes en la propia cantera, siguiendo los métodos tradicionales descritos en el apartado 5.2.3, para poder observar directamente cómo era el proceso tradicional de elaboración del yeso. Se realizó la extracción del yeso, el montaje del horno, la recogida del material de combustión (experimentando las dificultades de estos trabajos por la escasez y la dificultad de recoger, apilar y transportar estas plantas con grandes espinas), la cocción del yeso y la molienda según métodos tradicionales.

La actividad fue organizada ex profeso para esta investigación con el fin de poder documentar con la mayor precisión posible todo el proceso y matices de elaboración del yeso tradicional, permitiendo contrastar y verificar toda la información obtenida por otras fuentes. Todo ello con la asistencia de 4 de los antiguos horneros entrevistados anteriormente²⁴.

La población de Navarrete del Río supuso un gran centro de transformación del yeso hasta mediados del siglo XX. En esta pequeña población se han localizado más de 200 hornos tradicionales tipo B (que representaban el 65% de los tipos de horno documentados en la investigación de campo) los cuales atestiguan la importancia que tuvo la producción de yeso en el pasado en la economía local, quedando por tanto una gran cantidad de personas, actualmente octogenarias y nonagenarias en el municipio que trabajaron directamente en el proceso de elaboración y/o aplicación, y algunas más jóvenes que vieron a sus padres y hermanos mayores hacerlo. Entre otros, uno de los aspectos que atestiguan la gran actividad y la repercusión económica que se desarrolló en Navarrete del Río durante gran parte en el pasado, se debe indicar que el único bar de Navarrete del Río se llama “La Yesería”, puesto que se ubica en el lugar donde antaño se efectuaba la venta del yeso.

Para el desarrollo de las cocciones experimentales de esta actividad, el material empleado se extrajo de la propia cantera, ubicada a unos metros de la zona donde se levantaron los dos hornos, y se distribuyó de manera progresiva y simultáneamente en los dos hornos, asegurando

²⁴ Comunicación personal, E. López, A. Meda, J. Rodrigo y I. Lechón (Navarrete, Teruel, 2016).

así que el material utilizado para la cocción era de una adecuada calidad y homogéneo, y tenía las mismas propiedades en ambos hornos.

El proceso de investigación seguido del estudio de la bibliografía existente y documentación de información, con las visitas y entrevistas permitieron concluir que dentro de la tipología de horno tradicional (rectangular o tipo B) había dos sistemas de cocción principales: según se utilizara arbusto verde (35%) o leña de árbol (15%) como material de combustión. Considerando este aspecto como un posible factor determinante del resultado final debido a las diversidades que cada combustible podría introducir en la cocción (como la temperatura total alcanzada, la curva de temperaturas o incluso posibles alteraciones debidas a la diferencia de humedad producida por los arbustos que se cocían “en verde” respecto a la madera seca de los árboles), se reprodujeron ambas técnicas para estudiar la influencia del material de combustión en la cocción del yeso.

La única empresa que continúa produciendo “yeso tradicional de Albarracín”, aunque por cuestiones legales y ambientales se trasladó a Tramacastilla (Teruel), continúa cociendo el yeso tradicional con madera de árbol como material de combustión. Como la experiencia del artesano Antonio Meda que dirige esta fábrica está totalmente contrastada a lo largo de sus más de 30 años realizando el mismo trabajo que aprendió de su padre, tan solo restaba localizar a los artesanos que dirigirían la cocción experimental con leña de aliaga (arbusto) relativa al 35% de los casos documentados en Aragón.

Durante este proceso de búsqueda y decisión fue de vital importancia el apoyo e interés mostrado hacia la investigación por dos entidades: el Centro de Estudios del Jiloca y el Centro de Estudios Literanos. En este caso, la ubicación estratégica en la geografía de Calamocha (Teruel) municipio sede del Centro de Estudios del Jiloca equidistante entre las capitales de provincia Zaragoza y Teruel, fue un factor determinante para continuar con la organización de las cocciones experimentales en el mayor centro de producción de yeso tradicional del entorno próximo a Calamocha, que era la pedanía de Navarrete del Río, un núcleo rural que también utilizaba el horno tipo B y leña de arbusto (en concreto aliaga).

La ayuda de este Centro de Estudios en comunicación con el Ayuntamiento, Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, equipo de bomberos, etc., resultó de gran ayuda para obtener los permisos necesarios para cortar las aliagas requeridas, explotar las antiguas canteras, extrayendo las piedras de yeso y realizar el fuego indispensable para las cocciones con las medidas de seguridad preceptivas. Todas estas tramitaciones y gestiones que no son objeto directo de la

investigación supusieron una gran inversión de tiempo y dedicación, que se agilizaron gracias a la preocupación y apoyo que el Centro de Estudios del Jiloca mostró a través de sus técnicos Emilio Benedicto y Francisco Martín.

El proceso de visitas a municipios y entrevistas había posibilitado localizar a varios artesanos de esta pedanía con la suficiente experiencia como para dirigir esta segunda cocción, pero la edad de los mismos (entre 70 y 90 años) obligaba a la presencia de un perfil joven de personas con voluntad como para ser quienes realizaran el pesado trabajo físico de acarreo de las piedras desde la cantera hasta los hornos.

Esta coyuntura posibilitó iniciar el planteamiento de esta actividad como un curso formativo, de modo que los antiguos artesanos pudieran transmitir sus conocimientos a las nuevas generaciones, reactivando el eslabón perdido en la cadena de aprendizaje y la posibilidad de estar presentes en este momento preciso para documentar el proceso, prestando atención y registrando los puntos críticos de esta transmisión intergeneracional de conocimiento.

Para dar una visión más amplia a los asistentes, se realizaron una serie de jornadas teóricas previas a las jornadas prácticas, que se englobaron bajo las *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense*.

Para facilitar la lectura de los resultados se ha utilizado una nomenclatura para los hornos que se extiende tanto a esta como a las secciones posteriores del trabajo y se ordena alfabéticamente: “horno de Albarracín” para el horno supervisado por el hornero de Albarracín (que se corresponde con el horno de la derecha) y “horno de Navarrete” para el horno supervisado por el hornero de Navarrete (que se corresponde con el horno de la izquierda); para la nomenclatura de las muestras de yeso cocido procedente de estas cocciones se utilizará la simplificación con las iniciales “A” y “N”, respectivamente.

No obstante, estos acrónimos “horno de Albarracín” y “horno de Navarrete” son una simplificación terminológica, ya que no hay certeza de que históricamente todos los artesanos de las dos regiones geográficas siguieran exactamente el mismo proceso en la forma de construir el horno y elegir el material de combustión. Por lo tanto, esta terminología se utiliza a efectos de facilitar la comprensión de los resultados y de ser aclaratoria, pero no absoluta.

El registro y monitorización de la evolución de la temperatura en el interior de los hornos era una cuestión fundamental. Por ello, se pudo disponer de dos equipos de medición tipo Datalogger equipados con dos sensores cada uno, lo que permitía registrar de continuo un total de 4 puntos.

Como la ambición de estudio y documentación era mayor, se colocaron distintos tubos huecos durante el proceso de montaje de los hornos (Figura 117a), de modo que se podían introducir los sensores en las ubicaciones exactas durante el proceso de cocción, aumentando la posibilidad de muestreo a un mínimo de 3 puntos en el interior de cada horno y otros 3 puntos en la zona alta (caramullo), logrando por tanto un mínimo de 6 puntos de monitorización en cada horno.

Los datos de temperatura se registraron de forma manual (Figura 117c y d), comprobando y anotando los valores de los Datalogger en intervalos de unos 15 minutos durante las primeras dos horas de cocción, de unos 45 minutos durante las siguientes cuatro horas, y de 90 minutos durante las últimas seis horas.



Figura 117. Sensores empleados para poder medir la temperatura de cocción en los hornos: a) colocación de tubos para poder introducir los sensores y medir la temperatura en algunos puntos del horno previo al encendido del fuego; b) hornos tradicionales (izquierda: horno de Navarrete; derecha: horno de Albarracín) antes de la cocción, mostrando la ubicación aproximada de las posiciones de los sensores (1, 2, 3, 4) para monitorizar la evolución de la temperatura durante las cocciones experimentales; c) toma de datos manual durante la cocción; d) Datalogger utilizado para medir las temperaturas. Fotografías del autor.

Se expresa de manera numérica en la Tabla 9 y de manera gráfica en la Figura 118 la posición exacta de los sensores dentro del horno, pudiendo monitorizar un total de 3 puntos en el horno de Albarracín y 4 puntos en el horno de Navarrete, además de 3 puntos más en la zona más alta de cada horno.

Tabla 9. Posición de los puntos correspondientes a la ubicación de los sensores para monitorizar la evolución de la temperatura durante las cocciones experimentales.

	Horno de Navarrete				Horno de Albarracín		
	1	2	3	4	1	2	3
Eje x (horizontal) (m)	1,10	1,65	1,65	0,55	1,10	1,65	0,55
Eje y (vertical) (m)	1,00	1,50	0,70	1,50	1,00	1,50	1,50
Eje z (profundidad) (m)	2,00	1,20	1,20	2,00	2,00	1,20	2,00
	Caramullo Navarrete			Caramullo Albarracín			
	Boca	Medio	Fondo	Boca	Medio	Fondo	
Eje x (horizontal) (m)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
Eje y (vertical) (m)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Eje z (profundidad) (m)	0,40	1,20	2,60	0,40	1,20	2,60	

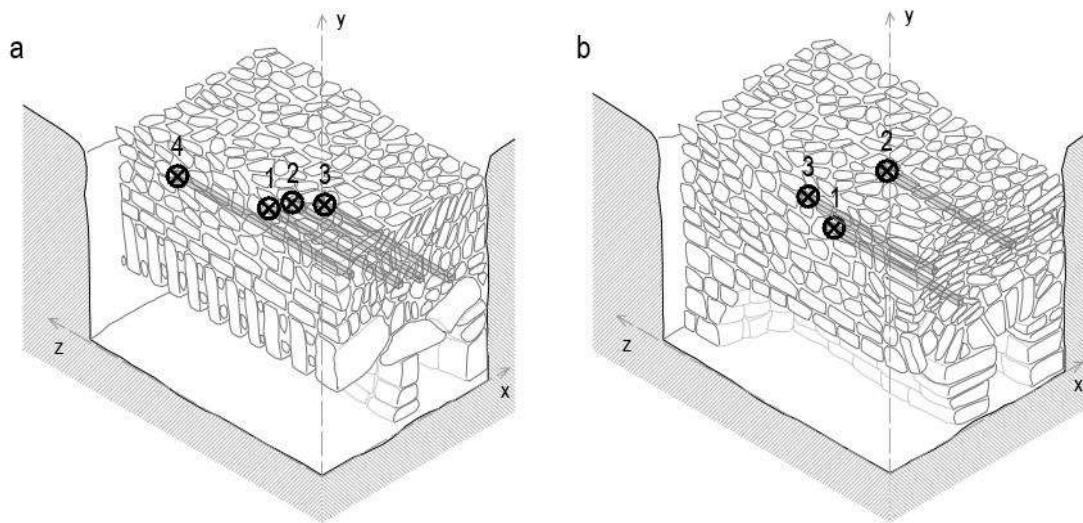


Figura 118. Posición de los puntos correspondientes a la ubicación de los sensores (1, 2, 3, 4) para monitorizar la evolución de la temperatura durante las cocciones experimentales: a) horno de Navarrete; b) horno de Albarracín. Elaboración propia.

Existen varias casuísticas que deben tenerse en cuenta en la interpretación de los valores de temperatura mostrados por el Datalogger.

Los dos equipos Datalogger utilizados tenían una temperatura máxima de medición admisible de 1.350°C. En un inicio, se estimó que estos valores tendrían un margen suficiente como para poder realizar un seguimiento completo de la cocción puesto que no se esperaba superar esta temperatura en un horno tradicional, teniendo en cuenta que la temperatura de referencia a la

que se encuentra el magma bajo la corteza terrestre es de 1.200°C (Servicio Geológico Mexicano, 2017). Sin embargo, en el proceso de medición se alcanzaron temperaturas muy próximas a las temperaturas límite de monitorización.

6.2.2. Aplicación experimental en obra de yeso tradicional

Las primeras aplicaciones experimentales en obra fueron realizadas el día siguiente a la cocción, utilizando el material procedente de las cocciones tradicionales después de una noche de enfriamiento, para comprobar si el resultado de las cocciones tradicionales era el verdaderamente esperado y si se había obtenido un yeso tradicional de buena calidad, desde la perspectiva de aplicadores con experiencia en yesos tradicionales. Se realizó una aplicación sobre el paramento vertical de los propios hornos y unas muestras de pavimento y esgrafiado.

Para las aplicaciones experimentales, el material cocido proveniente de los dos hornos tradicionales se mezcló para obtener un material resultante más homogéneo, se mantuvo almacenado a granel (sin ensacar), como se hacía en el proceso tradicional en un almacén en el municipio de Burbáguena (Teruel), hasta que progresivamente fue requerido su uso para dichas aplicaciones experimentales, documentadas en esta investigación.

Una vez agotado el yeso cocido en las cocciones tradicionales, con la voluntad puesta en continuar con la investigación con un enfoque práctico para indagar en las aplicaciones del yeso tradicional, se comenzó a emplear el yeso que fabrica y suministra el antiguo artesano del yeso Antonio Meda, quien todavía hoy continúa utilizando las técnicas tradicionales para la fabricación del yeso en el municipio de Tramacastilla.

El agua de amasado para conseguir la pasta de yeso en las aplicaciones experimentales fue siempre la disponible en las redes de distribución pública, considerándose agua potable, que es la más habitualmente utilizada en las obras de construcción.

Para la ejecución de todos estos trabajos experimentales se utilizaron herramientas propias del sector de la albañilería, aportadas en su gran mayoría por los antiguos artesanos que las habían conservado como un recuerdo desde que abandonaron la fabricación artesanal a mediados del siglo XX. De este modo se pudieron realizar los trabajos con una gran fidelidad a como se realizaban a mediados del siglo XX, coincidiendo también con varias de las herramientas tradicionales que documentó Juanelo Turriano en 1570 (apartado 5.2.2.2), como bacías de madera, azadas, picos o tamices para el cribado, y otras herramientas tradicionales propias del sector como paletas, espátulas, llanas, cuñas y mazas de madera.

También se han utilizado herramientas modernas como los cubos de obra (que sustituyen a las bacías de madera y a los capazos de esparto) compuestos de polipropileno, y las batidoras mezcladoras motorizadas para morteros, que facilitan enormemente el proceso de amasado ya que se convierte en un trabajo mecanizado, elementos ambos utilizados en las aplicaciones experimentales de esta investigación (Figura 119).



Figura 119. Utilización de nuevos elementos modernos como los cubos de plástico y las batidoras motorizadas durante la realización de una de las aplicaciones experimentales. Fotografía del autor.

Aun a pesar de la introducción de estos nuevos elementos en obra, el grueso de la tradición constructiva de 1570 continúa todavía vigente a día de hoy, y las nuevas herramientas introducidas no afectan de manera significativa en la calidad del resultado final de la aplicación. En el caso de las batidoras, este elemento no se introdujo hasta comienzos del siglo XXI, y su utilización puede resultar incluso beneficiosa porque reduce el tiempo de amasado y por tanto el tiempo transcurrido desde el comienzo del amasado hasta el inicio de la aplicación es menor, lo que permite disponer de más tiempo para realizar la aplicación antes de que el yeso endurezca y puede propiciar la utilización de una ligeramente menor relación agua/agua, que mejora sus propiedades mecánicas (Arredondo, 1980; Vegas et al., 2012; apartado 7).

El estudio de la viabilidad económica de estas aplicaciones se ha realizado mediante un análisis comparativo entre los costes reales documentados en el presente estudio y los costes hipotéticos que supondrían ejecutar estas mismas aplicaciones alternativas, realizadas con materiales o técnicas convencionales, como yeso comercial, mortero de cemento o cal, hormigón, madera o ladrillo.

Para confeccionar las tablas de los costes de las aplicaciones experimentales se ha utilizado el programa informático Presto versión 8.0, una aplicación informática especializada en la gestión

de costes y tiempos de la construcción a lo largo de todas las etapas del proyecto, orientada a la edificación y obra civil para facilitar la reutilización y el intercambio de datos entre los distintos agentes de la construcción. En la actualidad es una herramienta de elaboración de presupuestos referente en materia de la construcción, por lo que resulta apta perfectamente para la realización de valoraciones económicas de estas aplicaciones experimentales.

Para establecer este coste hipotético de las aplicaciones que permita realizar la comparación con el coste real y obtener los precios unitarios, los rendimientos de los materiales y la mano de obra, se trataron de utilizar bases de datos gratuitas o de libre acceso disponibles en línea, como el banco de precios BEDEC elaborado por el ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña). No obstante, la escasez de datos y la falta de especialización en el ámbito de la rehabilitación, la restauración del Patrimonio o en el entorno de los materiales tradicionales obligó a recurrir a una Base de Datos más consolidada y utilizada a nivel nacional, que recoge un mayor espectro de aplicaciones y rendimientos.

Por este motivo, los valores de los costes y rendimientos se han obtenido de la Base de Datos Precio de la Construcción Centro del año 2023, editada por el Gabinete Técnico del Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Guadalajara, una herramienta de trabajo para la elaboración de precios y presupuestos que cuenta con la colaboración de las principales marcas y productos del sector y que se ajusta a los importantes cambios que se han producido en el mercado. Esta base de datos utilizada se actualiza anualmente y se adapta a los cambios técnicos, normativos y económicos que se van actualizando periódicamente, por lo que resulta una herramienta fiable y actualizada a las fluctuaciones económicas del mercado, siendo una buena herramienta para la comparación de los valores del estudio de la aplicación real del yeso tradicional.

Cabe mencionar una aclaración necesaria de los costes obtenidos para las distintas aplicaciones. Los precios procedentes de estas bases de datos y aplicaciones son precios de Presupuesto de Ejecución Material (PEM) y no incluyen los gastos adicionales (Gastos Generales (GG) del 13%, Beneficio Industrial (BI) del 6%, Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) del 21% en el momento de la redacción de este trabajo) que repercuten en el precio final real con un incremento en dos fases: primero se aplica GG y BI (19%), y segundo se aplica el IVA (21%), con un incremento total del 43,9% sobre el precio base PEM. Los costes procedentes de las aplicaciones reales son Precios de Venta al Público (PVP) que ya incorporan en el valor el incremento de GG, BI e IVA. Por este motivo, para realizar una comparación entre ambas procedencias debe aplicarse una relación entre los costes reales y los costes de bases de datos.

En algunas de las aplicaciones obtenidas de la base de datos de Precio de la Construcción Centro, las materias primas han sido determinadas en volumen, por lo que deben transformarse los precios unitarios obtenidos en peso mediante su densidad.

En el proceso de documentación de las aplicaciones del yeso tradicional, se ha mantenido el criterio de medición y dosificación más utilizado en las obras de construcción que consiste en medir las dosificaciones de agua y yeso en volumen, puesto que para los trabajadores resulta un proceso más sencillo y natural con los medios de los que disponen medir las dosificaciones de material en volumen (cubos, paladas, carretillos...). No obstante, dado el carácter científico de esta investigación, y para mantener una coherencia con las muestras de yeso analizadas en el apartado 7, se ha calculado la conversión de estas dosificaciones en volumen a su correspondencia en peso. Según bibliografía especializada, la densidad del yeso tradicional un valor entre 600 y 1.500 kg/m³ (Bumanis et al., 2020). En el caso de nuestras aplicaciones experimentales, se ha podido determinar que, tras varias mediciones, el yeso tradicional ya cocido y triturado tiene una densidad media de 1.130 kg/m³, pudiendo establecer la equivalencia entre la relación en volumen y en peso (Tabla 10), que relaciona el proceso de dosificación tradicionalmente utilizado en obra con el proceso de dosificación utilizado en laboratorio.

Tabla 10. Relación de las dosificaciones agua/yeso en volumen y en peso.

Volumen			Peso		
Parte de agua	Parte de yeso	Agua/yeso	Parte de agua	Parte de yeso	Agua/yeso
1,00	1,00	1:1	1,00	1,13	0,88
1,00	1,11	0,9	1,00	1,26	0,80
1,00	1,25	0,8	1,00	1,41	0,71
1,00	1,43	0,7	1,00	1,61	0,62
1,00	1,67	0,6	1,00	1,88	0,53
1,00	2,00	0,5	1,00	2,26	0,44
1,00	2,50	0,4	1,00	2,83	0,35
1,00	3,33	0,3	1,00	3,77	0,27

En general, para una aplicación en fachadas con una dosificación de agua/yeso de 0,6, se suelen utilizar 20 kg de yeso para realizar 1 m² con un espesor de 2,5 cm²⁵ (es decir, un volumen de 0,025 m³), lo que supone un rendimiento o consumo de 800 kg de yeso por cada metro cúbico de aplicación que se encuentra dentro de los valores esperados.

²⁵ Comunicación personal, A. Meda (Zaragoza, 2022), A. Millán (Zaragoza, 2022), S. García (Zaragoza, 2022).

La densidad de un mortero de cal hidráulica 3,5 NHL se establece en 1.800 kg/m³ según los datos aportados en la ficha técnica por la empresa Cumen S.L. especializada en la fabricación de morteros de cal (Cumen, 2023).

La densidad de la paja para la aplicación experimental de una bóveda estructural con mezcla de paja y yeso se establece en 100 kg/m³ según AgroBioHeat (2020).

En la Tabla 11 se adjunta un cuadro de descompuestos con los precios unitarios obtenidos de la citada base de datos para los materiales y mano de obra más habituales durante las aplicaciones experimentales.

Tabla 11. Cuadro de descompuestos según los datos obtenidos de la base de datos Centro 2023.

Tipo	Descompuesto	Precio unitario	
		(unidades Centro*)	(otras unidades*)
Material	Yeso blanco en sacos	72,48 €	57,98 €/m ³
Material	Mortero de cal hidráulica NHL 3,5	252,01 €	
Material	Mortero de cal M-10	87,08 €	
Material	Agua	1,34 €/l**	
Material	Guardavivos PVC para yeso	0,23 €/m	
Material	Malla de fibra de vidrio antiálcalis	5,64 €/m ²	
Material	Mortero de cemento gris CEM II/B-M M-5	48,13 €/m ²	
Material	Cemento CEM II/B-P enfoscado M-10	104,28 €/t	
Material	Arena de río 0/6 mm	19,22 €/m ³	
Mano de obra	Oficial primera	22,00 €/h	
Mano de obra	Ayudante	20,32 €/h	
Mano de obra	Peón ordinario	19,71 €/h	
Auxiliar	Encofrado forjado tablero continuo	12,79 €/m ²	
Auxiliar	Encofrado forjado unidireccional	15,40 €/m ²	

*Se adjuntan los precios unitarios en las unidades ofrecidas por la base de datos de Centro 2023, y su valor equivalente en las unidades para realizar la valoración económica de las aplicaciones.

**Nota: las unidades utilizadas para los precios unitarios de los descompuestos son las estandarizadas en el sector de la construcción.

Tabla 12. Cuadro de descompuestos para los materiales obtenidos de otras fuentes de venta.

Descompuesto	Precio PVP		Precio unitario				Fuente
			(PVP)		(PEM)		
Piedra natural	100. €	800 kg	0,13	€/kg	0,09	€/kg	Amagard (2023)
Leña de olivo	224 €	1.000 kg	0,22	€/kg	0,15	€/kg	Leñas Artal (2023)
Yeso blanco comercial	2,55 €	20 kg	0,13	€/kg	0,09	€/kg	Obramat (2023a)
Yeso tradicional	9,00 €	20 kg	0,45	€/kg	0,31	€/kg	Antonio Meda ²⁶
Aceite de linaza	7,00 €	1 l	7,00	€/l	4,86	€/l	LeroyMerlin (2023a)
Baldosa gres 60 x 60	-	-	52,99	€/m ²	36,82	€/m ²	LeroyMerlin (2023b)
Paja (2,50x1,20x0,90)	100 €	252 kg	0,40*	€/kg	0,34*	€/kg	Genoves Pedraza (2023)
Grava 4/20 mm	1.000 €	25,60 kg	25,60	€/t	17,79	€/t	Obramat (2023c)

*Precio PVP que no incluye el IVA, por lo que el precio PEM se calcula sustrayendo el incremento de GG y BI que equivale a un 19%.

Debe tenerse en cuenta, que el proceso de estudio de la viabilidad económica se ha calculado con los rendimientos registrados durante cada una de las aplicaciones experimentales en el momento de su ejecución; sin embargo, los precios unitarios de las materias primas y la mano de obra se corresponden a los valores del año 2023 (tanto los precios PVP como los precios PEM), para poder evaluar el coste real de la aplicación, en el caso de reproducirla hoy en día y garantizar la validez comparativa del estudio.

²⁶ Comunicación personal, A. Meda (Zaragoza, 2023).

6.3. RESULTADOS

6.3.1. Cocciones experimentales de yeso reproduciendo el proceso tradicional en Navarrete del Río (Teruel, 2016)

La exhaustiva documentación y seguimiento de la cocción experimental de los dos hornos según los métodos tradicionales realizada en Navarrete del Río (Teruel) en el año 2016 ha permitido revelar detalles del proceso de fabricación de yeso tradicional, así como la obtención de una gran cantidad de material fotográfico de esta cocción experimental que ya ha sido transmitida paralelamente en el apartado 5.2.3, aportando material a la existente escasez de imágenes de esta naturaleza en otras investigaciones.

Siguiendo los métodos de extracción que se empleaban antiguamente, los antiguos horneros realizaron primeramente la extracción de la piedra de yeso de la propia cantera de Navarrete para obtener el material que se colocaría posteriormente en los hornos.

El proceso de extracción se inició desde dos frentes diferentes para obtener las piedras de yeso. Por un lado, se atacó la cantera desde el frente superior (es decir, extrayendo el material del suelo, profundizando en vertical). Tras retirar una primera capa de tierra vegetal compuesta principalmente por 0,5 m de profundidad de yeso arenizado (Figura 120) y la segunda capa, de 1 m de profundidad, consistió en un tipo de piedra de yeso quebradiza y de una compacidad menor a lo habitual denominado "soleado". Sin embargo, los horneros que asistieron durante todo el proceso indicaron que este yeso no disponía aun de suficiente resistencia como para aguantar la viveza de las llamas y determinaron que era necesaria una mayor profundidad de excavación, hasta que se alcanzó una piedra de yeso con la compacidad que consideraron como suficiente (alcanzada a una profundidad de 1,5 m).



Figura 120. a) y b) Retirada de la primera capa de yeso arenizado. Fotografías del autor.

Tanto las piedras de yeso soleado, como las piedras de buena calidad ubicadas bajo las primeras, se retiraron siguiendo el proceso tradicional, utilizando un barrón para hacer palanca, un mazo y cuñas, aprovechando los planos de sedimentación de la cantera (Figura 121a) que permiten extraer grandes bloques de yeso, (Figura 121b) a lo largo de las vetas (Figura 95; apartado 5.2.3.1).

Durante el proceso, no se percibió diferencia en la complejidad de la extracción entre el soleado y el yeso de buena calidad. Sin embargo, en el momento de extraer las piedras con los barrones haciendo palanca, se pudo apreciar con claridad la mayor compacidad y peso de las piedras del material bueno con respecto al soleado, aspecto que corroboró la no aptitud de este último para la cocción.



Figura 121. Proceso de extracción de grandes bloques de yeso utilizando un barrón y cuñas: a) barrón para hacer palanca; b) cuñas a lo largo de la línea de separación de la piedra. Fotografías del autor.

Durante la extracción se probó a incorporar nuevas tecnologías, como un pistolete alimentado con un grupo electrógeno, con el objetivo de realizar el picado del trazado perimetral por el que

se partiría el bloque de yeso. Sin embargo, no resultó un método funcional porque la vibración que transmitía la máquina fracturaba las piedras en tamaños muy pequeños (<10 cm de diámetro) y no permitía que fueran aprovechables en el horno, por lo que en este caso la evolución de la tecnología no resultó de aplicación (Figura 122).



Figura 122. Utilización de un pistolete para la extracción de piedra de yeso. Se puede apreciar el efecto de la vibración de la máquina generando piedras de tamaño muy pequeño para su colocación en el horno. Fotografía del autor.

Por otro lado, se atacó un frente de cantera frontal (es decir, extrayendo material de la pared, profundizando en horizontal). En esta ocasión, la capa de material retirada hasta alcanzar el yeso de buena calidad solamente tenía una profundidad de 30 cm. Esta diferencia se debe al tiempo de exposición a la intemperie: en el caso del frente superior, el yeso ha estado expuesto a la intemperie durante miles de años; en cambio, en el caso de la zona frontal, la piedra de yeso del frente de cantera solo ha estado expuesta a la intemperie desde el cese de la actividad a mediados del siglo XX, limitando el periodo de exposición a menos de 70 años.

En este caso, tras haber comprobado la buena estabilidad de la cantera, se utilizó una máquina retroexcavadora equipada con un pico perforador para acelerar el proceso de extracción de la piedra. Esta máquina permitió extraer una gran cantidad de material (Figura 123).

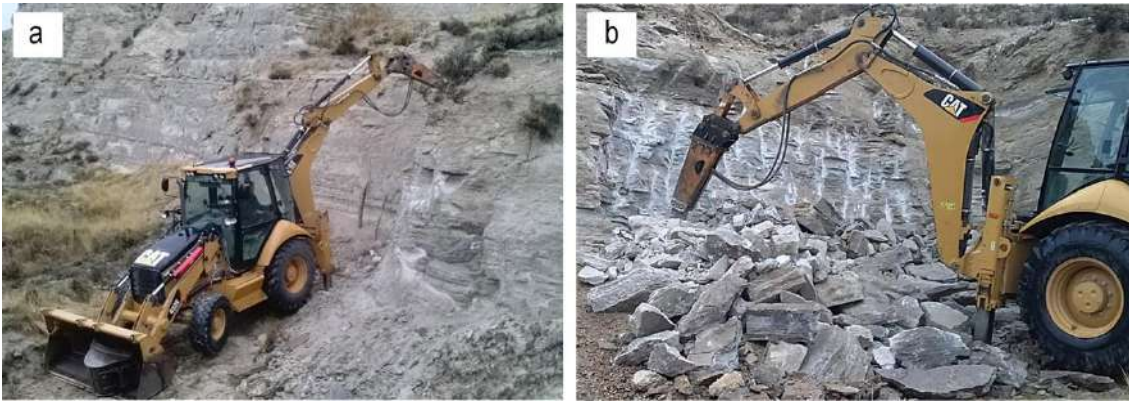


Figura 123. Retroexcavadora equipada con un pico perforador para extraer piedras de yeso del frente de cantera: a) retirada de una capa de 30 cm de yeso arenizado; b) extracción de grandes piedras de yeso. Fotografías del autor.

En total, en la cantera de yeso de Navarrete se pudieron identificar hasta 4 formas de yeso presentes en la Naturaleza (yeso espejuelo, yeso arenizado, yeso en roca quebradiza “soleado” y yeso en roca dura y compacta a 1,5 m de profundidad), pero solamente se empleó para su cocción el tipo concreto de piedra que ofrecía una mayor densidad, compacidad y solidez (propiedades esenciales e indispensables para asegurar que las bóvedas y los dinteles de los hornos fueran capaces de soportar las toneladas de peso de todo el material colocado sobre ellos y la acción y viveza de las llamas sin desmoronarse para no arruinar todo el trabajo), además de ser con mucha diferencia la más representativa a nivel de volumen en la cantera histórica. Consistía en un yeso con buena compacidad y sin excesiva presencia a simple vista de minerales accesorios, lo cual se pudo confirmar con los análisis por difracción de rayos X (apartado 7.3.1).

Mediante unos picos, se procedió a partir las piedras de yeso de buena calidad aprovechando los planos de rotura que se generan debido a la estructura laminar de las canteras de yeso (apartado 5.2.3.1), para adecuarlas al tamaño y forma necesaria, en función de su ubicación en el horno (Figura 124).



Figura 124. a) y b) Obtención de las piedras de yeso para cocer extraídas de la cantera, utilizando un pico para golpear las piedras por los planos de rotura. Fotografías del autor.

Los hornos utilizados para las cocciones fueron los propios de la localidad (rectangular o tipo B). Los horneros realizaron el montaje de los hornos en un día, siguiendo las técnicas tradicionales más utilizadas en Aragón según las fuentes bibliográficas. El horno de Albarracín se construyó con hileras sucesivas de piedras de yeso más pequeñas para crear la bóveda, utilizando leña de árbol como material de combustión; el horno de Navarrete se construyó con grandes losas de yeso situadas en posición transversal, empleadas como dinteles, utilizando leña de aliaga como material de combustión (ya que Navarrete se sitúa en una zona de secano).

En el horno de Albarracín, la técnica utilizada para generarlas dos bóvedas de la cámara de combustión consistió en la formalización de bóvedas a través de la técnica de aproximación de hiladas; mediante este sistema, las piedras se colocaban de manera que cada hilada volaba unos centímetros sobre la inferior de modo que las hiladas se van acercando hasta cerrar la bóveda (Figura 125a y b). Fue un trabajo veloz y constante ya que prácticamente todas las piedras eran aprovechadas rápidamente para ser colocadas en el horno por el trabajador encargado de la cocción y de la construcción del horno, aunque en este caso, la habilidad del

hornero experimentado (que todavía hoy continúa realizando este tipo de cocciones) ayudó a agilizar el proceso. Una vez que se completó la bóveda, se colocaron dos capas o hiladas de piedra cuidadosamente, para que asegurasen una suficiente resistencia para resistir el peso del material restante. Posteriormente, se levantó un murete en la parte delantera para dar forma exterior al horno y contener todo el material (Figura 125c). Por último, el horno se rellenó con las piedras de yeso cargándolo desde la parte superior, aprovechando el desnivel existente entre la parte frontal y trasera del horno (Figura 125d).

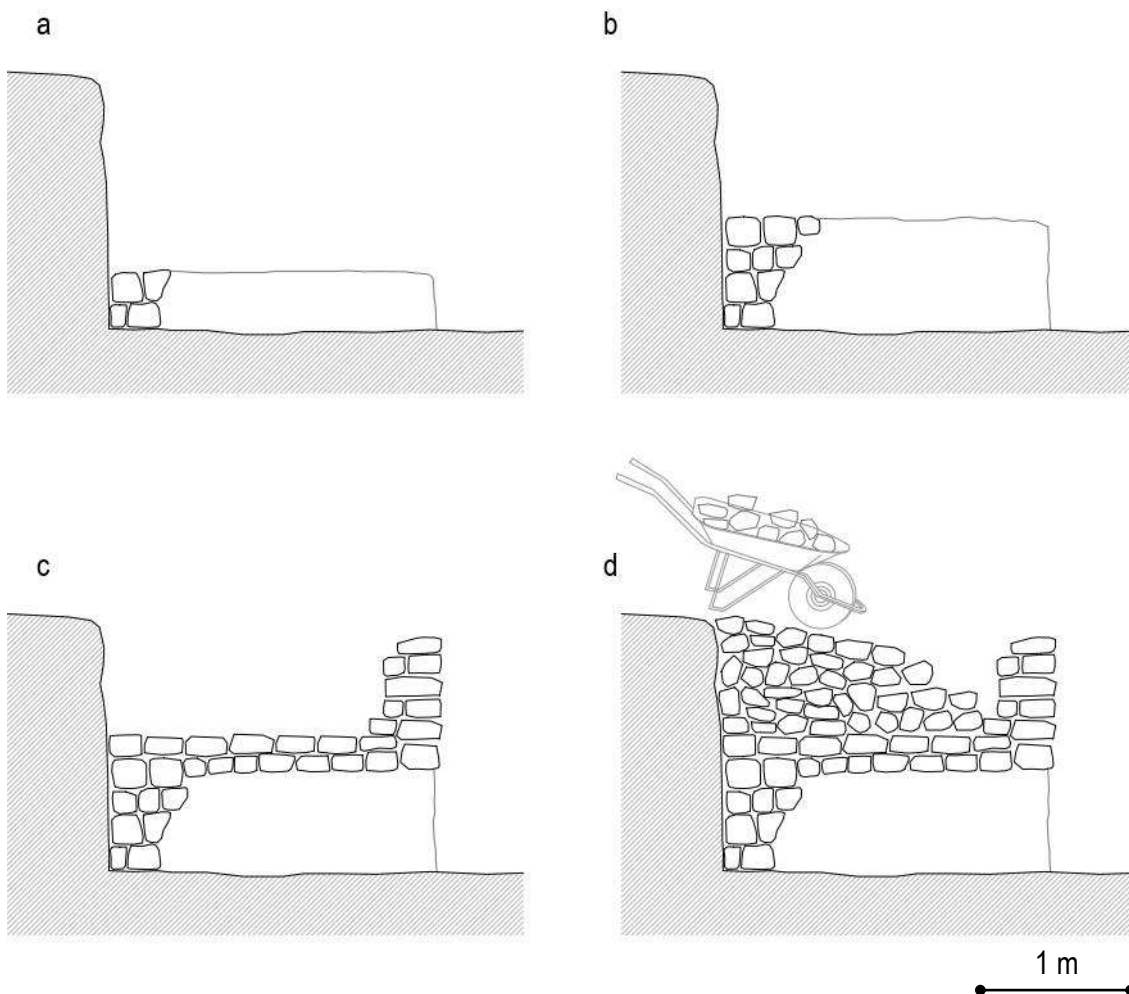


Figura 125. Proceso de construcción del horno de Albarracín con hiladas para realizar la bóveda: a) y b) técnica de aproximación de hiladas hasta completar la bóveda; c) colocación de dos capas de piedra estables y levantamiento de murete en la parte frontal; d) carga del horno desde la parte superior. Elaboración propia.

En el horno de Navarrete fue necesario realizar 3 apoyos (dos en los laterales y uno en el centro) para poder apoyar los dinteles en posición transversal. El uso de grandes losas de yeso (de unos 30-40 cm de canto y 10-15 cm de espesor), que descansaban sobre estos 3 apoyos, requería la introducción de fragmentos de yeso más pequeños para separar los dinteles entre sí y permitir la ventilación del humo (Figura 126a). Esta primera fase fue un proceso lento y prolongado, pues

se requería que las piedras a colocar, tanto en los apoyos, como en los dinteles, tuvieran un tamaño adecuado y verticalidad suficiente para construir una base estable, por lo que muchas de las piedras procedentes de la cantera eran descartadas para esta primera fase. El resto de construcción del horno se prosiguió con el mismo procedimiento que en el horno de Albarracín, colocando dos capas estables de piedra (Figura 126b), levantando un murete en la parte frontal (Figura 126c) y cargando el horno desde la parte superior (Figura 126d).

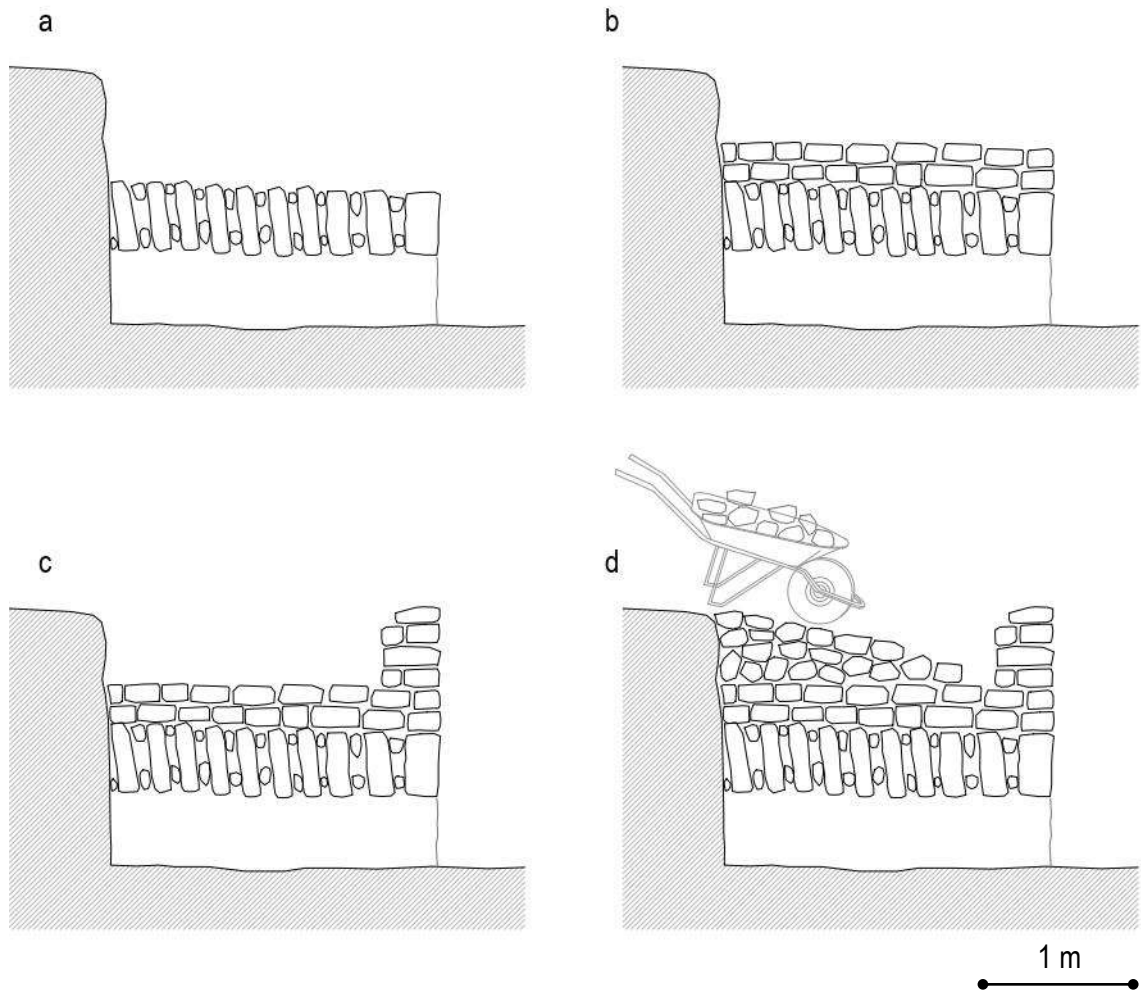


Figura 126. Proceso de construcción del horno de Navarrete con grandes dinteles. a) ejecución de apoyos y dinteles transversales, introduciendo fragmentos más pequeños de yeso para separar las piezas entre sí y permitir la ventilación del humo; b) colocación de dos capas de piedra estables; c) levantamiento de murete en la parte frontal; d) carga del horno desde la parte superior. Elaboración propia.

Los hornos se cargaron con 10 toneladas de piedra de yeso cada uno, teniendo por tanto un total de 20 toneladas de material para la cocción.

Los horneros iniciaron el proceso de cocción del yeso a su modo, el día siguiente. Se apreciaron diferencias en la forma en que los horneros suministraban y colocaban el material de combustión durante el proceso de cocción.

En el horno alimentado con arbustos (aliagas), los horneros de Navarrete las situaron al fondo de la cámara de combustión, empujándolas mediante una horca, lo cual era posible gracias a la mayor ductilidad de las mismas (Figura 127a).

En cambio, en el horno alimentado con leña de árbol, por el hornero de Albarracín, esta se ubicó en la parte exterior de la cámara de combustión (más próxima al plano de “fachada” del horno), debido a la mayor rigidez y peso de los troncos empleados para la cocción (Figura 127b).

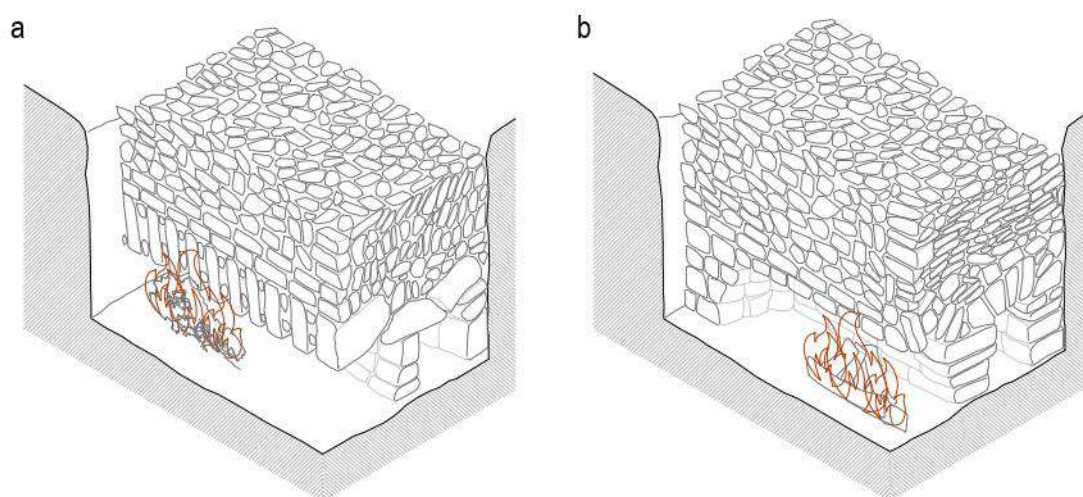


Figura 127. Esquema en sección de los dos tipos de material de combustión utilizados y su ubicación en los hornos: a) horno supervisado por el hornero de Navarrete, utilizando leña de arbusto como material de combustión situada en el fondo del horno; b) horno supervisado por el horno de Albarracín, utilizando leña de árbol como material de combustión ubicada en la parte exterior de la bóveda. Elaboración propia.

Durante las primeras 3-4 horas, se pudo apreciar el característico humo blanquecino y muy denso, que revela la rápida y abundante liberación de vapor de agua. Este humo pasó a ser incoloro a partir de las 6 horas de cocción, revelando que la mayoría de agua presente en las piedras de yeso ya había sido evaporada, permitiendo que el calor aportado por el combustible empezase a propagarse de manera más efectiva produciendo un aumento de la temperatura en el interior de las piedras.

Las mediciones del sensor Datalogger de datos revelaron diferencias en la evolución de la temperatura según el material de combustión. Durante la fase inicial, se tardaron dos horas en alcanzar temperaturas superiores a los 150°C en el horno cocido según la metodología de Albarracín (con leña de árbol como material de combustión) (Figura 128; Tabla 13), mientras que, en el caso del horno cocido según la metodología de Navarrete (utilizando leña de arbusto (aliagas)), se tardó la mitad de tiempo en alcanzar temperaturas similares (Figura 129; Tabla 14). Sin embargo, después de la fase inicial se alcanzaron temperaturas más altas utilizando leña

(temperatura máxima = 1.100°C) en comparación con los arbustos (temperatura máxima = 750°C), como bien se demuestra en las curvas de temperatura obtenidas. Sanz Arauz en su tesis (2009) alcanzó temperaturas similares durante la calcinación tradicional de yeso en Albarracín (Teruel), pero afirmó que la temperatura dentro del horno variaba entre 200-1.000°C (Lenz, 2006).

Debe tenerse en cuenta que la medición de temperatura en una zona del horno es una cuestión muy concreta y la distribución de temperaturas en un horno tradicional dista mucho de la homogeneidad obtenida en los hornos modernos industriales, puesto que un horno tradicional no produce una temperatura homogénea en todo su interior y esta puede variar notablemente en función de la zona del horno (González Sánchez et al., 2020). Aspecto demostrado también por diversos estudios que analizan el “efecto chimenea” en otros tipos de hornos tradicionales como los hornos de cal (Margalha et al., 2008), los hornos de ladrillos y tejas cerámicas (Astudillo León et al., 2022), y los hornos de alfarería (Sempere, 1999; Nicholson, 2010).

La transmisión del calor registrado con un sensor en el “interior” del horno puede diferir enormemente con respecto a la temperatura presente en la corteza o superficie de cada piedra y de estas, a su vez puede haber una gran variación hasta el interior de las mismas, dependiendo de la posición de la piedra en el horno y el espesor de las mismas.

Uno de los factores clave en la distribución de temperaturas de un horno es la posición de las llamas con respecto al material y el tiro de aire generado para la introducción de aire limpio para la combustión, ya que el recorrido de las llamas y el calor será diferente: el combustible se hace arder gracias al efecto chimenea (apartado 5.2.2.3).

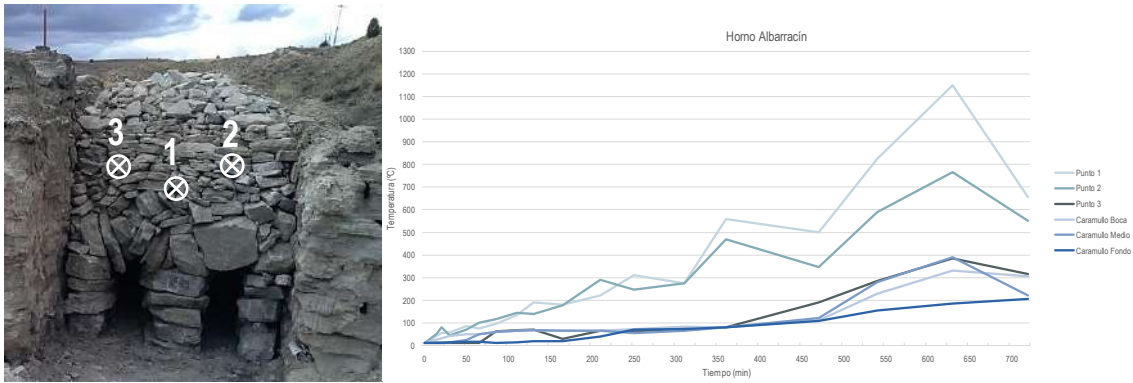


Figura 128. Curva de <temperaturas en el horno de Albarracín en los distintos puntos señalados. Elaboración propia.

Tabla 13. Temperaturas medidas en los distintos puntos del horno de Albarracín, con leña de árbol como material de combustión.

Hora	Horno de Albarracín. Temperatura registrada (°C)					
	1	2	3	Caramullo boca	Caramullo medio	Caramullo fondo
8:00 (Inicio)	10	10	10	10	10	10
8:15	-	51	-	-	-	-
8:22	54	80	10	32	15	10
8:29	58	44	11	42	14	13
8:50	85	70	12	50	25	16
9:05	75	100	12	50	50	16
9:25	95	115	62	60	60	12
9:50	135	145	68	65	65	13
10:10	190	140	70	67,5	67,5	20
10:45	180	178	30	-	65	20
11:30	220	290	65	65	65	40
12:10	310	246	62	-	55	70
13:10	276	276	75	85	65	72
14:00	560	470	80	80	80	80
15:50	500	346	190	110	120	109
17:00	825	590	285	230	280	155
18:30	1150	765	385	330	390	185
20:00 (Final)	655	550	315	305	220	205

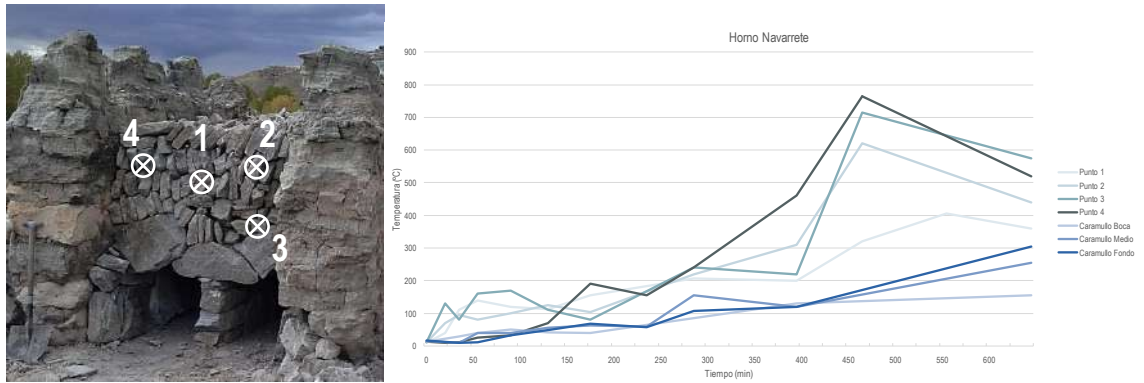


Figura 129. Curva de temperaturas en el horno de Navarrete en los distintos puntos señalados. Elaboración propia.

Tabla 14. Temperaturas medidas en los distintos puntos del horno de Navarrete, con leña de arbusto como material de combustión.

Hora	Horno de Navarrete. Temperatura registrada (°C)						
	1	2	3	4	Caramullo boca	Caramullo medio	Caramullo fondo
9:15 (Inicio)	10	10	10	10	10	10	10
9:35	40	70	130	10	-	-	-
9:50	110	95	80	11	30	10	10
10:10	140	80	160	25	40	40	11
10:45	120	100	170	32	50	40	33
11:25	113	125	110	70	42	55	49
12:10	155	103	80	190	40	63	68
13:10	-	-	-	155	-	60	57
14:00	206	220	240	240	-	155	107
15:50	200	310	220	460	130	120	120
17:00	320	620	715	765	-	-	-
18:30	405	-	-	-	-	-	-
20:00 (Final)	360	440	575	520	155	255	305

Las curvas de temperatura obtenida y la distribución de las mismas en los distintos puntos registrados del interior de los hornos revelaron que posiblemente estuvieron influidas por una suma de factores: la tipología del horno, el material de combustión utilizado, el efecto chimenea y la ubicación al azar de los sensores.

En la construcción del horno de Albarracín se pudo documentar la colocación de las piedras de yeso formando una bóveda por aproximación de hiladas, reduciendo la inversión de tiempo de preparación de piedras para formalizar las cámaras de combustión. El material de combustión fue madera de árbol, y se obtuvieron temperaturas más elevadas. De manera especialmente clara en el punto 1 (que era el situado más próximo al fuego). Parece probable que el calor de las llamas en este tipo de bóveda estuviera más contenido y transmitiera una temperatura más alta a las piedras más próximas a la cámara de combustión, aunque mediante un tiro ascendente, minimizando el efecto chimenea (Brown Birabén et al., 2014).

Otros estudios (González Sánchez et al., 2020) han monitorizado la evolución de la temperatura en un horno de yeso con características similares (con dos bocas conformadas por bóvedas y con madera de pino) y realizado por el mismo artesano (Antonio Meda), obteniendo una distribución de temperaturas similar.

En cambio, en el horno de Navarrete, no solamente se alcanzaron temperaturas inferiores, sino que además las mediciones de temperatura más elevadas se registraron en los puntos 3 y 4, que se encontraban bastante distanciados entre sí (incluso el punto 4 era el ubicado en la parte más alta del horno). Como se usaron aliagas como material de combustión, y el horno se realizó con piedras de yeso como dinteles, la distribución de las llamas pareció ser más dispersa, provocado por el efecto chimenea y un tiro ascendente (Brown Birabén et al., 2014) que influyó de manera más significativa en la zona superior del horno (caramullo).

Tras dejar el yeso enfriar en los hornos durante una semana, éste se pudo desmontar y retirar el material.

Tras el proceso de enfriamiento se pudo constatar que la verificación organoléptica del material cocido durante el proceso de desmontado manual de dichos hornos (Figura 130a) que era otro de los métodos que permitía a los antiguos horneros validar la adecuada calidad y grado de cocción del yeso: una tonalidad más blanquecina y/o rosácea de las piedras significaba un grado de cocción mayor de las piedras (Figura 130a derecha), mientras que los tonos grisáceos y oscuros que indicaban un menor grado de cocción (Figura 130a izquierda).

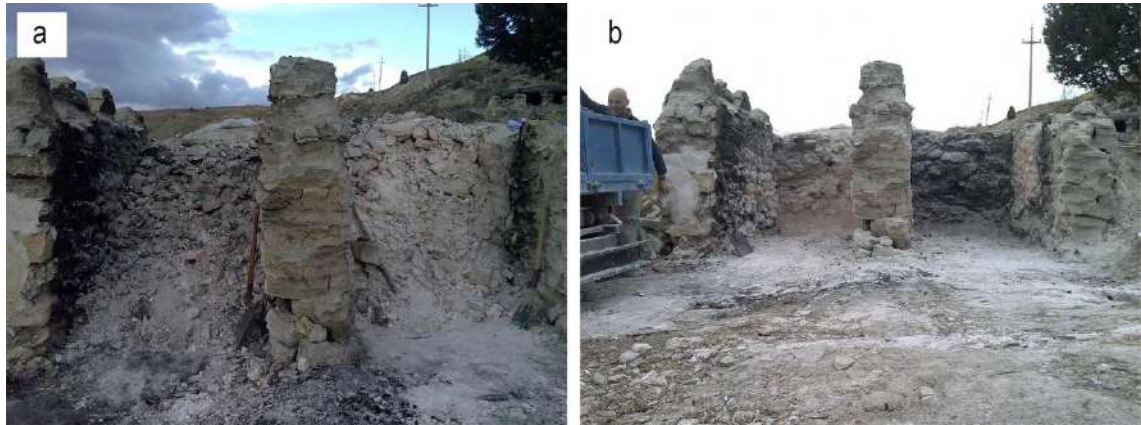


Figura 130. a) Retirado de las piedras cocidas de los hornos tras el tiempo de enfriado para su transporte al lugar de almacenamiento, donde se observa la diferencia de color entre ambos hornos; b) hornos completamente desmontados. Fotografías del autor.

En general, estas tonalidades fueron homogéneas en todas las zonas del horno. Sin embargo, de manera puntual se pudo extraer del horno de Navarrete, algunas zonas con piedras con un tono notablemente más oscuro, que probablemente debió ser generado por una mayor incidencia directa de las llamas ocasionadas por las aliagas como material de combustión. Además, se observó una discrepancia en la zona trasera de ambos hornos, donde se extrajeron piedras con el patrón contrario, es decir, de colores rosados en el horno de Navarrete (Figura 131a) y de tonalidad gris en el horno de Albarracín (Figura 131b). No obstante, estas desigualdades entre la homogeneidad del material no supusieron más de un 10% del total, y, debido a la utilización de muestras completas de piedras, no se consideraron lo suficientemente representativas en el conjunto del material cocido.

Teniendo en cuenta que el material procedente de la cantera se colocó en los hornos de forma homogénea y equitativa, esta diversidad cromática obtenida tras la cocción es un indicio del efecto que tuvieron las distintas temperaturas alcanzadas por las piedras.

Los materiales de combustión utilizados en ambos hornos podrían parecer los causantes de estas diferencias organolépticas en el producto resultante de las cocciones. No obstante, los datos aportados por la bibliografía especializada revelan que ambos materiales poseen un poder calorífico prácticamente similar, con un valor de 4.500-4.700 Kcal/kg para la leña de árbol (pino, encina, roble y olivo) (La Vaca Tuerta, s.f.) y un valor de 4.700-4.800 Kcal/kg para la aliaga (Jorge Corbín, 2013). Por lo tanto, el factor determinante en las diferencias observadas en la cocción pareció ser la ubicación del propio material de combustión dentro de los hornos, generando un tiro diferente en cada uno de ellos por el efecto chimenea. Aunque no se debe descartar una posible influencia debida a la cinética de difusión de la temperatura entre los

materiales de combustión, que causó una temperatura más elevada en el inicio de la cocción en el caso de la leña de arbusto debido al menor diámetro de las ramas permitiendo una mayor difusión y propagación del fuego dentro del combustible respecto a la leña de árbol. Este factor pudo sumarse a la mayor disposición de espacios (huecos vacíos entre las piedras de yeso), que pueden reconducir el efecto de las llamas y el mayor acceso de oxígeno a la cámara de combustión.

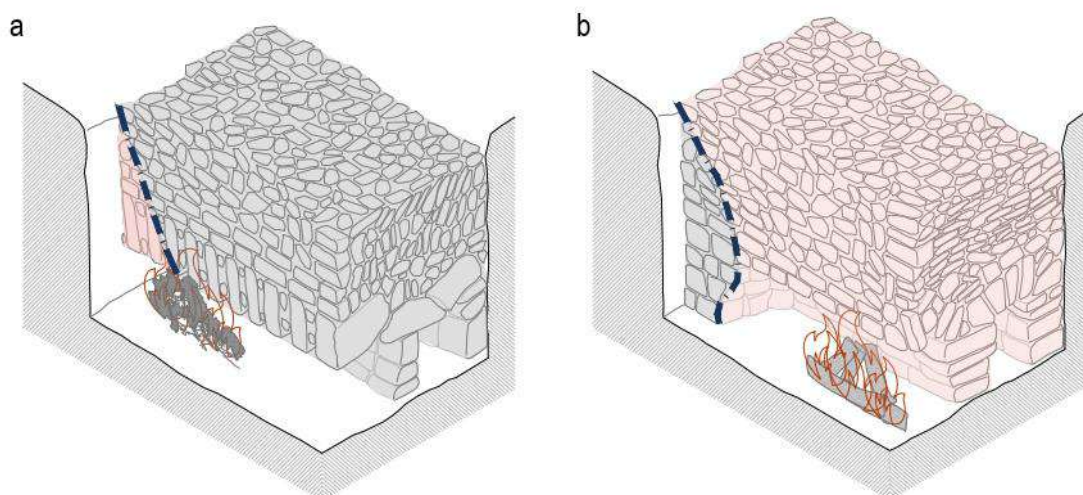


Figura 131. Esquema de la diferencia cromática de las piedras según su ubicación en el horno: a) horno supervisado por el hornero de Navarrete, utilizando leña de arbusto (aliaga) como material de combustión; b) horno supervisado por el horno de Albarracín, utilizando leña de árbol como material de combustión. Elaboración propia.

Durante el desmontado de los hornos, se seleccionaron algunas piedras de la zona superior (caramullo), media e inferior (boca) de los hornos para estudiar si las propiedades diferían, y se guardaron para someterse a distintas técnicas analíticas (desarrolladas en el apartado 7).

También se seleccionaron algunas piedras para realizar una primera aplicación experimental de yeso tradicional sobre los propios hornos realizada al día siguiente (apartado 6.3.2.1), extrayendo durante el proceso de enfriado material de la bóveda de la boca y de la parte superior del caramullo, que no comprometieran el enfriado y no afectaran a la estabilidad del horno.

El resto del material cocido se guardó sin triturar, ni cribar, tal y como se hacía tradicionalmente en un almacén situado en el municipio de Burbáguena (Teruel), con aproximadamente un 50% de material procedente del horno de Albarracín y un 50% de material del horno de Navarrete, para obtener una mezcla homogénea de yeso tradicional procedente de los dos hornos. Posteriormente, este material se trituraba y cribaba progresivamente a medida que era requerido para ser usado en las diferentes aplicaciones experimentales en obra (apartado 6.3.2).

El estudio de los rendimientos de trabajo durante el proceso de cocción de yeso tradicional a partir de esta aplicación experimental permitió obtener unos valores parciales de la mano de obra especializada que sientan la base para desarrollar los cálculos de viabilidad económica.

En este caso, para la cocción de los dos hornos de yeso se utilizaron 3.750 kg de biocombustible (arbusto/leña) por cada uno de los hornos (7.500 kg en total), manteniendo una relación aproximada de leña/piedra de yeso de 1:3 durante las 12 horas de cocción. Se obtuvieron unas 13 toneladas de yeso cocido entre los dos hornos, es decir, se produjo una reducción de peso de un 35% debido a la deshidratación durante la cocción, valor que coincide con la bibliografía específica localizada (Monesma, 1990; Monesma, 1997).

Los rendimientos de trabajo mínimos observados durante esta cocción experimental nos permiten determinar un mínimo de 2 personas durante 8 horas para realizar labores de mantenimiento, preparativos previos y gestiones, 4 personas durante 8 horas de trabajo para la formación de cada horno, extracción de la piedra de yeso y/o preparación del material de combustión, un mínimo de 3 personas durante 12 horas de cocción alimentando y controlando el fuego, y un mínimo de 2 personas para el desmontado del horno durante 8 horas, dejando al margen el proceso de triturado y ensacado por el amplio espectro de posibilidades existentes.

Por lo tanto, para la obtención de 13 t de yeso cocido de manera artesanal se emplearon un total de 100 horas de trabajo, con un rendimiento de ~0,008 h/kg. El rendimiento de la materia prima se ha determinado en 1,538 kg/kg de piedra de yeso sin cocer, y 0,577 kg/kg de leña.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	kg	YESO COCIDO SEGÚN MÉTODOS TRADICIONALES			
		Obtención de piedra de yeso cocida según métodos tradicionales, realizando el montaje del horno, extracción del material y suministro continuo de material de combustión.			
0,008	h	Oficial primera	22,00	0,18	
1,538	kg	Piedra de yeso	0,09	0,14	
0,577	kg	Leña de olivo	0,15	0,09	
					0,41

Adicionalmente se han incluido los incrementos de molienda, cribado y ensacado para poder realizar una comparativa adecuada con otras referencias de precio unitario del yeso:

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	kg	YESO COCIDO SEGÚN MÉTODOS TRADICIONALES + TRITURADO, CRIBADO Y ENSACADO			
		Obtención de piedra de yeso cocida según métodos tradicionales, realizando el montaje del horno, extracción del material y suministro continuo de material de combustión.			
		Suplemento de partida con mano de obra para el triturado, cribado del yeso con tamiz de 0,8 cm según métodos tradicionales y ensacado.			
0,005	h	Peón ordinario	19,71	0,10	
1,000	kg	Yeso tradicional	0,41	0,41	
					0,51

Se han localizado otras referencias del precio unitario de yeso: según la base de datos Centro 2023, el yeso blanco en sacos tiene un precio unitario de 0,07 €/kg PEM; el yeso comercial de Díez Ibáñez S.L. en el momento de redacción de este trabajo tiene un precio PVP de 2,55 € para un saco de 20 kg (Obramat, 2023a) con un precio unitario de 0,09 €/kg PEM; el yeso tradicional elaborado por el artesano Antonio Meda en Albarracín tiene un precio PVP que se establece en 9 € para un saco de 20 kg²⁷, con un precio unitario de 0,31 €/kg PEM.

En esta aplicación experimental, la obtención de yeso tradicional ha resultado un ~60% más costosa económicamente que otros yesos tradicionales (probablemente debido a los mejores rendimientos que el artesano Antonio Meda puede conseguir en sus instalaciones) y hasta 5 veces más costosa que un yeso comercial.

No obstante, la cercanía de las canteras de yeso tradicional al lugar de aplicación (el propio municipio), frente al largo trayecto que implica adquirir un yeso comercial procedente de otra cantera, tiene directamente una consecuencia positiva en la no emisión de CO₂ en términos ecológicos, y una importante reducción de los costes de transporte en términos económicos, y supone un argumento a favor para la elección de yeso tradicional.

²⁷ Comunicación personal, A. Meda (Zaragoza, 2023).

6.3.2. Aplicación experimental en obra de yeso tradicional

Para la elección de las técnicas constructivas a desarrollar, reproducir e investigar pormenorizadamente en las aplicaciones experimentales de este trabajo se ha recogido un espectro amplio y variado para aportar datos actualmente inexistentes y estudiar un amplio espectro de oportunidades, para fomentar la reintroducción de la utilización del yeso tradicional desde la mayor diversidad posible: paramentos verticales (fachadas), paramentos horizontales (pavimentos), morteros para juntas en muro de adobes o de ladrillo, aplicaciones estructurales en bóvedas (yeso y paja) y escaleras tabicadas, y muro de tapia de yeso con brencas, dando así una visión constructiva a algunas de las diferentes y versátiles aplicaciones históricas que se han descrito previamente en el apartado 4.2.3.

6.3.2.1. Aplicación experimental en revestimientos exteriores y pavimentos: I Jornadas de yeso en Calamocha (Teruel, 2016)

En el año 2016, al día siguiente de finalizar las dos cocciones experimentales realizadas en la localidad de Navarrete, incentivados por la voluntad de evaluar si el resultado de las cocciones tradicionales era el verdaderamente esperado, se procedió a la aplicación a modo de muestra con el yeso procedente de estas cocciones en una superficie vertical de los propios hornos (fachada). Las aplicaciones fueron llevadas a cabo por los antiguos oficiales de albañilería Pepe Rodrigo, Raúl Gimeno y los hermanos Lechón y Esteban López y por el fabricante y aplicador de yeso tradicional Antonio Meda.

Para no desmontar la totalidad del horno, ni afectar al proceso de enfriamiento tradicional (proceso que duró una semana), se tomaron piedras cocidas de la bóveda de combustión, junto a la boca, y otras de la parte superior del caramullo. De este modo no se comprometía el proceso de enfriado del horno y tampoco se afectaba a la estabilidad del conjunto. El proceso de molido y selección se realizó también siguiendo el proceso tradicional, mediante la acción de una maza (Figura 132a) y cribando manualmente con un tamiz de 0,8 cm (Figura 132b y c).

La pasta de yeso se obtuvo mezclando con agua en una relación en volumen agua/yeso de 0,6 (Figura 132d) y posteriormente se aplicó sobre el paramento vertical (Figura 132e y f), que era el muro del propio horno. La plasticidad de la pasta obtenida con la citada relación de agua/yeso de 0,6 (correspondiente a 0,53 en peso) fue la correcta para otorgar a los aplicadores un tiempo de trabajo adecuado para una aplicación normal, y un poco excesiva tratándose de unas pequeñas muestras realizadas sin dificultad técnica. Con ambas muestras se pudo observar un endurecimiento relativamente rápido que permitía el alisado y trabajado de la superficie.



Figura 132. Aplicación de un revoco de yeso en paramentos horizontales (fachada) procedente de las cocciones experimentales, realizada al día siguiente de finalizar la cocción: a) molienda de las piedras de yeso usando una maza; b) y c) cribado utilizando un tamiz; d) amasado del yeso con agua con una proporción orientativa agua/yeso de 0,6; e) aplicación en el paramento del material obtenido en el horno de Navarrete; f) aplicación en el paramento del material obtenido en el horno de Albarracín. Fotografías del autor.

Tras comprobar que el resultado de esta primera aplicación fue el esperado, la empresa especializada en pavimentos de yeso tradicional Millan Plasol S.L. inició la realización de una aplicación experimental a través de su gerente y aplicador experimentado Andrés Millán, quien, tras amasar en un cubo de obra el yeso tradicional cocido con una dosificación en volumen agua/yeso del 0,5 (correspondiente a 0,44 en peso) (Figura 133a), realizó sobre una superficie horizontal una muestra de pavimento de yeso con distintos acabados (Figura 133b y c): acabado liso y acabado rascado, aplicando una capa de aceite de oliva diluido en agua como tratamiento final mientras con la llana realizaba sucesivas pasadas aplicando presión, obteniendo

progresivamente una superficie más fina y brillante debido al cerrado de los poros (ATEDY, 2023) denominada “apretado” y un aspecto similar a un bruñido (Figura 133d).

Según el experimentado aplicador²⁸, lo habitual para proteger los pavimentos de yeso tradicional era utilizar aceite de oliva, un producto natural que sufre un proceso de degradación progresivo con el uso continuado. Gracias a su amplia y dilatada experiencia, nos ofreció una recomendación para la limpieza y fregado del suelo, consistente en añadir una proporción similar a una cucharada de aceite de oliva en el agua, favoreciendo el mantenimiento y la reposición de esta capa de aceite conforme se procede a la limpieza del pavimento.



Figura 133. Aplicación en obra de yeso tradicional en superficies horizontales (pavimentos): a) realización de la mezcla agua/yeso; b) y c) aplicación del yeso sobre la superficie; d) resultado de pavimento liso (derecha) y rascado (izquierda).

Para investigar las posibilidades constructivas del yeso y, en concreto, las decoraciones e inscripciones por medio de esgrafiados documentadas en muchos de los edificios investigados (entre los que se encuentra por ejemplo la Sala Principal del Castillo de Ricla), Mercedes Ortí Ballester, restauradora de larga trayectoria, procedió a realizar una muestra de esgrafiado (Figura 134a) manteniendo la misma dosificación para el amasado agua/yeso del 0,5 en volumen (correspondiente a 0,44 en peso).

²⁸ Comunicación personal, A. Millán (Calamocha, Teruel, 2016).

Esta técnica ornamental, utilizada para la decoración en los revestimientos de muros, es un tipo de grabado realizado sobre una superficie “estofada” consistente en la aplicación de dos capas superpuestas de yeso que permiten revelar formas o dibujos al retirar o rallar la capa exterior mediante herramientas puntiagudas, entre las que se encuentra el grafo, que seguramente es una de las más empleadas en estas tareas. Generalmente se procede al marcado del trazado con unas plantillas con motivos geométricos seriados. Su origen procede de los trabajos en el estuco, como bien demuestra el término de origen italiano (“sgraffiare”) (Lajo y Surroca, 1990). La técnica de esgrafiado se ha documentado a lo largo de numerosas culturas (como los romanos o la cultura islámica) y no solamente en arquitectura, sino también en aplicaciones en objetos de cerámica o manuscritos (Panofsky, 2016).

Históricamente, se ha documentado de manera más exhaustiva la técnica del esgrafiado en los morteros de cal (González Yunta, 2007), pero su metodología y aplicación no varía, aunque el material utilizado sea el yeso. Únicamente existe una diferenciación con respecto al tiempo de fraguado, ya que un mortero de cal tiene unos tiempos de fraguados que pueden variar entre las 6 y las 24 horas (Sáenz Bello, 2019) para poder aplicar la segunda capa, mientras que el yeso endurece en unos pocos minutos y reduce notablemente el tiempo de aplicación.

En el caso de esta aplicación experimental, se colocó la primera capa y se esperó unos minutos para que fraguara antes de colocar una segunda capa (exterior) con un espesor mínimo sobre la primera. Ambas capas pueden ser del mismo color de yeso, aunque en el caso concreto de la inscripción del Castillo de Ricla la primera capa aparecía pigmentada en masa. Una vez que la capa exterior estuvo endurecida, se procedió a recortar un motivo decorativo, eliminando partes de esta capa exterior revelando la capa inferior, y generando un relieve con posibles contenidos cromáticos. En este caso se ejecutó esta técnica de manera ordinaria, y realizando su negativo (Figura 134b).

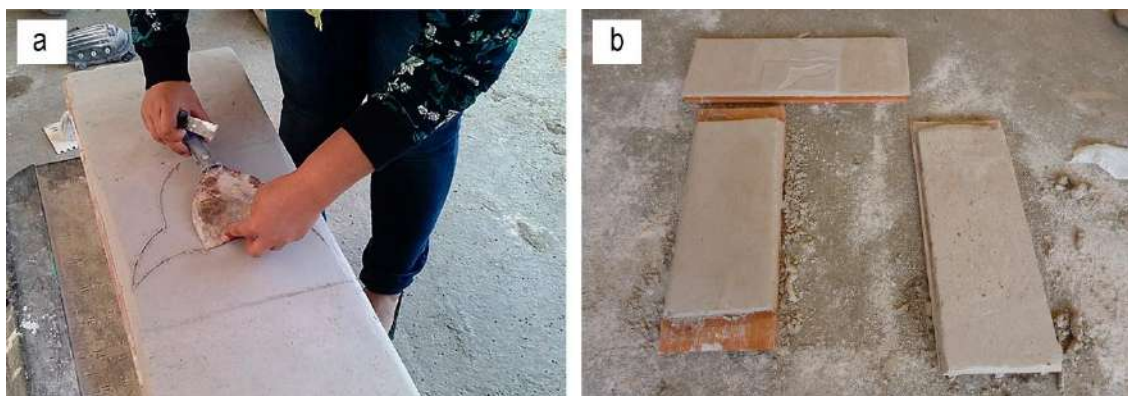


Figura 134. a) técnica de esgrafiado en una de las muestras realizadas; b) resultado final del yeso ya endurecido, mostrando el pavimento liso (izquierda), pavimento rascado (derecha) y esgrafiado con su negativo (arriba). Fotografías del autor.

Estas aplicaciones indicadas supusieron la verificación de la calidad y la validez del material obtenido en la cocción experimental a través de su utilización por las manos de siete aplicadores duchos en el yeso tradicional y, con ello, poder dar continuidad a las técnicas analíticas y las aplicaciones experimentales posteriores con la garantía de que el producto analizado era, según las manos especializadas, un yeso tradicional apto.

Obtener un yeso tradicional “de calidad”, tal y como lo calificaron los aplicadores, fue también un medio de verificar que las monitorizaciones realizadas, los testimonios y la bibliografía documentada en las etapas previas de la investigación eran correctas, y obteniéndose un material con propiedades acordes a las que los aplicadores esperaban.

6.3.2.2. *Aplicación experimental en obra en revestimientos exteriores (fachadas): obras de restauración de la fachada de un peirón en Morenilla (Guadalajara, 2018)*

Una de las aplicaciones del yeso tradicional fue la restauración del peirón de Santa Bárbara del municipio de Morenilla (Guadalajara), una localidad muy asociada al uso del yeso tradicional, en la que residía un antiguo aplicador, muy vinculado a Aragón, Maximino, que sirvió de enlace con la Asociación Cultural “Centro de Amistad Los Zorros” de Morenilla durante la aplicación experimental, que se realizó durante el año 2018.

Un pairón (llamado «peirón» en Aragón; ambos son términos que no existen como definición en el Diccionario de la RAE) es una pequeña construcción arquitectónica devota, con forma monolítica que se ubicaba junto a las entradas o salidas de los pequeños pueblos y junto a los caminos, con una cruz o imagen del santo o virgen del pueblo, situado en lugares en los que ha ocurrido algún hecho del que se quiere dejar recuerdo o para que los viajeros pidieran o agradecieran al santo del municipio un buen transcurso de viaje, evitando problemas con asaltantes, ladrones o bandoleros. Los peirones están presentes por todo Aragón, especialmente en el centro y sur de la comunidad, así como en el este de la provincia de Guadalajara (Castila-La Mancha) (Mena y Orera, 2016).

Consiste en una columna de unos tres metros de altura, de sección normalmente cuadrada realizada con sillería, mampostería o ladrillo, y que normalmente estaban revocadas con cal o yeso. El cuerpo principal estaba rematado en su parte superior por un cuerpo (cabecero o edículo) abierto por una o varias capillas u hornacinas donde se guarda, en el mejor de los casos, el santo a cuya advocación se ha erigido o se encomienda el lugar y el camino. Habitualmente suele tener uno o varios azulejos policromados con algún motivo religioso. El cimacio de coronación o cubierta forma parte del edículo y suele ser un tejadillo o chapitel, a dos o cuatro vertientes si el peirón es prismático, o cónico si éste es cilíndrico; pueden ser planos o con teja, en cuya cumbre a veces se coloca como remate una cruz de hierro. (Margalé Herrero, 2002; Pérez Belanche, 2007).

El peirón de Santa Bárbara de Morenilla, de 2,5 metros de altura y realizado con mampostería de piedra y yeso tradicional, se encontraba en un estado de conservación pésimo, ya que carecía del revestimiento de yeso de sus paramentos, y el que quedaba se encontraba con grave riesgo de desprendimiento (Figura 135a).

Tras una limpieza y acondicionamiento previos, se actuó para realizar un nuevo revestimiento completo a base de yeso tradicional y, de esta manera, devolverle al peirón el aspecto que tuvo en el pasado, así como asegurar su estabilidad, poniendo el valor el carácter original del bien.

Para esta ocasión y dado el carácter no lucrativo de la intervención, se suministró material procedente de las cocciones tradicionales de Navarrete anteriormente descritas, que había sido guardado y almacenado en el municipio de Burbáguena (Teruel).

La preparación y molienda del yeso se realizó en este mismo lugar, con herramientas como las que se utilizaban antiguamente (martillos y mazas de madera para desmenuzar las piedras ya cocidas del yeso), para después, mediante una criba de tamiz 1 cm, tamizar el material resultante del machaqueo (Figura 135b y c). El resultado fue un yeso basto (dependiendode la criba usada), pero bastante manejable una vez amasado, y que tras el fraguado obtenía una gran adherencia, elasticidad y finalmente gran resistencia.



Figura 135. a) Estado previo del peirón de Santa Bárbara; b) y c) triturado y tamizado del yeso en Burbáguena (Teruel). Fotografías del autor.

Durante el proceso de intervención, se realizó una fase previa de revisión del estado estructural del elemento, para evaluar su grado de consolidación y descartar riesgos urgentes de caída de materiales hacia los trabajadores que obligasen a realizar un apuntalamiento previo a la realización de los trabajos.

Comprobado la correcta estabilidad estructural y la solidez del peirón, se procedió a la limpieza de los revestimientos y de las juntas. Por un lado, se llevó a cabo un rascado y picoteado de todas las capas superficiales de los antiguos revestimientos de yeso que sufrían riesgo de

desprendimiento inminente del soporte. Por otro lado, se realizó un rascado y limpieza mecánica, mediante un cepillo de púas de alambre, de los últimos milímetros del antiguo yeso histórico presente en las juntas, pues la ligera arenización de la última capa de un mortero o yeso tradicional, al estar expuesto a la intemperie durante mucho tiempo, podía generar una mala adherencia con los nuevos añadidos. De esta manera, se asegura que el nuevo yeso a aplicar tenga una buena adherencia tanto al mortero de las juntas históricas como a las piedras que conforman la estructura principal del peirón.

Posteriormente, se realizó una limpieza de la base del peirón y una excavación de los últimos 10-15 cm de la capa de terreno vegetal con medios manuales (azadas), pues los movimientos y deslizamientos de tierras por efecto de la inclinación de la ladera habían progresivamente sepultado la base del peirón, se trataba de conseguir una doble función: consolidar la base del peirón y evitar la ascensión capilar.

Una vez realizada la limpieza del elemento, se procedió al montaje de un andamio para la realización de los trabajos. Primeramente, mediante unos regles se confirmó que el peirón no había sufrido deformaciones sustanciales a lo largo del tiempo (ocasionados por el viento o por la degradación del propio material). Posteriormente, se utilizaron unos regles para fijar las líneas y definir unas esquinas totalmente aplomadas. Después, se procedió a la aplicación de una capa de yeso tradicional con un espesor medio de unos 4 cm sirviendo, al mismo tiempo, tanto para rellenar las juntas de las piedras como para ser el propio revestimiento exterior del peirón (Figura 136a). No se consideró necesaria la aplicación de ningún puente de unión, ya que la piedra con la que estaba construido el elemento disponía de una textura lo suficientemente rugosa como para garantizar una adecuada adherencia del yeso tradicional.

El yeso se amasó con una relación en volumen agua/yeso de 0,5 (corresponde a 0,44 en peso), midiendo siempre en volumen esta proporción para las aplicaciones en obra, precisando de pequeños ajustes de agua en la dosificación a demanda del aplicador en busca de una textura homogénea para la puesta en obra, ya que con la incidencia solar del mediodía se precisó de una relación agua/yeso ligeramente más alta, sin llegar al 0,6 (corresponde a 0,53 en peso).

Posteriormente, se desmontó todo el cimacio del peirón, el cual estaba en muy mal estado y se procedió a reconstruirlo de nuevo, de forma similar a la anterior, con el mismo revestimiento de yeso tradicional que el utilizado para el fuste. Finalmente se rejuntaron las piedras de la base para dejarla con la piedra caliza vista.

La obra de restauración respetó en todo momento las proporciones y la forma del peirón original (Figura 136b y c).



Figura 136. Distintas imágenes del proceso de restauración del peirón de Santa Bárbara: a) avance de las obras de restauración donde se aprecian los regles en las cuatro esquinas para asegurar unas líneas totalmente verticales; b) y c) estado restaurado. Fotografías del autor.

La valoración económica de esta aplicación experimental parte de un condicionante propio de la singularidad de la intervención, ya que la elevada proporción de metros lineales de esquina (que implican una mayor dificultad técnica añadida y por lo tanto un mayor tiempo de mano de obra) frente a metros cuadrados de superficie hace que no sea comparable a otras aplicaciones estandarizadas como los enlucidos presentes en la base datos de Centro 2023. No obstante, nos permite estudiar la repercusión de la utilización de otros materiales.

La superficie total de revestimiento de yeso fue aproximadamente de 6 m² y el tiempo de trabajo de mano de obra, documentando que los trabajos fueron realizados por un albañil en unas 2 jornadas de trabajo, ascendió a un total de 14 horas para realizar la restauración, estableciendo un rendimiento para un oficial de primera en 2,333 h/m² y para la materia prima en 30 kg/m² de yeso, según las mediciones realizadas durante la aplicación.

Partiendo del conocimiento de estos rendimientos, se ha podido realizar una valoración económica de la aplicación con la materia prima obtenida de los hornos tradicionales (con un precio unitario de 0,41 €/kg PEM), y se ha extrapolado a materiales más convencionales, como un revestimiento realizado con yeso comercial o con mortero de cal.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REVESTIMIENTO DE PEIRÓN CON YESO TRADICIONAL			
		Revestimiento de paramentos verticales con pasta de yeso tradicional, espesor de unos 2-3 cm, con una dosificación agua/yeso de 0,6, color a elegir por la D.F., aplicado manualmente a buena vista en varias capas, para restauración de fachada de peirón.			
2,333	h	Oficial primera	22,00	51,33	
30,000	kg	Yeso tradicional	0,51	15,30	
0,040	m ³	Agua	1,34	0,05	
					66,68

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REVESTIMIENTO DE PEIRÓN CON YESO COMERCIAL			
		Revestimiento de paramentos verticales con pasta de yeso comercial, espesor de unos 2-3 cm, con una dosificación agua/yeso de 0,6, color a elegir por la D.F., aplicado manualmente a buena vista en varias capas, para restauración de fachada de peirón.			
2,333	h	Oficial primera	22,00	51,33	
30,000	kg	Yeso comercial	0,07	2,10	
0,040	m ³	Agua	1,34	0,05	
					53,48

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REVESTIMIENTO DE PEIRÓN CON MORTERO DE CAL			
		Revestimiento de paramentos verticales con mortero de cal hidráulica natural 3,5 NHL y áridos seleccionados de tamaño <2,5 mm, espesor entre 2-3 cm, color a elegir por la D.F., aplicado manualmente a buena vista en varias capas, para restauración de fachada de peirón.			
2,333	h	Oficial primera	22,00	51,33	
30,000	kg	Mortero de cal hidráulica natural 3,5 NHL	0,25	7,50	
0,040	m ³	Agua	1,34	0,05	
					58,88

El estudio económico de esta aplicación experimental revela una diferencia del precio unitario, utilizando yeso tradicional como materia prima, lo que ha supuesto un incremento del ~25% frente al yeso comercial, y un incremento del ~15% frente al mortero de cal hidráulica.

El ahorro económico que en este caso posibilita la utilización de un yeso comercial podría estar directamente cuestionado por la dudosa aptitud de este material para este uso exterior concreto. El ahorro económico reflejado por el mortero de cal podría estar cuestionado por la incertidumbre que genera la suposición de compatibilidad de materiales sin ensayos.

A pesar de que en este caso, el yeso tradicional no resultara aplicación más económica, sin duda la compatibilidad con la construcción original y la integración en el entorno que ofrece el yeso tradicional, sumado al buen comportamiento que este material ha demostrado en exteriores

frente a condiciones climatológicas adversas, son virtudes que indudablemente pueden justificar su utilización en esta y otras obras similares.

6.3.2.3. *Aplicación experimental en obra en revestimientos exteriores (fachadas): obras de restauración de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción en Navarrete del Río (Calamocha, Teruel, 2019)*

Entre el año 2019 y 2020 se llevaron a cabo las obras de restauración de las fachadas de la torre de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción, en Navarrete del Río (Teruel), una iglesia mudéjar realizada con fábrica de ladrillo cerámico, cuya torre, que data de finales del siglo XVI y principios del XVII, se encontraba deteriorada en las juntas.

Al tratarse de una intervención en la iglesia del municipio en el que se ubicaba la cantera donde se realizó la cocción experimental (apartado 6.3.1), con una gran implicación por parte de muchos de los vecinos del mismo, que pusieron a nuestra disposición sus tractores, sus herramientas y su tiempo, fue muy enriquecedor y gratificante poder aportar el yeso tradicional elaborado en 2016 para restaurar un Bien de Interés Cultural en el mismo municipio, que se empleó para consolidar las juntas entre los ladrillos originales mediante un retacado

El yeso que se había almacenado en el cercano municipio de Burbáguena (Teruel) se trituró (Figura 137a) y tamizó con un tamiz de 0,8 cm (Figura 137b) con herramientas tradicionales, según el proceso tradicional, para poder realizar una pasta con una relación en volumen agua/yeso adecuada, con un valor de 0,5 en esta ocasión (correspondiente a 0,44 en peso), aplicado por oficiales de la construcción contratados por una empresa de rehabilitación.

En esta obra de restauración se consiguió una gran integración en el edificio histórico (Figura 137c), dada la perfecta adecuación del material al lugar, ya que por proximidad el yeso original con el que se construyó la iglesia debió de ser extraído de las mismas canteras (de la misma forma que el aportado para la rehabilitación), consiguiendo por tanto una elevada compatibilidad entre el material preexistente y el aportado.



Figura 137. Imágenes del proceso de restauración de la iglesia: a) triturado del yeso; b) tamizado del yeso; c) estado restaurado. Fotografías del autor.

Los trabajos de restauración comenzaron con las tareas de limpieza y acondicionamiento de la fachada. Inicialmente, se realizó una inspección y evaluación de su estado general, analizando tanto las piezas cerámicas de la fábrica como la pasta de yeso del rejuntado general.

Se pudo determinar que la fachada se encontraba en un estado de conservación medio, pese a no haberse realizado un mantenimiento continuado ni intervenciones de restauración anteriormente. No fue necesaria la reposición de piezas cerámicas de la fachada pues disponían de un buen estado de cohesión superficial y una suficiente definición del perímetro y contorno de las mismas.

Se procedió a una limpieza superficial generalizada para la eliminación de vegetación parásita mediante una extracción cuidadosa de las raíces a través de métodos manuales (corte y extracción). Se evitó la aplicación superficial de producto biocida preventivo, dada la escasez de investigaciones previas sobre los efectos a largo plazo de estos compuestos químicos tras la realización de aplicaciones prolongadas.

Se realizó una limpieza final general mediante la aplicación sobre la superficie de agua a baja presión (<2 atm). Debido a que los trabajos de restauración se realizaron en época invernal, se realizó un protocolo de seguimiento a la previsión meteorológica (paralizando los trabajos si se esperaba una temperatura inferior a los 4°C durante las siguientes 48 horas en el transcurso de las obras), por lo que fue posible actuar con estos sistemas de limpieza que requieren de una elevada cantidad de agua, y podrían ser lesivos en otras circunstancias con temperaturas inferiores a los 4°C al producir congelaciones intersticiales. Además, por tratarse de una actuación en el exterior, en un edificio exento (entorno suficientemente aireado) y con un buen

soleamiento, la humedad que podría haber quedado alojada (y por consiguiente producir congelaciones) en otras situaciones, como lugares con escasa ventilación, no resultaron determinantes en este caso. Posteriormente, se realizó una muestra de limpieza superficial de fachada con un detergente neutro y humectante, proyectado mediante vehículo acuoso; sin embargo, se determinó que eliminaba en exceso la pátina y se decidió prescindir de su aplicación.

Por último, se procedió a la realización de un tratamiento para la eliminación de sales y eflorescencias en las zonas bajas de la fachada, producidas por la ascensión capilar incrementada en gran medida por el hormigonado de las aceras hasta el propio edificio sin dejar una zona para la adecuada evaporación de la humedad. Se realizaron sucesivas aplicaciones de pulpa de papel húmeda, previa protección de la superficie con nylon soluble, dejando secar, levantando con cuidado la pulpa donde se depositaban las sales solubles y repitiendo el proceso hasta que no se apreció la afloración de sales a la superficie. Posteriormente, se realizó una limpieza y raspado con escalpelo, espátula y pincel, retirando seguidamente el material de detritus, afectando a todos los elementos salientes.

La reintegración de las juntas con pasta de yeso se ejecutó apretando esta pasta con las llanas, avanzando progresivamente en movimientos verticales, formalizando un acabado junta enrasada (no rehundida) pues se pudo comprobar que es el tipo de junta históricamente utilizado en el edificio y que, debido a la ausencia de discontinuidades, se consideró la más efectiva en la conservación del bien. Tras el inicio del fraguado del yeso, se realizó un cepillado para eliminar las posibles aplicaciones involuntarias de pasta de yeso sobre los ladrillos.

Tras finalizar el rejuntado, no se aplicó ningún tipo de hidrofugante debido a que este tipo de aplicaciones superficiales en fachadas puede generar efectos dañinos para el edificio cuando la humedad está ya presente en el interior del muro, impidiendo que la humedad retenida durante la ascensión capilar evapore hacia el exterior. En la intervención no fue necesaria la reposición de elementos de piezas cerámicas, dado que, tras la inspección realizada, presentaron una buena cohesión superficial.

El estudio de la viabilidad económica del rejuntado o retacado de la fachada de fábrica de ladrillo cerámico se ha analizado por comparación con otros materiales de construcción similares para esta aplicación como es el yeso comercial y el mortero de cal hidráulica.

Los rendimientos de trabajo para un oficial de albañilería, un ayudante y un peón, junto con los rendimientos de los materiales para esta aplicación, se desarrollan en la siguiente tabla:

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	RETACADO MURO DE FÁBRICA CON YESO TRADICIONAL			
		Retacado de muro de fábrica de ladrillo tradicional, con cualquier aparejo y juntas de 1 cm, comprendiendo: picado puntual de las zonas degradadas, limpieza de las zonas de enjarje, recibido con pasta de yeso tradicional en una dosificación 0,5, incluso medios de elevación carga y descarga, replanteo, nivelación, parte proporcional de mermas y rotura, humedecido de las piezas y limpieza.			
2,000	h	Oficial primera	22,00	44,00	
2,000	h	Ayudante	20,32	40,64	
0,400	h	Peón ordinario	19,71	7,88	
0,008	m ³	Yeso tradicional	408,00	3,26	
0,015	m ³	Agua	1,34	0,02	
					95,80

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	RETACADO MURO DE FÁBRICA CON YESO COMERCIAL			
		Retacado de muro de fábrica de ladrillo tradicional, con cualquier aparejo y juntas de 1 cm, comprendiendo: picado puntual de las zonas degradadas, limpieza de las zonas de enjarje, recibido con pasta de yeso comercial en una dosificación 0,5, incluso medios de elevación carga y descarga, replanteo, nivelación, parte proporcional de mermas y rotura, humedecido de las piezas y limpieza.			
2,000	h	Oficial primera	22,00	44,00	
2,000	h	Ayudante	20,32	40,64	
0,400	h	Peón ordinario	19,71	7,88	
0,008	m ³	Yeso comercial	57,98	0,46	
0,015	m ³	Agua	1,34	0,02	
					93,00

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	RETACADO MURO DE FÁBRICA CON MORTERO DE CAL			
		Retacado de muro de fábrica de ladrillo tradicional, con cualquier aparejo y juntas de 1 cm, comprendiendo: picado puntual de las zonas degradadas, limpieza de las zonas de enjarje, recibido con mortero de cal M-10 de dosificación 1/4, incluso medios de elevación carga y descarga, replanteo, nivelación, parte proporcional de mermas y rotura, humedecido de las piezas y limpieza.			
2,000	h	Oficial primera	22,00	44,00	
2,000	h	Ayudante	20,32	40,64	
0,400	h	Peón ordinario	19,71	7,88	
0,008	m ³	Mortero de cal M-10	87,08	0,70	
0,015	m ³	Agua	1,34	0,02	
					93,24

Como resultado de este estudio, se puede comprobar que las diferencias observadas entre la aplicación de un rejuntado con yeso tradicional y un rejuntado con yeso comercial o mortero de cal no superan el 5% de incremento, resultando una actuación perfectamente viable desde el estudio objetivo.

Además, se debe sumar el valor añadido que aporta el yeso tradicional en términos de integración con el edificio existente, preservación de la técnica constructiva y puesta en valor del Patrimonio.

6.3.2.4. Aplicación experimental en obra en revestimientos exteriores (fachadas): obras de rehabilitación del Castillo de Ricla (Zaragoza, 2022)

Durante el año 2022 se ha realizado la Dirección de Obra de las obras de rehabilitación del Castillo de Ricla, una antigua fortificación militar de origen medieval que agrupa un torreón defensivo del siglo XI, un salón principal con alfarje e inscripciones del siglo XV y varias viviendas anexas del siglo XVIII. El conjunto se ubica en lo alto de un cerro que domina hacia el sur el río Jalón.

El volumen principal de la edificación constaba originalmente de una nave de planta rectangular, realizada con la técnica de tapia de brencas con pasta de yeso. Aunque actualmente existe una cubierta inclinada de teja, las investigaciones apuntan a que el edificio era más alto y tuvo una cubierta a dos aguas. Con el paso de los siglos se fueron adhiriendo otros volúmenes que desvirtúan la imagen original de la construcción, así como su modificación de cubierta a un agua (Figura 138a y b).

El conjunto se encontraba en un estado notablemente deteriorado, especialmente los revestimientos exteriores de las fachadas (Figura 138c-f).



Figura 138. Estado original del castillo previo a la rehabilitación: a) y b) implantación en el entorno: nave principal y un cuerpo adosado; c) estado previo de la fachada norte; d) estado previo de la fachada sur; e) y f) detalle del estado previo de las decoraciones con breccas realizadas con yeso. Fotografías del autor.

Durante la intervención se han realizado diferentes trabajos de restauración y consolidación de la nave principal en los muros norte y sur: consolidación de muros de tapia, muros de ladrillo, revestimientos exteriores, cierre de huecos, etc.

Se buscó en todo momento recuperar los revestimientos históricos y preservar la identidad arquitectónica del conjunto, conservando y restaurando las brechas que conforman las juntas entre la tapia e interviniendo con yeso tradicional (Figura 140).

Debido a la falta de estudios previos de este Bien de Interés Cultural, los trabajos de restauración y conservación fueron iniciados con el vuelo de un dron por parte de un piloto autorizado, que permitió obtener unos modelados 3D y unas fotogrametrías del conjunto, posibilitando realizar un estudio de interpretación de las distintas fases constructivas del bien y favorecer que la rehabilitación prescrita ponga en valor la historia del edificio, evitando borrar huellas trascendentes para la lectura de las distintas fases y secuencias constructivas del edificio.

Adicionalmente, se acudió a archivos históricos como fuentes de consulta, que permitieron obtener detalles históricos y se pudo contar con la participación de un equipo multidisciplinar (conformado por arqueólogos, historiadores del arte, arquitectos y arquitectos técnicos). Una vez que se recabó toda la información, se redactó el proyecto que definía pormenorizadamente las actuaciones a realizar.

Los trabajos fueron realizados por oficiales y peones de una empresa especializada en el sector de la rehabilitación. Primeramente, se procedió al montaje del andamio que permitía acceder con cercanía al bien para realizar una inspección organoléptica, comprobar el estado de los revestimientos superficiales, estructurales y evaluar los desplomes. Una de las complicaciones iniciales para realizar los trabajos fue la cercanía de viviendas ubicadas en la parte baja, con una diferencia de cota de unos 10 metros, por lo que la caída de cascotes podía alcanzar una velocidad considerablemente elevada y provocar daños. Para evitar todo tipo de riesgos, se siguieron las medidas de seguridad necesarias, como la instalación de redes para impedir la caída de fragmentos sobre las viviendas.

Posteriormente, se realizó una limpieza y picado de los elementos de revestimiento con riesgo de desprendimiento, donde la costra o la masa de muro se encontrase en mal estado o fuese irre recuperable, mediante medios y herramientas manuales (cepillo mecánico) que no transmitían vibraciones a las zonas cercanas. El desmonte se llevó a cabo de manera secuencial, eliminando primero las piezas que tenían mayor riesgo de desprendimiento y retirando posteriormente el resto de los fragmentos en sentido vertical descendente. Se pudo verificar que la gran mayoría de las oquedades en la masa de muro habían sufrido también daños por anidamiento de aves que habían ido horadando progresivamente el muro; por lo tanto, se

procedió a la retirada de las ramas y paja, así como los excrementos de los animales para no generar una mayor contaminación dentro de la masa muraria debido al arrastre de sales procedentes de los excrementos.

Adicionalmente, se procedió a una limpieza superficial generalizada para la eliminación de vegetación parásita y material disgregado (aunque la cantidad de musgo era ínfima y solamente se encontraron unas pocas plantas menores adheridas), mediante una limpieza con cepillos de raíces y aplicación de biocida-fungicida para eliminación de musgos, hongos y líquenes. Una vez secada la planta sobre la que se actuaba, se procedió al corte y extracción cuidadosa de las raíces a través de métodos manuales (con un bisturí).

Tras ejecutar todos los trabajos de limpieza, se realizó una visita técnica para comprobar que las hipótesis establecidas de las fases constructivas eran correctas. Se identificaron y seleccionaron las huellas y cicatrices a mantener debido a la importante lectura que ofrecen sobre el proceso de construcción del edificio, ya que en caso de borrar estas huellas se perdería una gran parte de la lectura histórica del bien.

Por último, se procedió a la reintegración de masa muraria de tapia. Primeramente, se realizó una humectación con agua a presión en sectores de unos 3 m² de superficie y se colocaron varillas de fibra de vidrio al tresbolillo de 40 cm de longitud, insertadas en el muro 30 cm con taladro, ya que algunas zonas se cargaron hasta 15 cm de material y su peso podría ser un argumento en contra que potenciase el desprendimiento de la aplicación. Posteriormente, se realizó una segunda humectación y se aplicó el yeso tradicional, en sucesivas capas, como relleno de masa de muro y revestimiento con una relación agua/yeso de 0,6 (correspondiente a 0,53 en peso), obteniendo una pasta trabajable, con una rapidez de secado suficiente para su correcta ejecución y una buena adherencia al paramento original, que facilitó la realización de los trabajos (Figura 139). El yeso se aplicó con esparto en los lugares donde se requería una mayor trabazón, así como en las capas de transición para mejorar el agarre entre capas, pues genera un comportamiento más uniforme en una gran masa aplicada evitando desprendimientos y la formación de fisuras.

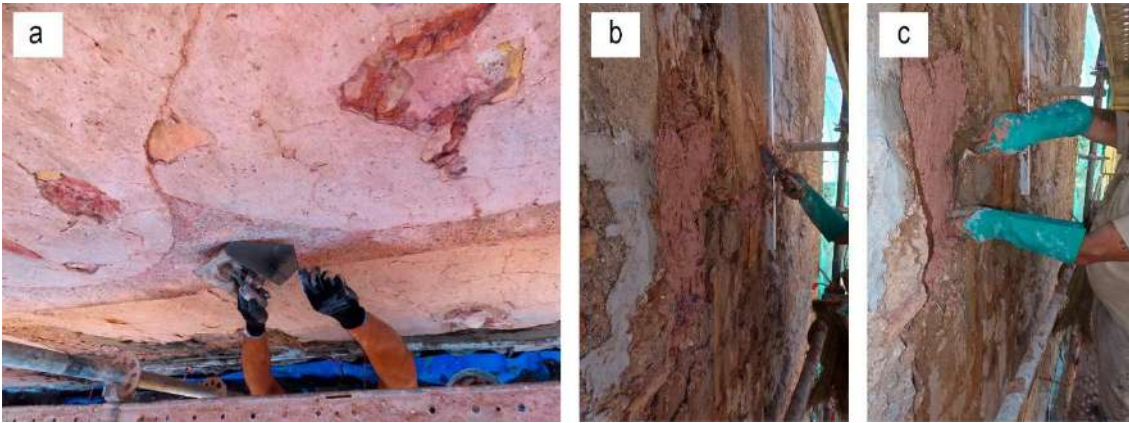


Figura 139. a) - c) Trabajos de reintegración de la masa de muro durante el proceso de obra. Fotografías del autor.

Se pudo apreciar una voluntad estética durante la etapa de construcción del edificio principal en el siglo XV: las breccas se construyeron con un yeso rojo y los rellenos con un yeso blanco. Para recuperar y mantener esta característica peculiar del edificio, para el yeso rojo se utilizó el yeso tradicional de Albarracín, que incorpora esta tonalidad, y para el yeso blanco se utilizó el yeso tradicional procedente de las cocciones experimentales de Navarrete del Río; en ambos materiales se mantuvieron las mismas dosificaciones agua/yeso.

Una vez finalizada la reintegración y repuestos los volúmenes del edificio del paramento vertical, se procedió a la aplicación de una pátina realizada mediante la disolución de 1 g de nogalina, un colorante de origen natural, en 1 l de agua, aplicada con una mochila. A través de este proceso se generó una pátina oscura que simula el efecto del paso del tiempo sobre el edificio para evitar generar un gran impacto visual por la aplicación de nuevos materiales de la construcción en un edificio tan antiguo. Esta pátina favorece que la intervención se integre cromáticamente con los tonos ocre del entorno y que no destaque como un edificio recién intervenido (Figura 140).



Figura 140. Estado tras la finalización de los trabajos de restauración: a) vista general; b) y c) fachada sur; d) detalle del estado final de las brencas. Fotografías del autor.

Esta aplicación experimental ha posibilitado obtener los rendimientos y precios unitarios de mercado a partir de la valoración licitada mediante procedimiento abierto, por lo que los valores que se detallan en la siguiente tabla han sido contrastados por tres empresas constructoras, siendo estos valores los adjudicados y por tanto los más económicos.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REINTEGRACIÓN DE MASA DE MURO CON YESO TRADICIONAL			
		Revestimiento de paramentos verticales con pasta de yeso tradicional, espesor según soporte, entre 4 y 10 cm. Color a elegir por la D.F., aplicado manualmente a buena vista en varias capas, con un tiempo mínimo de una a otra de tres días, colocación en los puntos necesarios y según D.F. de anclajes con varilla de fibra de vidrio.			
0,700	h	Oficial primera	25,00	17,50	
0,700	h	Peón ordinario	17,00	11,90	
80,000	kg	Yeso tradicional	0,31	24,80	
0,048	m ³	Agua	1,34	0,06	
0,500	m	Barra de fibra de vidrio	13,00	6,50	

60,76

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REINTEGRACIÓN DE MASA DE MURO CON YESO COMERCIAL			
		Revestimiento de paramentos verticales con pasta de yeso comercial, espesor según soporte, entre 4 y 10 cm. Color a elegir por la D.F., aplicado manualmente a buena vista en varias capas, con un tiempo mínimo de una a otra de tres días, colocación en los puntos necesarios y según D.F. de anclajes con varilla de fibra de vidrio.			
0,700	h	Oficial primera	25,00	17,50	
0,700	h	Peón ordinario	17,00	11,90	
80,000	kg	Yeso comercial	0,07	5,60	
0,048	m ³	Agua	1,34	0,06	
0,500	m	Barra de fibra de vidrio	13,00	6,50	
					41,56

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REINTEGRACIÓN DE MASA DE MURO CON MORTERO DE CAL			
		Revestimiento de paramentos verticales con mortero de cal hidráulica natural 3,5 NHL y áridos seleccionados de tamaño <2,5 mm, espesor según soporte, entre 4 y 10 cm. Color a elegir por la D.F., aplicado manualmente a buena vista en varias capas, con un tiempo mínimo de una a otra de tres días, colocación en los puntos necesarios y según D.F. de anclajes con varilla de fibra de vidrio, incluso patinado con tierras naturales.			
0,700	h	Oficial primera	25,00	17,50	
0,700	h	Peón ordinario	17,00	11,90	
80,000	kg	Mortero de cal hidráulica natural 3,5 NHL	0,25	20,00	
0,300	m ³	Tierra natural color	4,00	1,20	
0,048	m ³	Agua	1,34	0,06	
0,500	m	Barra de fibra de vidrio	13,00	6,50	
					57,16

El estudio de viabilidad económico realizado en esta aplicación revela que la utilización del yeso tradicional no ha resultado viable en términos económicos en comparación con el yeso comercial (hasta un ~45% más costosa); en cambio, el precio unitario obtenido es bastante similar a la utilización de un mortero de cal (incremento de solamente un ~5%), que es el material de referencia utilizado en este tipo de aplicaciones.

Esta intervención engloba unos trabajos de rehabilitación y consolidación muy especializados, donde un porcentaje importante del coste va destinado a la mano de obra y medios auxiliares, como andamios.

Por un lado, el incremento de precio unitario que resulta del estudio de aplicar yeso tradicional en vez de utilizar mortero de cal puede reducirse significativamente, si se tiene en cuenta la influencia del coste del andamio en estas obras tan complicadas. O, si el estado de la degradación fuese menor, requiriendo de una menor proporción de material aportado respecto a la mano de obra.

Por otro lado, el ahorro económico que supone la utilización de yeso comercial debe cuestionarse por la incertidumbre que genera este material en cuanto a su comportamiento en exposiciones al exterior.

No obstante, a pesar de estas circunstancias económicas mínimamente desfavorables, en este caso la introducción de materiales tradicionales se ha considerado primordial por encima de la repercusión económica, ya que el empleo de un material compatible en el Patrimonio como es el yeso tradicional ofrece un resultado muy positivo y favorable, resultando una actuación viable en términos de integración y compatibilidad en el edificio original.

6.3.2.5. *Aplicación experimental en obra en pavimentos: obra de rehabilitación de una vivienda en Zaragoza (2019)*

En el entorno urbano de Zaragoza se realizó un proyecto de rehabilitación de una vivienda mediante criterios ecológicos. El 100% de los materiales utilizados fueron ecológicos y un 83% de ellos procedían del entorno más próximo (<50 km).

Como aislamiento se utilizó paja de trigo y paneles de fibras de madera ecológica, tierra para la elaboración manual de 1.500 adobes, cal aérea en revestimientos de paredes y techos, y yeso tradicional como pavimento (estos materiales confieren a la vivienda unas buenas condiciones de confort, gracias a su inercia térmica y propiedades higrotérmicas, sin precisar de un aporte energético extra).

Esta obra de rehabilitación partió de una limitación en cuanto a las dimensiones, ya que la vivienda preexistente disponía de una altura libre de suelo terminado a techo de 2,50 m y no permitía recrecer el pavimento, porque hubiera supuesto una reducción de la altura libre disponible que hubiera incumplido las normativas municipales de habitabilidad. Por ello, en primer lugar, se procedió a una retirada de las baldosas cerámicas preexistentes junto con los rodapiés, así como el mortero de agarre de estas baldosas, alcanzando la capa de hormigón del forjado.

En segundo lugar, se realizó una limpieza manual con un cepillo para eliminar todo el material que pudiera generar una disrupción entre el agarre del hormigón y el nuevo yeso. Se pudo determinar que el hormigón preexistente tuvo una aplicación muy poco lisa y presentaba una rugosidad suficiente para favorecer una adecuada conexión con la futura capada de yeso. Por lo tanto, no se consideró necesaria la colocación de un puente de unión (como un látex o una malla) entre ambos materiales.

La capa de hormigón era totalmente uniforme en cuanto a materialidad y espesores; además, no se detectó ninguna fisura con el paso de los años (esto indicaba que el edificio tenía un buen asiento y no sufría movimientos), aspecto que minimizaba los riesgos del pavimento futuro y aseguraba la no aparición de fisuras en el yeso. No obstante, también se detectaron errores en la planeidad de la capa de hormigón, propios de los edificios y los sistemas constructivos del momento que alcanzaban desniveles de hasta 2 cm en los puntos más desfavorables.

Posteriormente, se pasaron niveles en toda la vivienda para determinar cuáles eran las zonas más desfavorables por la irregularidad de la base de hormigón y verificar que la altura libre

continuaba siendo de al menos 2,50 m. Se determinó un espesor mínimo de 2 cm de yeso y hasta 4-5 cm en las más zonas más hundidas bajo la cota de suelo terminado.

Se pasaron puntos de nivel sobre los que apoyarían unos regles para ser usados como maestras sobre los que extender el material, obteniendo una terminación final plana y horizontal (Figura 141a). Antes de aplicar el yeso, fue necesario humectar la superficie base hasta en dos ocasiones, retirando con una escoba los excesos de agua, debido a que la aplicación se realizó en verano y requería de una humectación algo mayor.

Inicialmente se trató de aplicar el yeso con la mínima cantidad de agua para que el resultado fuese lo más resistente posible, realizando para ello una prueba in situ en el mismo suelo con una relación en volumen agua/yeso de 0,4 (correspondiente a 0,35 en peso), en una porción de 1 m² para manejar con mayor comodidad la masa poco hidratada. Sin embargo, al comenzar su aplicación en el resto del suelo resultó ser poco trabajable, de manera que se tuvieron que hacer nuevas pruebas con distintas cantidades de agua.

Según un albañil experimentado en el uso de yesos multifase o tradicionales que proporcionó ayuda durante la obra²⁹, la masa a aplicar en el suelo debe ser fluida, extendiéndose sin apenas ayuda, lo cual favorece el regleado y el posterior llaneado para alisar y revelar las diferentes texturas que los accesorios como cenizas, áridos y otros elementos aportan al acabado (Figura 141b). Esta correcta proporción de agua/yeso se consiguió con una relación en volumen del 0,65 (correspondiente a 0,58 en peso).

Transcurridas unas horas desde la aplicación, una vez que el yeso hubo fraguado, pero estando aún fresco, se accedió al interior de la vivienda sin calzado y con unos calcetines de lana gruesos que evitaban “marcar” la huella para ir reapretando todo el pavimento. Unos días después, se aplicó un acabado consistente en aceite de linaza cocido, diluido con trementina en el caso de desear una mayor penetración en el material, extendido mediante un rodillo de pelo corto (Figura 141c). Este aceite tiene una propiedad secante, ya que polimeriza al secar y genera una estructura continua impermeable y endurecida, dando además una terminación satinada con poco brillo que facilita su limpieza e incluso fregado. El hecho de utilizar un aceite cocido ofrece una capacidad de secado más rápido. Se aplicó en torno a 1 litro de aceite por cada metro cuadrado de suelo.

²⁹ Comunicación personal, R. Gimeno (Zaragoza, 2019).

Esta aplicación tuvo una complicación añadida fruto de tratarse de una rehabilitación, ya que fue necesario ir trasladando el mobiliario de la vivienda entre las distintas estancias a medida que se avanzaba con la aplicación del pavimento.



Figura 141. Aplicación durante la obra de pavimentos de yeso: a) regleado del yeso; b) yeso extendido previo al alisado; c) aplicación de aceite de linaza para el endurecimiento e impermeabilizado de la superficie. Fotografías del autor.

El resultado final de esta aplicación experimental ha permitido manifestar las virtudes del yeso tradicional para aplicaciones poco conocidas hoy en día, como es el caso de los pavimentos. Con el transcurso de los años hasta la actualidad, el pavimento de yeso de esta obra ha logrado un buen comportamiento tanto a nivel estético como a nivel funcional (Figura 142).

Según la opinión del propietario el pavimento de yeso, ofrece un acabado de gran calidad estética y otorga una textura confortable que da “volumen” a la superficie³⁰ que, con acabados modernos, tiene una apariencia más artificial e inerte. El suelo va cambiando a medida que pasa el tiempo, y el uso cotidiano le añade una leve pátina que le otorga calidez. Funcionalmente, es un suelo muy agradable al tacto y con un buen comportamiento térmico, y a pesar de que es más frágil que cualquier suelo de baldosa, resulta muy sencillo reparar si fuese necesario.

³⁰ Comunicación personal, F. Ortega (Zaragoza, 2023).



Figura 142. a) - c) Aspecto final del pavimento de yeso. Fotografías propiedad del autor, tomadas por Iñaki Bergera Serrano.

En conclusión, se ha conseguido un óptimo resultado en esta aplicación experimental, de la cual el promotor de la obra ha manifestado estar muy satisfecho, tras más de 4 años desde su realización, encontrando numerosas virtudes en el acabado final del yeso: (I) ofrece un resultado que no es totalmente uniforme, con distintas “impurezas” o matices que le dan belleza, textura y volumen; y (II) su resistencia es comparable a un suelo de madera, que lo vuelve vulnerable a algunos golpes y percances, y permite revelar la vida que transcurre sobre él³¹.

Este proyecto fue premiado como ganador de los I Premios Terra Ibérica 2019 en la categoría de Vivienda, otorgado por el Colegio Oficial de Arquitectos de León y la Diputación de Palencia a nivel nacional, demostrando que es posible realizar una reforma de vivienda ecológica en un entorno urbano, respetando las condiciones de calidad y viabilidad económica propias del siglo XXI.

El precio unitario de la realización de un pavimento de yeso tradicional se ha valorado incluyendo el material (capa de unos 2,5-3 cm, utilizando unos 20 kg de yeso por cada metro cuadrado), su aplicación y la imprimación con aceite de linaza. En este caso, el rendimiento de los trabajadores se ha evaluado teniendo en cuenta que el piso estaba situado en una planta alzada que dificultaba el transporte del yeso, además de tener que desplazar el mobiliario por tratarse de una reforma de una vivienda existente, lo que se traduce en un incremento de las horas de mano de obra.

³¹ Comunicación personal, F. Ortega (Zaragoza, 2023).

Sin embargo, la utilización del yeso continuo para hacer el pavimento ofreció la virtud de no precisar de trabajos de nivelación previa de forjados, a pesar de que el forjado preexistente no tenía una planeidad suficiente, ya que el propio yeso sirvió para nivelar el acabado final.

En esta aplicación concreta, la valoración económica se ha comparado con un pavimento de gres porcelánico de gran formato (valorado en 52,99 €/m² PVP = 36,82 €/m² PEM) que precisa de una capa de nivelación previa, asumiendo la singularidad del pavimento de yeso tradicional.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	PAVIMENTO DE YESO TRADICIONAL			
		Realización de pavimento continuo a base de yeso tradicional de espesor medio 2,5 cm (20 kg por metro cuadrado), con una dosificación agua/yeso de 0,65, ejecutado directamente sobre el firme sin necesidad de capa de nivelación, con una imprimación posterior de aceite de linaza, incluso reglas para ofrecer un acabado con planeidad.			
1,500	h	Oficial primera	22,00	33,00	
1,500	h	Ayudante	20,32	30,48	
20,000	kg	Yeso tradicional	0,31	6,20	
1,000	l	Aceite de linaza	4,86	4,86	
0,013	m ³	Agua	1,34	0,02	
0,215	m	Guardavivos plástico y metal	0,80	0,17	
					74,73

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	PAVIMENTO DE GRES PORCELÁNICO RECTIFICADO			
		Solado de gres porcelánico rectificado, en baldosas de gran formato 60 x 60 cm, 52,99 €/m ² PVP, color a elegir por la D.F., sobre mortero autonivelante de 15 mm de espesor medio, recibido con doble encolado de adhesivo cementoso y rejuntado con mortero cementoso especial para juntas.			
0,250	h	Oficial primera	22,00	5,50	
0,250	h	Ayudante	20,32	5,08	
1,100	m ²	Baldosa de gres porcelánico 60 x 60	36,82	40,50	
30,000	kg	Mortero autonivelante	0,62	18,60	
4,500	kg	Adhesivo cementoso	0,34	1,53	
0,640	kg	Mortero para rejuntado polímero coloreado	1,01	0,65	
0,010	%	Medios auxiliares	53,79	0,54	
					72,40

El estudio económico de este pavimento de yeso tradicional ha revelado que se sitúa en un precio cercano a pavimentos convencionales, con un incremento en el precio unitario inferior al 5%, aun asumiendo que el tiempo de mano de obra sería superior por las dificultades anteriormente comentadas.

Se ha considerado en este caso, que la utilización de yeso tradicional ofrece virtudes que lo convierten en una alternativa mucho más interesante más allá de lo meramente económico, aportando criterios a favor de la sostenibilidad, ecología y materiales de proximidad en el entorno, que lo han llevado a ser reconocido como ganador de los Premios Terra Ibérica.

6.3.2.6. *Aplicación experimental en obra en revestimientos exteriores (fachadas) y pavimentos: obra de rehabilitación de una vivienda unifamiliar en Zuera (Zaragoza, 2022)*

En el año 2022 estudiamos y dirigimos dos aplicaciones en superficie horizontal (pavimento) de yeso tradicional, en dos meses distintos y realizadas por dos oficiales de albañilería distintos (Surta García Banet, Figura 144, y Anael Rosales Besne, Figura 143), y una aplicación en paramento vertical (fachada) realizada por el oficial Surta García Banet.

Todas ellas se ejecutaron para una obra de rehabilitación de una vivienda unifamiliar en el municipio de Zuera (Zaragoza) con yeso tradicional de Albarracín (actualmente fabricado por el artesano Antonio Meda en la localidad de Tramacastilla, Teruel).

En estas aplicaciones documentadas en el año 2022, se ha podido cuantificar la relación agua/yeso usada para la obra. En los yesos empleados para los suelos, se han mezclado 12,5 l (equivalente a kilogramos) de agua con 19,5 kg de yeso, aunque durante dicha aplicación se analizaron los límites de este parámetro, determinando que la pasta admite unos 3,5 kg más, hasta los 22 kg de yeso. Por lo tanto, se obtiene una relación de agua/yeso que varía entre 0,64 y 0,56 (Figura 143a).

En fachadas, la relación agua/yeso es la misma que la utilizada para hacer muros de mampostería y ladrillo, y se han mezclado 12,5 l de agua con más cantidad de yeso, en torno a los 25-30 kg, dando una relación agua/yeso entre los 0,4 y los 0,5, obteniendo una masa más consistente para ser capaz de sustentarse sin deslizar.

La aplicación de pavimento de yeso tradicional se englobó dentro de una rehabilitación integral de la vivienda que incluía la realización de un suelo radiante (con doble función: calefactante para invierno y refrescante para verano), previendo, por tanto, que experimentaría cambios volumétricos. Para evitar daños en el pavimento, se incorporó un puente de unión (mediante un látex y una malla) entre el mortero de compresión del suelo radiante (que genera la inercia térmica) y el yeso tradicional, para vincular ambos materiales y favorecer que trabajen conjuntamente, evitando la generación de discontinuidades y comportamientos independientes de los dos elementos.

En este caso no se humectó la base pues el látex genera una barrera que impide que la superficie inferior absorba agua de la base, evitando la migración de agua. Se extendió una capa

de látex, dejando actuar durante 1 hora para que adquiera una densidad un poco viscosa, y se desenrolló la malla de fibra de vidrio en retícula 10 x 10 mm.

La aplicación del yeso tradicional se realizó de la misma manera a la indicada en otras aplicaciones, mediante unos regles utilizados a modo de maestras sobre los que extender el material (Figura 143b-d).



Figura 143. Aplicación en obra de yeso tradicional en superficies horizontales (pavimentos): a) dosificación de la mezcla yeso/agua con una relación cercana al 0,6 utilizando una batidora mezcladora motorizada; b) colocación de los niveles; c) aplicación del yeso sobre el suelo; d) correcciones para una terminación lisa y horizontal. Fotografías del autor.



Figura 144. a) - c) Aplicación en obra de yeso tradicional en superficies horizontales (pavimentos). Fotografías del autor.

Las anteriores aplicaciones experimentales permitieron documentar tres tipos de aceites usados históricamente para la protección de pavimentos de yeso: oliva, linaza y trementina. Son aceites naturales que ofrecen un acabado notablemente oscuro con respecto a la tonalidad original del yeso, materiales naturales que no han sido diseñados para su uso específico en pavimentos y con tiempos de secado notablemente largos (como se ha podido comprobar en otras aplicaciones). Además, requieren un especial cuidado en la cantidad de material aplicado, eliminando continuamente los excesos, pues una zona con mayor cantidad de aceite provocará que penetre más en el yeso y oscurezca más el resultado final que en zonas con menor cantidad. Por lo tanto, para obtener una homogeneidad cromática requieren de una aplicación muy controlada, y un tipo de aplicador comprometido y dedicado a la calidad, que es un perfil de trabajador difícil de encontrar en la construcción.

En esta aplicación experimental en pavimentos se profundizó en el estudio del material utilizado para el tratamiento superficial del yeso tradicional, ya que, por cuestiones estéticas, en esta obra de rehabilitación se priorizó un acabado cromáticamente homogéneo y de una tonalidad más clara, por lo que se investigó entre la gama de tipos de aceites de terminación.

Se realizaron aplicaciones en pequeñas muestras a modo de pruebas para verificar la estética de terminación y el comportamiento frente a la penetración de suciedad. En concreto, se realizaron aplicaciones con hasta 5 tipos de productos (Figura 145) que ofrecieron tiempos de secado y acabados diferentes: una primera aplicación con aceite de trementina (izquierda) que se descartó por oscurecer mucho el acabado final tras el secado y 4 aplicaciones con productos formulados específicamente para madera (productos “blandos” aptos para el yeso ya que no tapan completamente los poros y permiten que el material siga siendo transpirable, a diferencia de un barniz) que pasaban más desapercibidos tras el secado.



Figura 145. Aplicación de muestras con 5 tipos de aceite diferentes a modo de prueba. Fotografía del autor.

Los productos fueron probados mediante el derramamiento controlado de pequeños contenidos de: aceite de oliva, vinagre, tomate frito, lejía, jugo de limón, vino tinto y café, ya que eran los productos que más probablemente podrían caer al pavimento. Se dejaron secar durante varios días y se procedió a retirarlos con una bayeta húmeda, para evaluar el grado de sencillez de limpieza sobre cada uno de ellos.

Tras la evaluación de las diferentes muestras, se determinó como más compatible un lasur protector de madera, de capa fina al agua, de poro abierto, acabado mate y secado rápido. La utilización de este tipo de productos permitió evitar problemas en los cambios de tonalidad al no requerir de mano de obra experimentada que tuviera que prestar atención al número de pasadas por el oscurecimiento del material. Ofreció una gran ventaja para un tratamiento superficial y duradero con tiempos de secado mínimos, garantizando una duración de la protección de 7 años.

La aplicación de este producto de terminación se realizó habiendo transcurrido unos 15 días desde el vertido del yeso. Previamente se debió realizar una limpieza exhaustiva de la superficie de yeso con escobas y aspiradores, para eliminar el polvo generado por el conjunto de la obra. Asimismo, se debió prestar un máximo cuidado con la posible suciedad que se depositara en el pavimento (polvo, hojas, barro, huellas de calzado, etc.), ya que cualquier mancha presente en el pavimento a la hora de aplicar el lasur se habría quedado “impresa” en el pavimento permanentemente. Igualmente, los aplicadores debieron trabajar sin calzado, con unos calcetines gruesos de lana para no dejar ningún tipo de marca ni suciedad sobre el yeso.

Se aplicaron un total de tres manos, aplicadas con un rodillo de pelo corto o sintético (como el empleado en la anterior aplicación experimental de pavimento), ya que un rodillo de pelo largo

habría generado un acabado más rugoso, y también se utilizó un cubo convencional para pintura. En esta ocasión, debido a una mayor superficie a aplicar y con la intención de facilitar la tarea a los trabajadores, se utilizó un prolongador en el rodillo para poder realizar la aplicación de pie. Se apreció que la primera mano consumió la mayor cantidad del líquido, debido a que el yeso exigía una aplicación más lenta porque absorbía más producto y requería un adecuado rodaje del rodillo.

El producto aplicado ofreció un tiempo de secado mínimo, pues transcurridas 12 horas ya se había secado lo suficientemente como para aplicar la segunda mano, siempre en sentido transversal a la primera, para asegurar que todo el material se trababa adecuadamente. Finalmente, la tercera mano fue más rápida porque el rodillo ofrecía un deslizamiento más sencillo gracias a las anteriores capas de lasur. En total, se utilizaron dos garrafas de 5 litros.

La aplicación final ofreció un tratamiento superficial resistente y duradero con un acabado mate que no generaba brillos ni reflejos, logrando un suelo más “silencioso” y cromáticamente homogéneo acorde con las necesidades de esta aplicación. Aspecto que permite manifestar la versatilidad del yeso tradicional en los pavimentos incluso en requerimientos diferentes.

Esta doble aplicación experimental ha permitido revelar que actualmente existe una indiferencia o desconocimiento por parte de algunos albañiles y aplicadores del yeso de los efectos que produce la cantidad de agua en el amasado y sus repercusiones, ya que un exceso de agua incrementa la porosidad del yeso y disminuye drásticamente su resistencia mecánica (Arredondo, 1980; Vegas et al., 2012). En cambio, los antiguos artesanos centraban más la atención en la calidad de la cocción.

Por lo general, el trabajador con menos experiencia (peón), que habitualmente coincide con el que lleva menos tiempo en la empresa, es el designado para realizar el amasado del yeso, por lo que es frecuente que no tenga muchos conocimientos preparando las pastas de yeso, e introduce variaciones involuntarias en la cantidad de agua/yeso, realizando los amasados “a ojo”.

Por otro lado, el impreciso procedimiento para determinar la dosificación del agua y del yeso en obra se realiza en volumen, midiendo el yeso en paladas y el agua en cubos, lo que genera imprecisiones y diferencia fundamental entre la aplicación real en obra y las probetas confeccionadas en laboratorio.

Por otro lado, los aplicadores del yeso también introducen otro parámetro de alteración, de modo que los menos experimentados necesitan de un tiempo de fraguado más prolongado, puesto que

precisan realizar varias pasadas con la llana para obtener un acabado correcto antes de que el yeso haya endurecido completamente. En cambio, los oficiales más hábiles consiguen un buen acabado y planeidad con menos repeticiones de pasadas de llana y prefieren yesos con secados más cortos para evitar tener tiempos de espera muy largos. De este modo pueden aumentar su rendimiento y ser más competitivos.

Por último, la cantidad de agua en el amasado venía determinada directamente por la plasticidad requerida para su uso. La aplicación en pavimentos y en fachadas requiere tiempos de fraguado diferentes: en los suelos se suele emplear una pasta más líquida para realizar varias pasadas, mientras que en las fachadas se usa un producto que endurece más rápido.

La relación agua/yeso también se veía afectada en función de la orientación de la fachada sobre la que se aplicaba, exigiendo un yeso más líquido para una fachada sur con fuerte exposición solar que evaporaba antes el agua del revoco, en lugar de realizar una planificación de los trabajos para ejecutar estos revestimientos en horas del día sin la incidencia del sol.

Como resultado, esto ocasiona que la proporción de agua/yeso no sea un valor fijo e inalterable, sino que varía en función tanto de la persona que lo aplica como de la propia aplicación en la obra, y es un parámetro que no se suele medir ni cuantificar. Esta práctica habitual detectada que altera la relación de agua en el amasado de una manera despreocupada contrasta radicalmente con la importancia que se le da al proceso de fabricación del yeso, dado que ambas cuestiones son fundamentales para la calidad final de la aplicación, como muchas de las investigaciones han determinado y en concreto Karni y Karni (1995) y Lushnikova y Dvorkin (2016) determinaron para el caso de los yesos históricos, en los que el bajo contenido de agua usado históricamente en pastas de yeso confería unas prestaciones en cuanto a resistencia a compresión, densidad media y porosidad más adecuadas para su uso estructural y en exteriores.

En esta aplicación experimental de pavimento se evaluaron los rendimientos de dos jornadas de trabajo distintas para la realización del pavimento continuo de yeso, calculando los precios unitarios de un primer día en el que trabajaron 2 personas (1 oficial de 1ª que se encargaba de aplicar el yeso y un ayudante que alternaba entre amasar y ayudar en la aplicación) durante 8 horas, realizando 20 m² de pavimento (con un rendimiento de 0,4 h/m² cada uno), y un segundo día en el que intervinieron 4 personas (3 oficiales de 1ª que estuvieron constantemente aplicando, y un ayudante que todo el tiempo se dedicó a amasar), realizando 48 m² de pavimento en 8 horas (con un rendimiento de 0,5 h/m² en el caso de los oficiales y 0,167 h/m² en el caso del ayudante).

A los costes de mano de obra y material se tiene que sumar el regleado (rendimiento de 0,215 m/m²según Centro 2023) para obtener un acabado con planeidad y la colocación de una malla de fibra de vidrio como soporte (rendimiento de 1,2 m²/m²según Centro 2023).

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	PAVIMENTO DE YESO TRADICIONAL - DÍA 1			
		Realización de pavimento continuo a base de yeso tradicional de espesor medio 2,5 cm (20 kg por metro cuadrado), con una dosificación agua/yeso de 0,6, ejecutado sobre una malla de fibra de vidrio antiálcalis de refuerzo de 10 x 10 mm que cubra la línea de discontinuidad, incluso fijado y tensado con un solape mínimo de 10 cm a cada lado, y reglas para ofrecer un acabado con planeidad.			
0,400	h	Oficial primera	22,00	8,80	
0,400	h	Ayudante	20,32	8,13	
20,000	kg	Yeso tradicional	0,31	6,20	
0,012	m ³	Agua	1,34	0,02	
0,215	m	Guardavivos PVC para yeso	0,23	0,05	
1,200	m ²	Malla de fibra de vidrio antiálcalis 250 g/m ²	5,64	6,77	
					29,97

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	PAVIMENTO DE YESO TRADICIONAL - DÍA 2			
		Realización de pavimento continuo a base de yeso tradicional de espesor medio 2,5 cm (20 kg por metro cuadrado), con una dosificación agua/yeso de 0,6, ejecutado sobre una malla de fibra de vidrio antiálcalis de refuerzo de 10 x 10 mm que cubra la línea de discontinuidad, incluso fijado y tensado con un solape mínimo de 10 cm a cada lado, y reglas para ofrecer un acabado con planeidad.			
0,500	h	Oficial primera	22,00	11,00	
0,167	h	Ayudante	20,32	3,39	
20,000	kg	Yeso tradicional	0,31	6,20	
0,012	m ³	Agua	1,34	0,02	
0,215	m	Guardavivos PVC para yeso	0,23	0,05	
1,200	m ²	Malla de fibra de vidrio antiálcalis 250 g/m ²	5,64	6,77	
					27,43

Los datos arrojados por esta comparativa reflejan que resulta más viable económicamente la aplicación del segundo día, en la que un ayudante estuvo constantemente amasando el yeso, y tres oficiales se encargaban de su aplicación. Probablemente, el hecho de disponer solamente de una persona dedicada únicamente a amasar resultó más eficiente en la preparación del yeso, pues no se tenía que desplazar del lugar de amasado, y los tres aplicadores se encargaron de aplicar el yeso y de ir a buscar la nueva mezcla, al tiempo que cada uno consideró más conveniente, adaptándose mejor a sus propios ritmos de trabajo.

Paralelamente, se ha estudiado la viabilidad económica del revestimiento continuo de fachada con yeso tradicional, comparando su precio unitario con un revestimiento continuo de mortero de cal hidráulica, un tipo de revestimiento ampliamente extendido en la construcción convencional como acabado exterior de fachadas.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REVESTIMIENTO DE FACHADA CON YESO TRADICIONAL			
		Revestimiento continuo de fachadas a base de yeso tradicional de espesor medio 2,5 cm (20 kg por metro cuadrado), con una dosificación agua/yeso de 0,5, directamente sobre el soporte.			
0,400	h	Oficial primera	22,00	8,80	
0,400	h	Ayudante	20,32	8,13	
20,000	kg	Yeso tradicional	0,31	6,20	
0,010	m ³	Agua	1,34	0,01	
					23,14

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	REVESTIMIENTO DE FACHADA CON MORTERO DE CAL HIDRÁULICA			
		Revestimiento continuo de fachadas con mortero de cal hidráulica natural 3,5 NHL, espesor medio 2,5 cm, color a elegir por la D.F., aplicado manualmente y regleado, directamente sobre el soporte.			
0,600	h	Oficial primera	22,00	13,20	
0,600	h	Ayudante	20,32	12,19	
0,050	h	Peón ordinario	19,71	0,99	
0,029	t	Mortero de cal hidráulica natural 3,5 NHL	252,01	7,31	
0,010	m ³	Agua	1,34	0,01	
					33,70

En el caso de la aplicación experimental en fachada, la utilización de yeso tradicional igualmente es viable en términos económicos, resultando una diferencia del ~30% más barata que un revestimiento de mortero de cal hidráulica. Por lo tanto, en esta aplicación concreta, resulta más económico realizar un revestimiento en un paramento vertical con yeso tradicional, siendo una alternativa interesante para su introducción en la arquitectura contemporánea y eficaz en exteriores, recuperando además los valores y la identidad de la arquitectura tradicional local.

6.3.2.7. *Aplicación experimental en obra en pavimentos, en pasta de yeso para juntas de ladrillo y en revestimiento reproduciendo el aspecto de tapia: acondicionamiento de local como cafetería en Zaragoza (2018)*

En el 2018 se realizó la obra de rehabilitación de un antiguo local comercial en el centro de Zaragoza para su adecuación como cafetería. Se optó por proyectar unos espacios abiertos y fluidos, en los que la materialidad cumple un importante papel a la hora de preservar la identidad original del espacio.

Por lo tanto, se han conservado y puesto en valor los muros existentes de ladrillo cocido originales del edificio que ya fueron ejecutados con juntas de yeso, por lo que preservar este material en los nuevos elementos introducidos resultaba clave para dar coherencia al proyecto y coser la arquitectura contemporánea con la tradición constructiva original.

En este proyecto, el yeso tradicional se empleó para distintas aplicaciones. Por un lado, en los muros existentes de ladrillo cocido se utilizó el yeso para rellenar y consolidar las juntas (Figura 146a); por otro lado, la barra/mostrador se realizó con un revestimiento de yeso reproduciendo el sistema de la tapia de yeso (Figura 146b y c); por último, en la planta inferior se realizó un pavimento de yeso (Figura 146d).

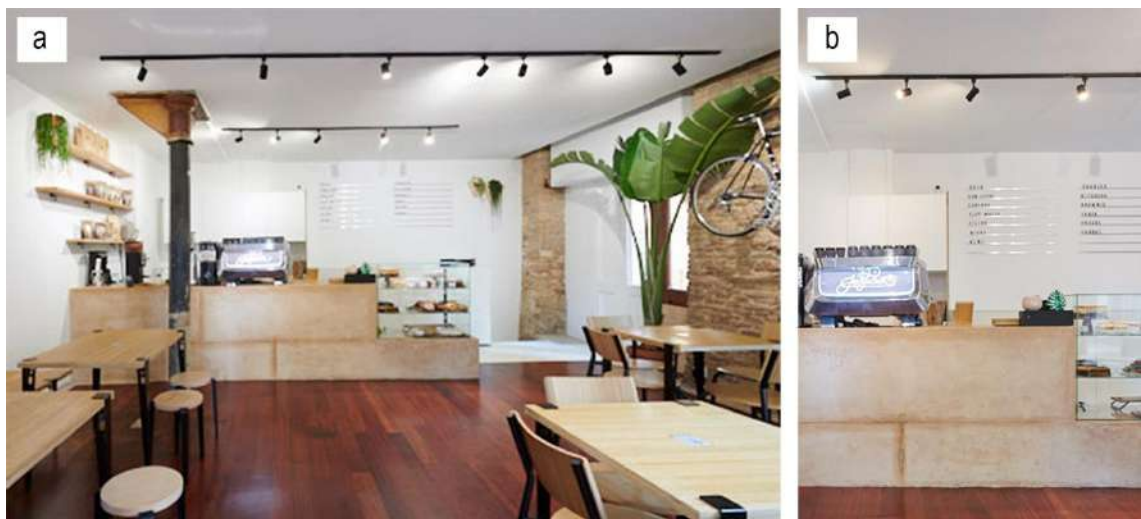




Figura 146. Imágenes de la obra de reforma finalizada: a) barra/mostrador de yeso y rejuntado de muros interiores de ladrillo; b) y c) detalle de la barra/mostrador; d) pavimento de yeso en la planta inferior. Fotografías propiedad del autor, tomadas por Iñaki Bergera Serrano.

Para la realización del pavimento de yeso tradicional, se optó por mantener las baldosas preexistentes en el local, ya que se pudo comprobar la elevada presencia de sales en las paredes perimetrales del local ocasionadas por la humedad (las baldosas actúan como un elemento de separación eficaz con la humedad del subsuelo).

Se colocó previamente a la aplicación del yeso una capa de látex como puente de unión y una malla de fibra de vidrio de 10 x 10 mm para la prevención de fisuras, microfisuras y grietas. La superficie del local era sensiblemente plana, permitiendo colocar unos regles sin necesidad de conseguir una planeidad previa para ir rellenando con el yeso.

Se utilizó una relación en volumen agua/yeso de 0,6 (correspondiente a 0,53 en peso), ofreciendo una trabajabilidad y tiempos de fraguado adecuados para su aplicación³². Esta relación agua/yeso era ligeramente inferior a otras aplicaciones análogas realizadas, posiblemente debido a que en este caso el soporte de colocación era una baldosa preexistente que no presentaba nada de absorción de agua, o debido a que, al ser una planta sótano, la humedad relativa de la estancia era mayor a la humedad presente en las otras aplicaciones. La ejecución del pavimento ofreció un resultado muy positivo, sin presencia de las uniones de los distintos tramos de vertido.

³² Comunicación personal, R. Gimeno (Zaragoza, 2018).

En el caso del rejuntado de la fábrica de ladrillo, se empleó una dosificación en volumen agua/yeso de 0,5 (correspondiente a 0,44 en peso), permitiendo realizar correctamente el rellenado de las juntas y la limpieza del contorno en los ladrillos.

Por último, el mostrador se realizó con una estructura de fábrica de ladrillo revestida con yeso en una relación en volumen agua/yeso de 0,6 (correspondiente a 0,53 en peso), reproduciendo el aspecto de la tapia.

Esta aplicación exhibió problemas de caliches incorporados dentro de los propios sacos de yeso e hidratados involuntariamente. Estas pequeñas fracciones o nódulos de cal (cal viva (CaO)) incrustadas en la masa del yeso tradicional provoca la formación de los caliches, por lo que, si un caliche está expuesto a suficiente humedad, genera una reacción exotérmica y expansiva que es capaz de ocasionar pequeñas roturas cuyas características dependen del tamaño del caliche y lo próximo que esté a la superficie exterior (Sanjuán Fernández, s.f.).

Para evitar que los daños ocasionados por el crecimiento de los caliches aumentasen, se realizó un proceso de limpieza de la superficie con vinagre de limpieza, ya que actúa disolviendo la cal, pero es inocua para el yeso. Esta aplicación consiguió ser efectiva, deteniendo las microfisuras que estaban produciéndose.

Los estudios realizados mantienen los valores de referencia estudiados anteriormente para los precios unitarios, obteniendo un presupuesto de ejecución material del orden de ~65 €/m² para el caso del pavimento y de ~80 €/m² para el caso del rejuntado y retacado.

El estudio de la viabilidad económica de la realización de la barra/mostrador con revestimiento yeso se ha comparado con una fábrica de ladrillo hueco doble enfoscado con mortero de cemento. Los rendimientos de oficial y peón de este último se han obtenido sumando los rendimientos de la fábrica de ladrillo sin revestir (0,5 h/m² según Centro 2023) y del enfoscado de mortero (0,35 h/m² según Centro 2023). En este caso, el precio unitario de la tapia de yeso se valora en €/m³, debido a que es un mostrador macizo; en cambio, el coste de la fábrica de ladrillo se valora en €/m² puesto que solamente se realizarían las caras externas del mostrador. Por este motivo, una vez obtenido el precio unitario, conviene calcular el coste final de la aplicación y traducirlo a un precio lineal para poder comparar los valores equivalentes.

Las dimensiones del mostrador son aproximadamente una superficie total ejecutada de revestimiento de 11 m² en el caso de la fábrica de ladrillo.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	MOSTRADOR DE FÁBRICA DE LADRILLO REVESTIDO CON YESO TRADICIONAL			
		Fábrica de ladrillo cerámico hueco doble 24 x 11,5 x 7 cm, de 1/2 pie de espesor, recibido con mortero de cemento CEM II/B-P y arena de río, tipo M-5, preparado en central y suministrado a pie de obra. Revestida con pasta de yeso tradicional con dosificación agua/yeso de 0,6, en paramentos verticales de 20 mm de espesor.			
0,850	h	Oficial primera	22,00	18,70	
0,850	h	Peón ordinario	19,71	16,75	
0,052	mu	Ladrillo hueco doble 24 x 11,5 x 7 cm	45,46	2,36	
0,025	m ³	Mortero de cemento gris CEM II/B-M	48,13	1,20	
20,000	kg	Yeso tradicional	0,31	6,20	
0,004	m ³	Agua	1,34	0,01	
					45,22

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	MOSTRADOR DE FÁBRICA DE LADRILLO ENFOSCADO			
		Fábrica de ladrillo cerámico hueco doble 24 x 11,5 x 7 cm, de 1/2 pie de espesor, recibido con mortero de cemento CEM II/B-P y arena de río, tipo M-5, preparado en central y suministrado a pie de obra. Enfoscado y fratasado con mortero de cemento CEM II/B-M y arena de río tipo M-10 para uso corriente, en paramentos verticales de 20 mm de espesor.			
0,850	h	Oficial primera	22,00	18,70	
0,850	h	Peón ordinario	19,71	16,75	
0,052	mu	Ladrillo hueco doble 24 x 11,5 x 7 cm	45,46	2,36	
0,025	m ³	Mortero de cemento gris CEM II/B-M	48,13	1,20	
0,005	t	Mortero de cemento CEM II/B-P para enfoscado	104,28	0,52	
0,021	m ³	Arena de río 0/6 mm	19,22	0,40	
0,500	m ³	Agua	1,34	0,01	
					39,94

El estudio de la viabilidad económica de la realización de la barra/mostrador con revestimiento de yeso reproduciendo la tapia revela que, en términos económicos, resulta un ~15% más costoso que realizarlo con un enfoscado de mortero, y que un elevado porcentaje de la actuación se destina a la realización de la estructura de la propia barra con fábrica de ladrillo hueco doble.

Adicionalmente, al ser una superficie aplicada reducida, el importe total de su realización no supuso un incremento demasiado excesivo en el precio global de la actuación, por lo que no fue determinante en el conjunto total, primando en este caso la estética y el acabado, ya que esta barra tiene un efecto “llamada” para el público, actuando casi como un escaparate.

Tal ha sido la aceptación de esta imagen y concepto de local, que en agosto de 2023 se está iniciando la reforma de otro local para esta misma empresa, que ha decidió mantener el yeso tradicional como elemento identitario, por lo que en el nuevo local también se mantiene el uso de yeso tradicional en la barra.

6.3.2.8. *Aplicación experimental en obra en pavimentos y elementos estructurales: construcción de una vivienda con pavimentos de yeso y bóveda de yeso y paja en Zaragoza (2016)*

En el año 2016 se llevó a cabo la construcción de una vivienda unifamiliar situada en el barrio de Valdefierro, en Zaragoza. Se trata de una vivienda entre medianeras en la que destaca una bóveda longitudinal de unos 10,50 metros de longitud y 3,10 metros de diámetro interior, que actúa como contrapunto arquitectónico frente al carácter anodino del barrio. Esta bóveda también conforma el espacio interior polivalente con un carácter singular. La fachada principal se compone con un paño opaco formalizado con la bóveda, y otro paño vertical semitransparente con lamas de madera que alberga la entrada principal para personas y vehículos (Figura 147). De esta forma la vivienda se cierra a la calle y a la orientación norte y se abre al patio interior de carácter privado y orientación sur, que resulta mucho más benévolo y ausente de cierzo.



Figura 147. a) y b) Fachada principal de la vivienda. Fotografías propiedad del autor, tomadas por Iñaki Bergera Serrano.

Este proyecto se realizó usando como base los materiales tradicionales que dieron origen al barrio. La estructura fue ejecutada con muros de carga hechos con adobes elaborados de manera artesanal y cogidos con mortero de cal, y los revestimientos interiores fueron realizados con barro.

En lo referente al yeso tradicional, fue el material escogido como conglomerante para estabilizar las fibras de paja de trigo utilizado para la realización de la larga bóveda de la vivienda, en una mezcla de yeso tradicional trabado con paja con un espesor de 40 cm. Aunque para su construcción se conformó una cimbra o encofrado mediante unos arcos de madera, en realidad

esta bóveda no trabaja mediante cargas puntuales, sino que, debido a la resistencia de la mezcla de yeso y paja, actúa como un volumen único y la carga se transmite en toda su superficie. Por lo tanto, los arcos de madera previamente comentados no son estructurales, y el relleno entre ellos es el que cumple la función estructural (Figura 148a).

Se utilizó el acabado interior de madera como encofrado visto para dar la forma durante el proceso de vertido y estado plástico del yeso (Figura 148b). Sobre él se colocó una lámina transpirable que sirviese tanto para evitar el desprendimiento de polvo proveniente de la paja al interior de la vivienda, como para cubrir y proteger las uniones metálicas de los arcos de madera que serían dañadas por el yeso si estuvieran en contacto directamente.

El yeso se mezcló in situ únicamente con paja y agua, realizando pruebas previas con diferentes proporciones que se midieron en volumen hasta encontrar la adecuada. Esta aplicación experimental se realizó con una relación yeso/paja de 0,2.

El yeso se mezcló primero con una cantidad de agua en relación agua/yeso en volumen entre 0,8 y 1, obteniendo una masa muy líquida con la que embadurnar y remover la paja progresivamente (Figura 148c). Se utilizó una única bala de paja grande en formato de 2,50 x 1,20 x 0,90 metros que se fueron deshaciendo y esponjando en el proceso progresivo de mezclado con el yeso en estado líquido.

La mezcla yeso/paja se fue vertiendo sobre el encofrado de madera en sucesivas capas de espesor similar a 10 cm (Figura 148d). A los pocos minutos de su aplicación, la capa aplicada ya tenía una consistencia y dureza suficientes como para transitar sobre ella, soportando el peso de los trabajadores sin deformar (Figura 148e), anticipando su excelente comportamiento estructural.

Una vez que se finalizó el vertido del yeso y la paja (Figura 148f) se procedió a colocar unos rastreles de madera, sobre los que se ejecutó el sistema de cubrición. En este caso concreto consistió en una segunda lámina impermeable/transpirable, una malla anti roedores, una segunda hilada de rastreles y un acabado de cubierta de chapa curva.

No obstante, es un sistema que admitiría cualquier tipo de cubrición convencional como cubierta de teja o incluso plana, demostrando que esta aplicación no ha limitado las posibilidades constructivas del proyecto.



Figura 148. Imágenes durante el proceso de construcción de la bóveda: a) montaje de los arcos de madera; b) encofrado inferior mediante el tablero de madera de acabado interior; c) pruebas de amasado in situ con yeso, agua y paja; d) y e) aplicación del yeso tradicional mezclado con paja sobre la bóveda; f) estado final. Fotografías del autor.

Cabe destacar que esta aplicación fue realizada por una pequeña empresa de construcción convencional con gran experiencia en bioconstrucción y rehabilitación, pero desde luego sin ser una empresa especializada en construcción con paja, con yeso tradicional ni en el sistema constructivo utilizado. El trabajo se pudo organizar con solamente unas muestras previas para determinar cómo engranar y dirigir todo el equipo y conseguir un resultado de dosificación agua/yeso que fuera estable. Por lo tanto, se considera un modelo que podría ser reproducible por otro tipo de empresas sin necesidad de una gran cualificación previa.

La realización de esta bóveda con una mezcla de yeso tradicional y paja ha supuesto numerosas virtudes en la vivienda. Estructuralmente, la bóveda permitió conformar un sistema estructural muy ligero y a la vez resistente, que tiene la gran ventaja de pesar muy poco y no transmitir apenas empujes laterales. En las plantas inferiores los muros de carga estaban realizados con adobe y no podrían haber absorbido los esfuerzos laterales que hubieran sido ocasionados por una bóveda de mayor peso (por ejemplo, hecha con ladrillo) o una cubierta a dos aguas, así que la utilización de paja y yeso supuso una solución estructural muy eficaz, a la vez que se mantenía un elemento geométrico tan singular como es la bóveda, por cuestiones proyectuales.

En términos de confort térmico, el empleo de paja con yeso ofrece una importante ventaja ya que la paja es un buen material aislante y se colocaron 40 cm de espesor, de manera que supone una reducción económica al no precisar de la colocación de aislamientos adicionales, combinando funciones estructurales y aislantes en un mismo material.

Adicionalmente, el yeso tradicional se empleó para los revestimientos interiores de la vivienda, como son los pavimentos de todas las estancias (Figura 149a y b) y los revestimientos de las paredes del baño, donde se utilizó yeso con un acabado “raspado”, una solución que le otorga una textura y una policromía adicional (Figura 149c).

La aplicación en los pavimentos partió de la necesidad de utilización de un sistema de suelo radiante, con aporte de calefacción para invierno y refrigeración para verano, produciendo dilataciones térmicas en el material de cobertura (habitualmente mortero). En esta ocasión, se optó por un sistema preindustrializado suministrado por la empresa Hormigones Lafarge de Holcim España, consistente en la aplicación de un mortero de anhidrita amasado en su planta de hormigonado, transportado hasta la obra e impulsado mediante bombeo con grúa en un estado muy líquido.

Se trata de un mortero autonivelante de elevadas prestaciones de conductividad térmica, especialmente diseñado para uso de suelos radiantes, en base sulfato de calcio deshidratado (anhidrita), libre de cemento y preparado con una cuidadosa selección de áridos que le permiten ofrecer unas excelentes propiedades mecánicas y de conductividad térmica. Se aplicó una única capa de unos 5-7 cm de espesor que cumplió una doble función: envolver a los tubos del suelo radiante para generar inercia térmica y funcionar como capa de acabado.

El proceso de endurecimiento duró 1 semana, periodo durante el cual la superficie endurece. Hay que tener en cuenta que pueden aparecer desperfectos que impiden dejarlo como acabado visto, como es la formación de burbujas durante el secado, partículas de polvo adheridas que

queden impresas o cualquier tipo de imperfecciones o microfisuras. Esto obliga necesariamente a prever un lijado del suelo, mediante una máquina lijadora industrial de disco, habitualmente usada para mármoles, terrazos y hormigón, así como una aplicación final de una cera de acabado. Como se ha documentado en anteriores aplicaciones experimentales, se probó el aceite de oliva, pero no se consideró oportuno por cuestiones estéticas y de rendimiento, y finalmente se optó por una solución con un producto industrializado preparado para suelos de madera.

La empresa encargada de aplicar este mortero permitía añadir pigmentos para tener acabados en diferentes colores, pero se utilizó el acabado con el color natural.

Anteriores aplicaciones experimentales han permitido valorar las numerosas ventajas estéticas que ofrecen los pavimentos continuos de yeso tradicional, demostrando que la utilización de sistemas constructivos tradicionales puede ser compatible con las preferencias estéticas actuales.



Figura 149. Diferentes acabados interiores realizados con yeso tradicional: a) y b) pavimento de pasillo y salón; c) paredes del baño. Fotografías propiedad del autor, tomadas por Iñaki Bergera Serrano.

Este proyecto ha recibido varios premios de arquitectura y menciones de construcción sostenible y ecológica. A nivel nacional, ha sido galardonado con el Premio a Tipología Residencial Unifamiliar de los Premios de Construcción sostenible de Castilla y León de 2017-2018 y finalista en el Trofeo Ricardo Magdalena 2017 otorgado por el Instituto Fernando el Católico.

A nivel internacional, este proyecto también ha logrado un valioso reconocimiento ya que ha sido seleccionado como uno de los mejores 40 proyectos del mundo a través del premio

TERRAFIBRA Award 2022, por lo que ha sido publicada en el libro de difusión internacional “TerraFibra Architectures” donde se recogen los proyectos finalistas de dicho premio (Gauzin-Müller y Vissac, 2021).

El estudio de viabilidad económica de los revestimientos de yeso se ha realizado utilizando los rendimientos y precios unitarios documentados en las aplicaciones experimentales anteriores, obteniendo un precio de ~25 €/m² para revestimientos en paramentos verticales en los que se usó yeso tradicional de Albarracín.

En el caso del pavimento de base de anhidrita, se ha incorporado el incremento correspondiente al uso de una lijadora mecánica y a la aplicación de un aceite de terminación, según el proceso constructivo descrito.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	PAVIMENTO CON MORTERO AUTONIVELANTE DE ANHIDRITA			
		Recrecio de mortero autonivelante en base anhidrita CA-C20-F4 para capas base de pavimentos y nivelación a partir de 2,5 cm de espesor, ideal como mortero de recrecidos de hasta 1.000 m ² sin juntas de bajo espesor, 20 MPa de resistencia a compresión a 28 días, aplicado mediante bombeo por Aplicadores certificados por LafargeHolcim con preparación de obra. Incluso lijado y aplicación de capa superficial con aceite de terminación.			
0,900	h	Oficial primera	22,00	19,80	
0,900	h	Peón especializado	20,06	18,05	
0,050	m ³	Mortero anhidrita CA-C20-F4	147,33	7,37	
2,500	kg	Líquido de curado LafargeHolcim	2,00	5,00	
1,000	l	Aceite de terminación	4,86	4,86	
0,030	h	Bomba hormigón estacionaria 10-25 m ³ /h	23,44	0,70	
0,300	h	Lijadora mecánica	13,12	3,94	
					59,72

La aplicación experimental de este pavimento ha permitido corroborar que, aunque aparentemente pudiera suponer un importante ahorro económico (por ser un sistema semiindustrializado y estandarizado), la aplicación final resultó tener un coste elevado que no era esperado y produjo un impacto en el presupuesto.

Además, se ha podido documentar que este tipo de pavimentos supone un riesgo con respecto al acabado final. Aunque se trata de un material que por prestaciones es ideal para la realización de pavimentos continuos (según las casas comerciales que lo comercializan se pueden realizar hasta 1.000 m² sin juntas) y en la fecha de realización de esta aplicación se ofertaba como un material de acabado final, lo cierto es que en el momento de redacción de este trabajo ya no se aconseja con esta finalidad y no se considera apto como capa de terminación.

En el caso de la bóveda, la singularidad de esta aplicación dificulta realizar una comparativa económica con respecto a otra solución estructural similar. No obstante, en el proceso de evaluación del precio final y su viabilidad se ha comparado con soluciones constructivas convencionales de forjados horizontales: forjado de vigueta semirresistente y bovedilla y forjado de losa maciza de hormigón armado.

El precio unitario de la paja se ha establecido en 0,34 €/kg PEM, y se utilizó una única bala grande para toda la aplicación en formato 2,50 x 1,20 x 0,90 m que se esponjó.

Conociendo las dimensiones de la bóveda, se ha calculado que el volumen total ejecutado fue de 43,6 m³. Se determinaron las horas de mano de obra para 1 oficial y 1 peón en 2 jornadas de 8 horas, con un rendimiento de 0,367 h/m³.

El rendimiento en peso tanto del yeso como de la paja utilizados en la aplicación se puede calcular conociendo su densidad, con un rendimiento de 160 kg/m³ (20% del volumen) en el caso del yeso de 240 kg/m³ en el caso de la paja (80% del volumen).

Por otro lado, el rendimiento encofrado continuo se ha obtenido calculando la superficie interior de la bóveda, con un resultado de 102,3 m², lo que supone un rendimiento de 2,346 m²/m³.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ³	BÓVEDA CON YESO Y PAJA			
		Bóveda de yeso y paja en una dosificación 20/80, elaborado in situ, incluso encofrado de madera, vertido manualmente y colocado			
0,367	h	Oficial primera	22,00	8,07	
0,367	h	Peón ordinario	19,71	7,23	
160,000	kg	Yeso tradicional	0,31	49,60	
240,000	kg	Paja natural	0,34	81,60	
0,160	m ³	Agua	1,34	0,21	
2,346	m ²	Encofrado forjado horizontal tablero continuo	12,79	30,01	
					176,72
					COSTE POR SUPERFICIE x 0,40 m
				(€/m ²)	70,69

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ²	FORJADO UNIDIRECCIONAL DE VIGUETAS SEMIRRESISTENTES			
		Forjado unidireccional de bovedilla cerámica formado por nervios de vigueta de hormigón pretensado semirresistentes, separadas entre ejes aprox 72 cm, de 25+5 cm de canto (nervio + capa de compresión), capa de compresión de 5 cm y relleno de nervios y refuerzos con hormigón, armado con mallazo de reparto de acero corrugado B500 S #200 x 300 x 5 mm, y entrevigado con bovedillas cerámicas de 62 x 24 x 17 cm. Totalmente terminado, incluso acero para armado de negativos y refuerzos, macizados, vertido mediante camión-bomba, vibrado y curado de hormigón.			
0,132	h	Oficial primera encofrador	22,00	2,90	
0,132	h	Ayudante encofrador	20,99	2,77	
0,150	h	Grúa pluma 30 m	18,82	2,82	
1,389	m	Vigueta semirresistente hormigón pretensado	5,03	6,99	
5,787	ud	Bovedilla cerámica 62 x 24 x 17 cm	0,79	4,57	
1,200	m ²	Malla electrosoldada 200 x 300 x 5 mm	2,19	2,63	
0,062	m ³	Hormigón HA-25/B/20/XS1	77,55	4,81	
1,800	kg	Acero corrugado B500 S	1,66	2,99	
1,000	m ²	Encofrado forjado unidireccional discontinuo	15,40	15,40	
					45,88

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ³	FORJADO DE LOSA MACIZA DE HORMIGÓN ARMADO HA-25			
		Losa de hormigón armado HA-25/B/20/XC2, de resistencia 25 N/mm ² , consistencia blanda, tamaño máximo de árido 20 mm, elaborado en central, para relleno de losas macizas horizontales, armado con acero B500 S con una cuantía de 85 kg/m ³ , vertido por medio de camión-bomba, vibrado, curado y totalmente terminado			
0,270	h	Oficial primera	22,00	5,94	
0,270	h	Peón ordinario	19,71	5,32	
0,120	h	Vibrador hormigón 230V	1,50	0,18	
0,150	h	Regla vibrante eléctrica 230V	2,25	0,34	
0,014	h	Desplazamiento bomba	110,00	1,54	
1,000	m ³	Bombeo hormigón pluma 32 m	17,60	17,60	
1,080	m ³	Hormigón para armar HA-25/B/20/XC2	106,00	114,48	
0,020	%	Pequeño material	30,92	0,62	
85,000	kg	Acero corrugado B500 S	1,66	141,10	
1,000	m ²	Encofrado forjado horizontal tablero continuo	12,79	12,79	
					299,91
					COSTE POR SUPERFICIE x 0,40 m
					(€/m ²) 119,96

Esta aplicación innovadora ha resultado ser más costosa que un forjado de vigueta semirresistente (un ~50% más), pero ha resultado más económica (un ~40%) que una losa de hormigón armado, con una diferencia de 50 €/m³; teniendo en cuenta que la superficie ejecutada fue de 102,3 m³, la bóveda supone una reducción de coste en más de 5.000 €.

Además, la viabilidad de esta aplicación del yeso tradicional no se justifica solamente en términos económicos, sino también funcionales y constructivos, ya que es un sistema que ha permitido dar una solución estructural sencilla y eficaz, y unas condiciones adecuadas de confort térmico sin la necesidad de colocación de aislamientos adicionales, a la vez que se fomenta la utilización de materiales ecológicos de escaso impacto ambiental.

6.3.2.9. *Aplicación experimental en obra de yeso tradicional en juntas de ladrillo de adobe y ladrillo cerámico para escalera tabicada: reforma de una vivienda en San Mateo de Gállego (Zaragoza, 2020)*

Se realizó la rehabilitación de una vivienda tratando de preservar los materiales tradicionales preexistentes en la misma. La estructura original de la vivienda, constituida por muros de carga de mampostería y forjados con vigas de madera, se mantuvo, pero la distribución interior se construyó nuevamente para dar servicio a los nuevos requisitos habitacionales. Se emplearon tabiques realizados con adobes artesanales de 1/2 pie de espesor, recibidos con pasta de yeso para formalizar las juntas (Figura 150).

Primeramente, se realizó un replanteo del trazado de los tabiques y se colocaron unas primeras dos hiladas de ladrillo gero de hormigón, recibidos con mortero de cal debido a la posible ascensión capilar de la humedad presente en el subsuelo o como zócalo que proteja al muro de adobe de los procesos de limpieza y fregado de la vivienda.

Posteriormente, sobre estas dos hiladas, se procedió a levantar el resto del muro con los adobes artesanales, cogidos con pasta de yeso en una relación agua/yeso en volumen de 0,5 (correspondiente a 0,44 en peso), que permitió un equilibrio entre la consistencia de la pasta y una trabajabilidad adecuada. Se emplearon unos regles (guías) verticales para asegurar una correcta verticalidad del tabique, así como unos cordeles atados a estos para garantizar una adecuada horizontalidad de las hiladas y las juntas.

Los tabiques de adobe y yeso fueron realizados por una empresa constructora convencional de la misma localidad, conformada por tan solo dos trabajadores sin vínculo previo con la bioconstrucción o la restauración, confirmando que estos materiales no ofrecen ninguna dificultad añadida. Las únicas posibles dificultades técnicas, como son la propia verticalidad del muro y la traba entre los ladrillos para conseguir un muro estable y vertical, son idénticas tanto en esta aplicación como en las soluciones constructivas convencionales como un tabique de fábrica de ladrillo y mortero de cemento.

Además, esta técnica demostró una gran adaptabilidad por parte de los trabajadores, quienes se ajustaron fácilmente a la textura de la pasta de yeso que se requería para trabajar: con una consistencia y rigidez suficiente para que el ladrillo no comprimiéndose en exceso la junta, con una hidratación suficiente que ofreciera un tiempo de trabajo que les permitiera colocar unos 10-15 ladrillos antes de hacer la siguiente amasada y conseguir un adecuado ritmo de trabajo entre el amasado del yeso y su aplicación en las juntas.



Figura 150. Imágenes de obra de la construcción de los tabiques con adobes cogidos con mortero de yeso: a) Aragón TV (2020); b) fotografía del autor.

Además, se procedió a la realización de una escalera tabicada con la técnica de bóveda tabicada con la participación de la empresa Salvador Gomis Aviño (Figura 151). Se trata de la recuperación de una técnica muy antigua que proviene del siglo XII, en la época islámica (desarrollado en el apartado 4.2.1.2.b), que permite ejecutar bóvedas sin cimbra ni andamios, gracias a que el yeso empleado como ligante fragua en poco tiempo, evitando así el uso de madera en regiones con escasez de la misma (Almagro Gorbea, 1986).

Los trabajos se realizaron en tan solo dos días. El primer día se inició con la realización de replanteo, dibujando los peldaños y el trazado de la bóveda en el muro lateral. Posteriormente, se picó el revestimiento del muro en la zona de contacto con la bóveda que sostendría la escalera, mejorando así el anclaje entre el muro preexistente y la bóveda a realizar. Después se ejecutaron las dos roscas de ladrillo. La rosca inferior de la bóveda de la escalera se realizó con piezas cerámicas cogidas con yeso amasado con agua en una relación agua/yeso del 0,45 en volumen (correspondiente a 0,40 en peso) (Figura 151a-c), permitiendo un rapidísimo endurecimiento y adherencia de los ladrillos al soporte y también entre ellos. Cuando se endureció la primera rosca tras el paso de una hora, se procedió a la realización de la rosca superior con piezas cerámicas tomadas en este caso con mortero de cemento (Figura 151d-f). Una vez realizadas las dos roscas de la bóveda, se dejaron descansar y endurecer durante la noche.

Al día siguiente se colocaron los peldaños, siguiendo el trazado dibujado en la pared el día anterior, ejecutados también con ladrillos cerámicos, completando todos los trabajos en dos días laborables (Figura 151g).





Figura 151. Construcción de la escalera con bóveda tabicada empleando yeso en las juntas de las piezas cerámicas: a) - c) ejecución de la primera rosca con piezas cerámicas cogidas con yeso, donde se aprecia la gran rapidez del yeso que permite la realización de la bóveda sin necesidad de apuntalar; d) y e) comienzo de la segunda rosca sobre la primera; f) bóveda tabicada terminada; g) colocación de peldaños sobre la bóveda tabicada. Fotografías del autor.

Se ha evaluado la viabilidad económica del tabique de adobe recibido con pasta de yeso tradicional comparándolo con un tabique de adobe recibido con mortero de cal.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m²	TABIQUE DE ADOBE CON PASTA DE YESO			
		Tabique de adobe realizado a mano y secado al sol de medidas 30 x 15 x 8 cm, recibido con pasta de yeso tradicional, incluso replanteo, aplomado y recibido de cercos, roturas, humedecido de las piezas, limpieza y medios auxiliares.			
0,380	h	Oficial primera	22,00	8,36	
0,190	h	Peón ordinario	19,71	3,74	
23,000	mu	Adobe 30 x 15 x 8 cm de barro con paja secado al sol	0,18	4,14	
0,010	m ³	Yeso tradicional	248,00	2,48	
0,005	m ³	Agua	1,34	0,01	
					18,73

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m²	TABIQUE DE ADOBE CON MORTERO DE CAL			
		Tabique de adobe realizado a mano y secado al sol de medidas 30 x 15 x 8 cm, recibido con mortero de cal, incluso replanteo, aplomado y recibido de cercos, roturas, humedecido de las piezas, limpieza y medios auxiliares.			
0,380	h	Oficial primera	22,00	8,36	
0,190	h	Peón ordinario	19,71	3,74	
23,000	mu	Adobe 30 x 15 x 8 cm de barro con paja secado al sol	0,18	4,14	
0,010	m ³	Mortero de cal M-10	87,08	0,87	
0,005	m ³	Agua	1,34	0,01	
					17,12

Los resultados reflejan que el precio del tabique de adobe empleando yeso tradicional como ligante es muy similar al del tabique de adobe con mortero de cal, con un incremento que no

supera el 10%, resultando así una aplicación perfectamente viable y que tiene un valor añadido por la recuperación y puesta en valor de una técnica tradicional.

Por otro lado, el estudio de la viabilidad económica de la técnica de escalera tabicada se ha realizado mediante una comparativa con una losa inclinada de hormigón armado vista y formación de peldaño con ladrillo hueco doble. Los rendimientos de trabajo se han obtenido de la suma de los dos días: para el primer día en el que se realizó la bóveda, se invirtieron 8 horas de trabajo para ejecutar 5 m², con un rendimiento de 1,6 h/m²; para el segundo día en el que se realizó el peldaño, se invirtieron 8 horas para ejecutar 16 metros lineales (16 peldaños), con un rendimiento de 0,5 h/m. En el caso del peldaño, como el importe unitario se calcula en metros lineales, debe aplicarse una corrección al precio obtenido de 16 metros para 5 m² = 3,2 m/m².

UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
m²	FORMACIÓN DE BÓVEDA TABICADA			
	Bóveda cerámica formada por dos tableros de ladrillo huecos sencillo de 24 x 12 x 4 cm, el primero recibido con pasta de yeso tradicional para dejarla vista y el segundo recibido sobre capa de mortero de cemento CEM II/B-M y arena de río tipo M-5, sin utilización de cimbras ni encofrados.			
1,600	h Oficial primera	22,00	35,20	
1,600	h Ayudante	20,32	35,21	
73,000	mu Ladrillo hueco sencillo 24 x 12 x 4 cm	0,18	13,14	
0,015	m ³ Yeso tradicional	248,00	3,72	
0,007	m ³ Agua	1,34	0,01	
0,015	m ³ Mortero de cemento gris CEM II/B-M	48,13	0,72	
				85,30
m	FORMACIÓN DE PELDAÑO			
	Formación de peldaño de escalera con ladrillo hueco doble de 25 x 12 x 8 cm, recibido con mortero de cemento CEM II/B-M y arena de río tipo M-5, incluso replanteo y limpieza.			
0,500	h Oficial primera	22,00	11,00	
0,500	h Ayudante	20,32	10,16	
18,000	mu Ladrillo hueco doble 25 x 12 x 8 cm	0,12	2,16	
0,015	m ³ Mortero de cemento gris CEM II/B-M	48,13	0,72	
0,008	m ³ Agua	1,34	0,01	
				24,05
				COSTE POR SUPERFICIE x 3,200 m/m ²
				(€/m ²) 76,96
				TOTAL 162,26

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
m² ESCALERA CON LOSA INCLINADA DE HORMIGÓN ARMADO HA-25					
Losa de hormigón armado HA-25/B/20/XC2 y espesor 15 cm, de resistencia 25 N/m ² , consistencia blanda, tamaño máximo de árido 20 mm, elaborado en central, para relleno de losas macizas inclinadas en escaleras, armado con acero B500 S con una cuantía de 85 kg/m ³ , encofrado visto de madera y desencofrado, vertido por medio de cambi6n-bomba, vibrado, curado y totalmente terminado.					
0,450	h	Oficial primera	22,00	9,90	
0,450	h	Pe6n ordinario	19,71	8,87	
0,450	h	Vibrador hormig6n 230V	1,50	0,68	
0,014	h	Desplazamiento bomba	110,00	1,54	
1,000	m ³	Bombeo hormig6n pluma 32 m	17,60	17,60	
0,150	m ³	Hormig6n para armar HA-25/B/20/XC2	106,00	15,90	
0,020	%	Peque6o material	54,49	1,09	
16,000	kg	Acero corrugado B500 S	1,66	26,56	
1,000	m ²	Encofrado de madera losas inclinadas visto	19,77	19,77	
					101,91
m FORMACI6N DE PELDA6EADO					
Formaci6n de pelda6eado de escalera con ladrillo hueco doble de 25 x 12 x 8 cm, recibido con mortero de cemento CEM II/B-M y arena de r6o tipo M-5, incluso replanteo y limpieza.					
0,500	h	Oficial primera	22,00	11,00	
0,500	h	Ayudante	20,32	10,16	
18,000	mu	Ladrillo hueco doble 25 x 12 x 8 cm	0,12	2,16	
0,015	m ³	Mortero de cemento gris CEM II/B-M	48,13	0,72	
0,008	m ³	Agua	1,34	0,01	
					24,05
COSTE POR SUPERFICIE x 3,200 m/m ²					
					(€/m²) 76,96
TOTAL					178,87

Mediante esta aplicaci6n, se ha podido comprobar la viabilidad t6cnica, est6tica y econ6mica de este sistema constructivo, hasta el punto de que result6 un 10% m6s econ6mica que realizar la escalera de forma convencional con estructura de hormig6n. Una escalera realizada con estructura de madera en el a6o 2023 con las mismas caracter6sticas (escalera recta de un tramo, con 4 pelda6os compensados al inicio) est6 valorada en 2.200 € seg6n la empresa Construcciones Canadienses S.L.³³ especializada en construcci6n con madera, cuyo precio PEM se situar6a entre 1.500 €, con un precio unitario de 300 €/m². La aplicaci6n con b6veda tabicada ha resultado casi un 50% m6s econ6mica que la estructura con madera.

En conclusi6n, gracias a la realizaci6n de la aplicaci6n experimental se ha podido comprobar que esta t6cnica constructiva, adem6s de sus virtudes est6ticas y su enraizamiento con las t6cnicas constructivas originales de los municipios aragoneses, encaja tambi6n desde una perspectiva meramente econ6mica, por lo que puede ser una t6cnica interesante para reintroducir en la arquitectura contempor6nea.

³³ Comunicaci6n personal, M. A. Aranda (Zaragoza, 2023).

6.3.2.10. Aplicación experimental en muro de tapia de yeso y brencas: II Jornadas de yeso en Calamocha (Teruel, 2018)

Tras el análisis del amplio espectro de las técnicas constructivas y posibilidades de aplicación que ofrece el yeso tradicional, descritas en el apartado 4.2.3, ha sido posible confirmar que, hoy en día, aunando el buen saber de un oficial experimentado en la construcción convencional y la documentación realizada en esta investigación, estas aplicaciones se podrían recuperar e incluso reproducir en su gran mayoría.

Por tanto, un albañil actual que desee aplicar un enlucido de yeso tradicional o una fachada de yeso tradicional, puede realizar estos trabajos sin dificultad, ya que dispone del conocimiento de replanteo, obtención de plomos y niveles, formalización de esquinas, y las pocas dificultades que este material podría tener con respecto a materiales actuales como el yeso comercial, la cal o el mortero de cemento, son fácilmente salvables con unas pruebas iniciales para adaptar la relación de agua/yeso y la velocidad de endurecimiento a las condiciones específicas del día y lugar de aplicación.

Sucede lo mismo si el oficial desea realizar un muro de mampostería o de ladrillo con argamasa realizada con yeso tradicional, y es que la aplicación de este material no conlleva una gran diferencia con respecto a la aplicación que los albañiles están habituados a realizar en su día a día con morteros de cemento o cal.

En cambio, los pavimentos de yeso sí que precisan de un mayor conocimiento específico, pero hoy en día todavía perduran ciertas empresas capaces de aplicarlo de forma correcta, como se ha comprobado en las anteriores aplicaciones experimentales.

Sin embargo, de todas las técnicas constructivas documentadas y analizadas, ha destacado una de la que no se ha podido encontrar testimonio oral ni escrito, que detalle el procedimiento de ejecución: es la técnica de tapia de yeso con brencas. Este hecho abre la necesidad de investigar este proceso constructivo ya que fue una técnica muy recurrente y habitual, sobre todo en la zona central de Teruel, en concreto en las comarcas próximas a los ríos Jiloca y Jalón.

De hecho, fue una técnica tan predominante en esta región específica que no solamente se aplicaba en edificios residenciales, sino que también fue muy habitual en todo tipo de edificios (Figura 152).





Figura 152. Distintos edificios en la zona central de Teruel, en los que se puede apreciar con claridad la técnica de tapia de yeso con breccas en a) - d) los alrededores de Calamocha (Teruel) y e) - i) los alrededores de Caminreal (Teruel). Fotografías del autor.

Con el objetivo de documentar cómo era la técnica que se usaba para estas construcciones, se realizó una aplicación experimental en el año 2018, que consistió en el levantamiento de tres secciones de muro realizado con tapia de yeso vertido en masa con breccas realizadas con yeso en estado plástico colocado con clara intención estética, además de las ventajas estructurales que aporta.

Para reproducir esta técnica se pudo contar con la ayuda de varios especialistas, como los artesanos Pepe Rodrigo y Antonio Meda, la participación de los investigadores Antonio Almagro y Fermín Font, y la colaboración de los investigadores David Sanz, Fernando Vegas, Vincenzina La Spina, Antonia Navarro y Belén Sánchez y los investigadores del Centro de Estudios del Jiloca (Emilio Benedicto y Fran Martín), así como con los profesionales en construcción de la empresa Domoterra (Quique Salgado y Bárbara Mas), Mateo Ortoleda, Fernando Ortega y Jesús García Maynar, formando un equipo con el que se llevó a cabo la realización de un curso teórico y la ejecución de un muro de tapia de yeso, y pasta de yeso para las juntas.

El proceso se inició a través de la participación en el Diseño del elemento a construir, de las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura de Aragón (Universidad de Zaragoza (Unizar) y Universidad San Jorge (USJ)), donde los grupos de alumnos recibieron una clase sobre las posibilidades del yeso y realizaron el diseño de prototipos que fueron validados por un jurado. El elemento final a construir consistió en un conjunto de tres piezas (muros) que se miran entre sí, dialogan con el entorno y enmarcan el paisaje por medio de unas aberturas en los muros.

A continuación, se describe el proceso constructivo seguido que puede ser utilizado como guía en el caso de querer reproducir la técnica de tapia con baja proporción de conglomerante (yeso o cal).

El proceso constructivo debe iniciarse con la construcción de un zócalo que ofrezca mayor resistencia a los agentes externos, como es el agua de lluvia, que puede inundar la base de los muros por la escorrentía o la ascensión capilar de la humedad del terreno. En este caso, no fue necesaria la realización del zócalo previo puesto que ya se dispuso de un “podio” de hormigón ejecutado unos días antes. No obstante, los primeros centímetros de muro se realizaron con una mayor proporción de yeso para asegurar una mayor resistencia.

Se realizó un encofrado en ambas caras del muro en dos alturas al modo tradicional “tapiales” o “tapialera”, que consiste en (1) 2 tableros rectangulares o “tapiales” laterales, (2) 2 tableros frontales o “fronteras”, 5 “agujas”, (3) 6 trabas verticales o “costillas” (4 en los laterales y 2 en el centro para trabar los tableros de encofrado), (4) 3 trabas horizontales o “cruceas” atando las costillas (2 en los laterales y 1 en el centro), en ocasiones sustituidas por sogas, (5) 6 cuñas de madera y (6) 2 “codales” troncocónicos (Figura 153). Adicionalmente, se realizó un encofrado con los métodos actuales construido según las indicaciones y diseño por el Arquitecto Técnico Fermín Font, permitiendo evaluar posibles diferencias en el rendimiento con la utilización de ambos sistemas.

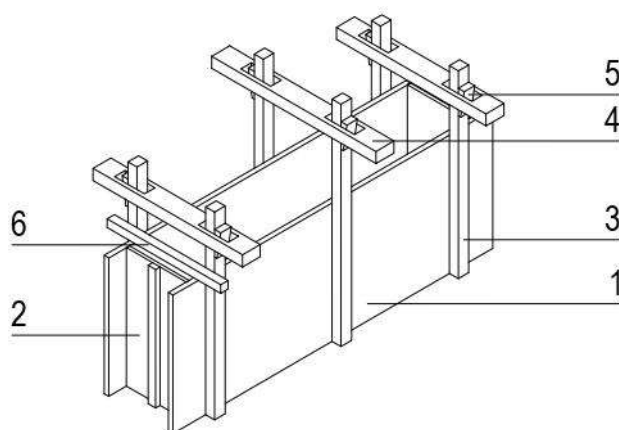


Figura 153. Esquema del encofrado tradicional utilizado para la realización de los muros de tapia de yeso. Elaboración propia.

Tras la realización del encofrado (Figura 154a-c), se comenzó a verter el material de relleno de yeso y grava sobre la primera capa de unos 10 cm realizada con yeso más puro (mayor proporción de yeso/agua) (Figura 154d). Para el relleno de la tapia de yeso se utilizó una mezcla con grava con una relación yeso/grava en volumen de 1:1. El vertido se realizó en tongadas de

unos 10-15 cm, empleando piedras de gran formato para realizar la conexión y la cohesión entre las distintas capas (Figura 154e), con piedras inertes, de alta resistencia, colocadas lo suficientemente separadas entre sí para que la masa de yeso las envuelva por completo. Este sistema permitía además la utilización de una menor cantidad de un material costoso como es el yeso, por la necesidad de cocción, frente a la piedra, un material muy barato, ya que no necesita ningún tipo de procesado y abarata el proceso de construcción. Por lo tanto, la proporción “real” en volumen terminado de yeso/grava fue menor, cercana al 1:2.

El material de vertido ofreció una plasticidad lo suficientemente maleable como para admitir una pequeña compactación realizada mediante un pisón. Esto permitía asegurar que la masa de yeso se introduciría por todas las zonas y envolvería adecuadamente las piedras, generando un elemento cohesionado minimizando la cantidad de poros en el interior y asegurando un buen comportamiento del material.

El volumen de los tapiales (encofrados) se rellenó por tongadas formalizando la tapia hasta la altura en la que se realizaría la breña. La reproducción de este elemento tradicional supuso un gran reto puesto que no se pudo localizar documentación referente a su realización en el pasado y tampoco se logró contactar con ningún antiguo trabajador que la hubiera ejecutado por sí mismo anteriormente. Por lo tanto, nos enfrentamos por primera vez a la situación de recuperar una técnica constructiva tradicional sin disponer de los conocimientos documentados de una manera pormenorizada. Sin embargo, la pericia de los albañiles que colaboraron en la aplicación sirvió de guía en este proceso de descubrimiento, el cual resultó más sencillo de lo que cabría esperar en un inicio.

En la arquitectura tradicional, las breñas siempre son identificables a simple vista por tener un color y una textura que reflejan la mayor cantidad de yeso. En este caso se utilizó yeso puro que también podía albergar piedras (yeso “ciclópeo”) para reducir la cantidad de material cocido y abaratar el sistema.

Como el yeso es un material tan plástico y moldeable, pudimos descubrir durante el proceso de ejecución que la breña es esencialmente un elemento decorativo como otros tantos elementos de yeso, simplemente con disponer de unas líneas dibujadas en el tablero del encofrado se podía reproducir perfectamente. Las breñas se realizaron dando la forma que sería visible al desencofrar (Figura 154f-j), con el material plástico, que en apenas 20 minutos ya había endurecido, según el proceso representado en el esquema de la Figura 155. Posteriormente, se

continuó rellenando con el material de relleno siguiendo el mismo proceso descrito anteriormente.

Una ventaja, que presumiblemente ofrece el yeso tradicional frente a otros conglomerantes históricos como la cal en la realización de brenca, es la velocidad de fraguado. El rápido proceso de endurecimiento del yeso permite realizar estos elementos y además poder continuar con el rellenado de la tapia de manera casi continua. En cambio, el mortero de cal puede tardar varios días en adquirir una textura lo suficientemente rígida como para seguir rellenando y apisonando en capas posteriores con la garantía de que no se deformará, lo cual generará distorsiones en el dibujo de la brenca en el momento del desencofre.



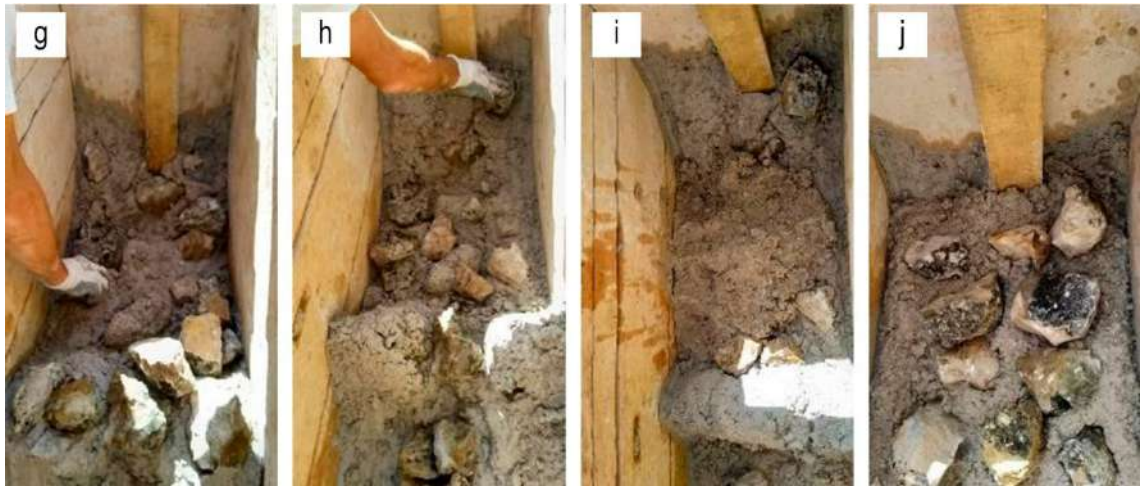
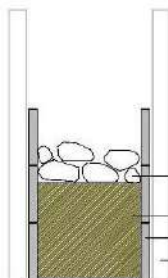


Figura 154. Distintas fases del proceso de ejecución del muro de bloques de tapia de yeso con ornamentación de brencas: a) encofrado utilizado para la construcción; b) y c) montaje del encofrado; d) comienzo de colocación de la tapia con una mayor relación de yeso y posterior vertido de la tapia con una relación yeso/grava de 1:1; e) colocación de piedras para aumentar la cohesión; f) - j) aplicación del yeso puro para las juntas, en la que se va dando la forma de la brencia que será visible tras el desencofrado. Fotografías del autor.

VERTIDO DE YESO LÍQUIDO

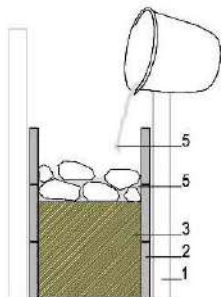
Fase 1

Colocación de piedras de gran tamaño encajadas



Fase 2

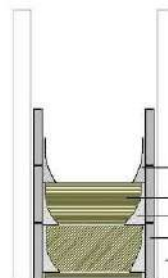
Vertido del yeso líquido para que filtre y endurezca



TAPIA DE YESO CON REVESTIMIENTO

Fase 1

Colocación con lana del yeso puro de revestimiento



Fase 2

Colocación del relleno y compactación con pisón

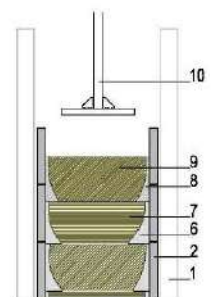


Figura 155. Esquema del proceso seguido para la realización del sistema de brencas. Elaboración propia.

- | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| (1) Costilla del encofrado | (5) Yeso líquido vertido | (8) Nuevo yeso recién colocado con lana |
| (2) Tablero o "tapial" | (6) Yeso colocado con lana | (9) Nueva tongada de yeso de 10-15 cm |
| (3) Tongada previa de muro | (7) Yeso compactado y fraguado | (10) Pisón utilizado para compactar |
| (4) Piedra inerte de gran formato | | |

Posteriormente se completó con hiladas hasta alcanzar la altura total del encofrado. Se realizó una segunda altura del encofrado construida sobre el primer tramo de muro, utilizando 3 agujas para anclar las costillas verticales (Figura 156).



Figura 156. a) y b) Montaje de la segunda altura del encofrado utilizando el mismo sistema tradicional. Fotografías del autor.

Tras desencofrar, las breccas realizadas fueron claramente visibles, ofreciendo un resultado similar al observado en las distintas construcciones tradicionales de la zona central de Teruel explicadas anteriormente. Las agujas utilizadas para la segunda altura del encofrado se extrajeron con facilidad una vez que el yeso hubo fraguado, dejando visibles tres orificios (Figura 157).

La sinceridad constructiva de esta aplicación experimental con tapia de yeso no permite percibir el resultado final hasta el momento del desencofrado, ni tampoco si la compactación del material de relleno había sido adecuada. La calidad técnica de las personas que acompañaron a lo largo de todo el proceso permitió obtener una buena compactación homogénea durante todo el proceso constructivo, reflejando al desencofrar un resultado positivo. En cambio, equipos con menor experiencia en la utilización de un sistema tan sincero pueden suponer un riesgo, ya que, si el resultado ha sido exitoso o no, no puede identificarse hasta que se ha concluido y se inicia el desmoldado, momento en el que ya es tarde para aplicar correcciones.

Se pudo comprobar que la utilización del encofrado moderno no aportó una gran mejora con respecto al encofrado tradicional, ofreciendo rendimientos similares de productividad. El encofrado moderno, consistente en tableros continuos tricapa, evitó tener la impresión de las vetas de la madera presentes en los tableros de encofrado tradicional. En ambos casos se experimentó una elevada complejidad para mantener la línea vertical durante el proceso de desencofrado y elevar la altura de la tapia, apreciando un pequeño desplome en la aplicación y constatando que el proceso de ejecución de tapia requiere buenas habilidades de encofrado y desencofrado.



Figura 157. Resultado final del muro de tapia: a) muro de tapia donde son visibles las brenchas de yeso; b) detalle de las brenchas; c) y d) conjunto de los tres muros de tapia finalizados. Fotografías del autor.

En el análisis de la viabilidad económica de esta aplicación se ha comparado el coste de realización de la tapia de yeso con el coste de la tapia de cal. Hay que tener en cuenta que la dosificación con árido en cada una de ellas es diferente, disponiendo una relación 25/75 de yeso/árido y 10/90 de cal/árido, respectivamente. Para el mortero entre tapia, se ha considerado la misma relación 50/50 tanto para el yeso como para la cal.

Se ejecutaron 3 tramos de muro de dimensiones aproximadas $2,50 \times 1,50 \times 0,40 \text{ m} + 2,00 \times 1,50 \times 0,40 \text{ m} + 0,90 \times 2,10 \times 0,40 \text{ m}$, con volumen total realizado de $3,45 \text{ m}^3$. Los trabajos se realizaron en un total de 2 días de trabajo (16 horas) con una participación de 6 personas. No obstante, el hecho de que esta aplicación experimental se englobase bajo una actividad formativa con carácter didáctico y asistencia de alumnos hizo que los tiempos de trabajo fuesen considerablemente dilatados, por lo que los rendimientos obtenidos no son comparables con los rendimientos de trabajo de una actividad profesional. Por ello, se ha determinado que los tiempos de trabajo efectivos para esta aplicación experimental consistieron en 3 trabajadores (un oficial de primera, un ayudante y un peón) en dos medias jornadas de trabajo de 4 horas, de lo que se puede extraer un rendimiento de $6,957 \text{ h/m}^3$ para cada uno de ellos. Se utilizaron los métodos tradicionales en todas las fases (montaje de encofrado, amasado y vertido del yeso), que consistían en procesos manuales. La utilización de maquinaria moderna presente en el ámbito de la construcción (como cazos mezcladores para realizar el amasado del yeso) habría

aumentado drásticamente la eficiencia de los trabajos, suponiendo una importante mejora en los rendimientos de la aplicación.

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ³	TAPIA DE YESO CON BRENCAS			
		Muro de tapia de yeso calicastro con brenchas, confeccionada en obra colocadas en tongadas de tamaño y disposición entre tableros de encofrado recuperable, con vertido de yeso en masa en una dosificación yeso/árido de 25/75, incluso acarreo, vertido y apisonado de la pasta en capas no superiores a 10-15 cm, encofrado y desencofrado, nivelación, limpieza y coronación de la tapia.			
6,957	h	Oficial primera	22,00	153,05	
6,957	h	Ayudante	20,32	141,37	
6,957	h	Peón ordinario	19,71	137,12	
200,000	kg	Yeso tradicional	0,31	62,00	
1,125	t	Árido grava 4/20 mm	17,79	20,01	
0,120	m ³	Agua	1,34	0,16	
0,050	m ³	Pino Valsaín <8 m sin secar	632,49	31,62	
0,200	kg	Puntas 17 x 70	7,65	1,53	
					546,86

CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
	m ³	TAPIA DE CAL CON BRENCAS			
		Muro de tapia de cal calicastro con brenchas, confeccionada en obra colocadas en tongadas de tamaño y disposición entre tableros de encofrado recuperable, con vertido de mortero de cal en una dosificación cal/árido de 10/90, incluso acarreo, vertido y apisonado de la pasta en capas no superiores a 10-15 cm, encofrado y desencofrado, nivelación, limpieza y coronación de la tapia.			
6,957	h	Oficial primera	22,00	153,05	
6,957	h	Ayudante	20,32	141,37	
6,957	h	Peón ordinario	19,71	137,12	
80,000	kg	Cal hidráulica natural 3,5 NHL	0,24	19,20	
1,350	t	Árido grava 4/20 mm	17,79	24,02	
0,120	m ³	Agua	1,34	0,16	
0,050	m ³	Pino Valsaín <8 m sin secar	632,49	31,62	
0,200	kg	Puntas 17 x 70	7,65	1,53	
					508,07

El análisis de la valoración económica de la aplicación de tapia con brenchas refleja que la elección de la materia prima (entre yeso o cal) no es un factor imprescindible para obtener un resultado económico. Si bien la tapia de yeso ha resultado un ~8% más costosa que la tapia de cal, la materia prima solamente supone un 11,3% del coste final de la actuación en el caso del yeso.

Esta aplicación supone la recuperación de una antigua técnica constructiva como lo es la tapia de yeso con decoración en brenchas, por lo que su realización, más allá del alcance económico, aporta un valor incalculable al conocimiento de las técnicas constructivas tradicionales.

6.3.2.11. *Experiencia frustrada: aplicación experimental para la fabricación de adobes con yeso: II Jornadas de yeso en Calamocha (Teruel, 2018)*

Durante el transcurso de las II Jornadas de yeso anteriormente citadas y aprovechando el yeso tradicional suministrado para dichas jornadas, se trató de realizar una aplicación experimental adicional consistente en la elaboración de adobes con yeso incorporado como conglomerante.

Se utilizaron unas adoberas típicas del proceso de realización de adobes y se confeccionaron moldes adicionales de dimensiones 40 x 20 x 10 cm con tableros de madera atados entre sí con chapas metálicas para ofrecer una rigidez suficiente al molde (Figura 158).

El pretexto inicial de estos moldes era realizar ladrillos de yeso tradicional y yeso + áridos para determinar organolépticamente la dosificación a utilizar en la masa de muro y en las breccas de la construcción con tapia.

Se vertió el yeso con una dosificación agua/yeso en volumen del 0,6 (correspondiente a 0,53 en peso), esperando un endurecimiento adecuado para poder ser utilizado en la construcción de un muro de fábrica.



Figura 158. a) y b) Preparación de los moldes para la realización de adobes de yeso. Fotografías del autor.

Sin embargo, el resultado de esta aplicación fue nefasto, ya que la expansión lineal que experimenta el yeso durante el fraguado provocó que la masa quedase adherida en los moldes y que estos se rompieran debido a la presión que ejerció el yeso sobre las paredes. Para poder desmoldar las piezas, fue necesario romperlas en fragmentos más pequeños (Figura 159).

Algunos estudios han relacionado el efecto de la expansión higroscópica del fraguado del yeso directamente con la adición de agua añadida (Mahler y Bruce Ady, 1960). Estos investigadores determinaron que el volumen de agua adicional añadida es igual a la expansión volumétrica

higroscópica resultante durante el fraguado, después de restar la parte del agua añadida que compensa la pérdida de volumen inherente a la transformación del hemihidrato al dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 3/2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Mahler y Bruce Ady, 1960).

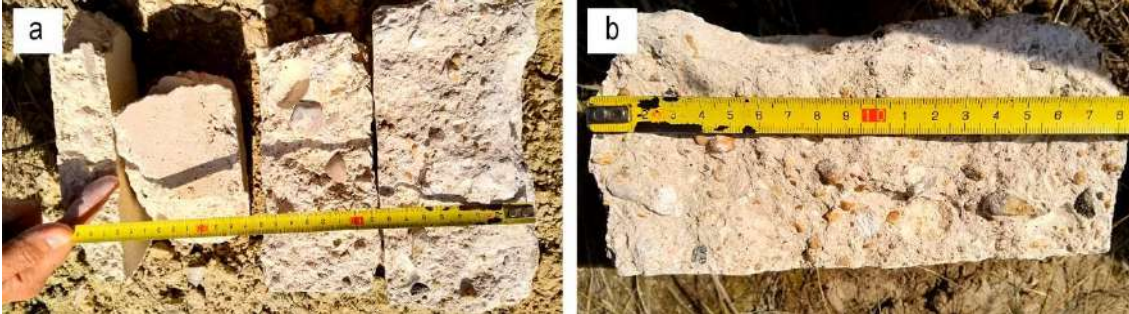


Figura 159. a) y b) Muestras fallidas de adobes con yeso que tuvieron que ser fragmentadas para poder desmoldar las piezas. Fotografías del autor.

Esta experiencia, que fue supervisada y co-realizada con la ayuda del albañil tradicional Pepe Rodrigo (de Burbáguena), demostró claramente que, debido al rápido endurecimiento del yeso, de su proceso de expansión y su adherencia a la madera, no es técnicamente viable utilizar el yeso tradicional cocido y re-hidratado en un adobe. Por ello, se concluye que en las construcciones aledañas en las que se han identificado adobes que fueron ejecutados con yeso, el yeso no actuó como conglomerante, sino que actuó como un árido debido a que los adobes se realizaron “in situ”, transportando solamente el agua y aprovechando por tanto la tierra del lugar, que es principalmente un árido yesífero, arenizado por los procesos de diagénesis.

**TÉCNICAS ANALÍTICAS APLICADAS.
YESO COCIDO E HIDRATADO**

Mediante este apartado se desarrolla el Objetivo Específico 4 de esta investigación, tratando de dar respuesta a la cuestión de “qué” es el yeso tradicional y el “por qué” del buen comportamiento en aplicaciones estructurales y en exteriores frente a condiciones climatológicas muy adversas que tuvo en el pasado, evaluando las propiedades físico-químicas que lo llevaron a ser un material muy versátil hasta mediados del siglo XX.

Las diferentes técnicas analíticas aplicadas han buscado determinar y cuantificar las características y propiedades físico-químicas del yeso tradicional, estudiando las relaciones entre: las condiciones de cocción, las características texturales, la composición mineralógica y la microestructura de las muestras de yeso analizadas, y también su influencia en el comportamiento mecánico, así como la resistencia a la intemperie del material hidratado, dando así un paso en el entendimiento global de este material.

7.1. INTRODUCCIÓN: LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS EN LA PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO

En el proceso de estudio del yeso tradicional en todos sus ámbitos, desde un enfoque multidisciplinar, desarrollado en los anteriores capítulos de este trabajo, permite generar una consciencia global de la versatilidad y del vasto patrimonio construido en yeso en Aragón, tanto en la arquitectura popular como en la monumental. De este conocimiento adquirido surge la necesidad de contribuir a preservar el legado histórico construido con este material, y ampliar el conocimiento técnico requerido en los procesos de restauración y conservación del Patrimonio Histórico.

Por ello, esta investigación incluye y desarrolla una serie de técnicas analíticas con la voluntad de disponer de una herramienta que permita ofrecer un sustento científico en la determinación de las propiedades del yeso tradicional multifase.

El contenido de este capítulo se centra en el estudio y definición de las características de los materiales extraídos de la cantera, cocidos y posteriormente hidratados, tanto a una escala microscópica, analizando su composición mineralógica, microestructura, disposición y tamaño de cristalito, como a una escala macroscópica, estudiando su comportamiento mecánico, dureza superficial y resistencia a la intemperie, ya que esta fase de la investigación resulta indispensable para entender y anticipar el comportamiento y el deterioro como material aplicado en obra.

El conocimiento de estas propiedades intrínsecas del yeso tradicional permitirá que técnicos y actores en la restauración del Patrimonio tengan conciencia de las virtudes que ofrece al ser un material compatible con los edificios históricos contruidos con yeso.

Este paso hacia el conocimiento contribuye transversalmente al desarrollo de procesos facilitadores de la semiindustrialización del proceso de fabricación de yeso tradicional, consiguiendo que se pueda seguir elaborando este producto cuando el último artesano que lo elabora hoy en día (en la localidad de Tramacastilla (Teruel)) se vea obligado a abandonar tan duro trabajo.

7.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados en este estudio para obtener las probetas se analizaron en tres fases que permiten estudiar la evolución mineralógica y las variaciones de las propiedades de los yesos:

- I) Muestras extraídas de la cantera (previa a la cocción);
- II) Muestras cocidas (procedentes de una cocción controlada en laboratorio y procedentes de las cocciones experimentales);
- III) Muestras posteriormente hidratadas (procedentes de una cocción controlada en laboratorio y procedentes de las cocciones experimentales).

En cada uno de estos grupos de muestras se realizaron diversos ensayos y técnicas analíticas para estudiar sus propiedades.

Con el objetivo de dar continuidad a las fases anteriores de la investigación y tener un proceso de investigación que permita entender la influencia del proceso de cocción tradicional, se utilizó como materia prima para los análisis el material sin cocer extraído de las propias canteras de Navarrete (Teruel), junto con el yeso tradicional cocido resultante de las cocciones experimentales desarrolladas en el apartado 6.3.1 según las dos metodologías de cocción documentadas como más habituales durante el trabajo de campo.

7.2.1. Preparación de las muestras procedentes de la cantera

Las muestras extraídas de la cantera, situada en Navarrete del Río (40°55'03.6"N, 1°13'57.0"W en Google Maps) en las inmediaciones de Calamocha (Teruel), se analizaron para determinar su composición mineralógica y su microestructura previa a la cocción. Un total de 4 muestras fueron analizadas, obtenidas de piedras pertenecientes a distintas partes de la cantera y que tienen características diferentes debido a sus procesos geológicos de formación y posterior alteración a causa del desgaste por acciones climáticas: yeso de cantera-bueno (CB), yeso de cantera-soleado (CS), yeso de cantera-espejuelo (CE) y yeso de cantera con minerales accesorios (CA).

El yeso calificado como "material de cantera-bueno" (CB) se caracteriza por estar formado por piedras de yeso consistente y denso como para poder apilarlo y cocerlo en el horno, de elevada pureza, sin apenas presencia de minerales accesorios en los planos de sedimentación: bandas horizontales que se corresponden a los distintos materiales sedimentados durante los procesos de formación del yeso a alta presión (Figura 160 abajo a la derecha). Esta cantera abastecía de

yeso tradicional a toda la zona cercana a las poblaciones de Calamocha, Navarrete del Río, Barrachina, etc., por lo que su aptitud está más que empíricamente testada; además, este tipo de yeso ha sido tradicionalmente usado para revestimientos exteriores en esta región (Vegas et al., 2010).

Por su aptitud y disponibilidad en la cantera fue el que se empleó en las cocciones (tanto la cocción controlada como las experimentales) y análisis posteriores. Los otros tipos de yeso presentes en la cantera fueron descartados de las cocciones pues no era viable técnicamente por su poca consistencia o fragilidad (CS y CA) y por el escaso tamaño de las piedras (CE).

La muestra calificada como “material de cantera-soleado” (CS) puede ser diferenciada de manera organoléptica por tener un tono ligeramente más oscuro y una compacidad menor, con una sensación al tacto de quebradidad (Figura 160 arriba).

El yeso soleado (Bel-Anzué y Elert, 2021) hace referencia a un tipo concreto de piedras de yeso que se sitúan en las capas más superficiales de la cantera, bajo la tierra vegetal, con una profundidad de entre 30 centímetros hasta 1 metro, pero estas referencias son muy variables, ya que dependen de la inclinación del terreno, la vegetación, y el clima. Básicamente se distingue por ser un yeso alterado que presenta una compacidad más baja y se rompe con mayor facilidad.

Su apelativo coloquial proviene por la analogía de ser piedras “quemadas por el sol” al estar expuestas en la superficie. Se trata de un material más blando y que se disgrega con facilidad al manipularlo. Este yeso no se utilizó en las cocciones tradicionales dado que no presentó una resistencia mecánica suficiente, por lo que podría causar inestabilidad o desmoronamiento, cegando el horno durante la cocción y arruinando todo el esfuerzo realizado.

El “material de cantera-espejuelo” (CE), aunque su nombre científico es selenita (Sanz Arauz, 2009), es un yeso extremadamente puro y transparente, de aspecto similar al cristal oscuro (Figura 160 abajo a la izquierda; Figura 161), formado de manera muy libre en unas condiciones de reducida presión, que permitieron la orientación de los cristales de yeso produciendo láminas de exfoliación, incoloras o transparentes (Klein y Hurlbut, 1996), a diferencia de otros yesos que se forman a bastante profundidad y bajo alta presión, denominados “yeso amorfo”. El yeso espejuelo apenas presenta minerales accesorios como arcillas o carbones en vetas de color.

La denominación del yeso como “espejuelo” proviene por la similitud con un espejo, al ser una piedra de gran brillo con cristales completamente transparentes que frecuentemente se encuentran maclados (Sanz Arauz, 2009).

No se escogió este material para la realización de las cocciones experimentales porque no supone un volumen representativo de la excavación en la cantera, en comparación con los yesos CB y CS. De hecho, su presencia en la cantera fue tan escasa que no podría llenarse un horno, y tampoco se encontraron piedras lo suficientemente grandes como para incorporarlas en la cocción: las muestras extraídas tenían un volumen menor de 5 cm³ y aparecían aleatoriamente durante el proceso de extracción por lo que no eran útiles para la construcción de los hornos.



Figura 160. Muestras extraídas de la cantera. Arriba: soleado (CS). Abajo izquierda: espejuelo (CE). Abajo derecha: bueno (CB). Fotografía del autor.



Figura 161. Muestra extraída de la cantera. Yeso espejuelo (CE). Fotografía del autor.

Por último, la muestra de yeso calificado como “material de cantera con accesorios” (CA) es reconocible por su tonalidad más oscura (Figura 162), visible en forma de vetas de sedimentación presentes en las muestras de yeso en buen estado (CB).

Está conformado por planos horizontales originados por el sistema de estratificación correspondiente a los lechos de cantera, los cuales permiten la extracción del material con mayor sencillez ya que se generan puntos de ruptura en estos planos (como se ha comprobado en el apartado 5.2.3.1).

En general, se presenta en bandas de menos de 3 mm de espesor (Figura 162) que no permiten confeccionar probetas ni muestras independientes, sino que es un material que forma parte de las piedras de yeso. Estas vetas de minerales accesorios de las piedras de yeso eran identificables a simple vista (Freire et al., 2020) y se extrajeron cuidadosamente partes de las mismas según el procedimiento documentado en la Figura 163 para poder analizar su composición mineralógica.

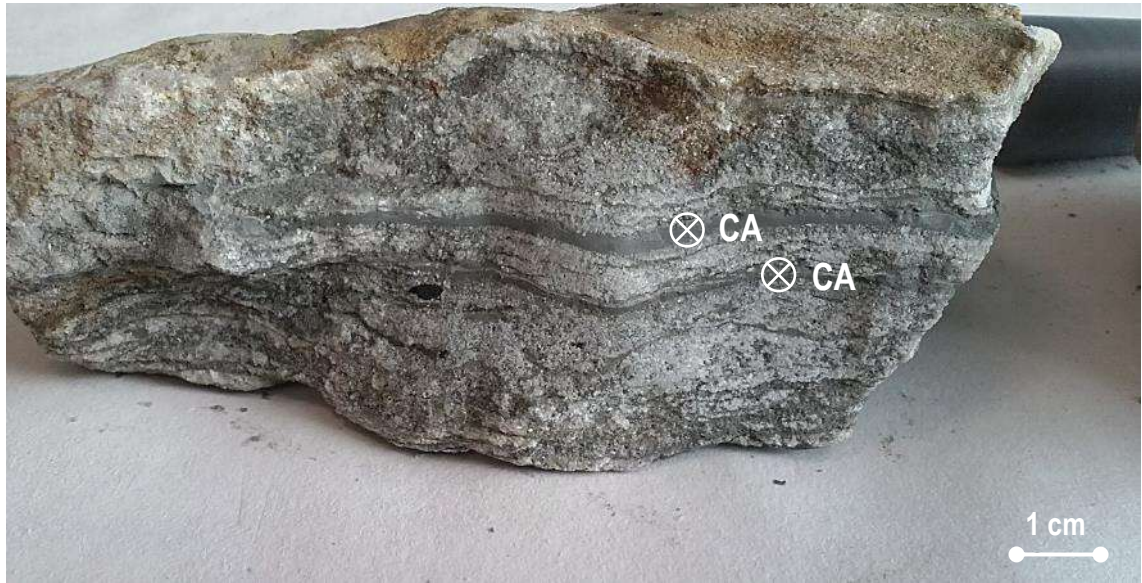


Figura 162. Muestra denominada yeso con accesorios (CA) extraída de la cantera. Las bandas señaladas representan las vetas estratificadas de materiales accesorios. Fotografía del autor.



Figura 163. Proceso de extracción de los materiales arcillosos para la muestra CA. Fotografía del autor.

7.2.2. Preparación de las muestras de yeso cocido (sin hidratar)

Las muestras se organizaron en dos bloques principales en función del tipo de cocción a la que se sometieron: una cocción experimental en hornos tradicionales y una cocción controlada en un horno de mufla. Estas muestras se analizaron para estudiar su composición mineralógica, tamaño de cristalito y su microestructura.

Por un lado, se emplearon los yesos obtenidos en las dos cocciones experimentales desarrolladas en el apartado 6.3.1 con yeso de la cantera tipo CB como materia prima para cocer, separando el material procedente del horno de Albarracín (derecha, con leña de árbol como material de combustión) y el horno de Navarrete (izquierda, con leña de arbusto como material de combustión).

Se han discriminado las piedras en tres grupos según la procedencia del horno de tres zonas (zona alta o caramullo (punto "A"), zona media (punto "B") y zona baja o boca (punto "C")) (Figura 164 y Figura 165), con el objetivo de estudiar la relación entre la difusión del calor y el grado de cocción de las piedras en función de su ubicación en un horno tradicional.



Figura 164. Ubicación de las distintas piedras de yeso en los hornos tradicionales, extraídas para su estudio mediante las técnicas analíticas. A: zona alta o caramullo; B: zona media; C: zona baja o boca. Fotografía del autor.

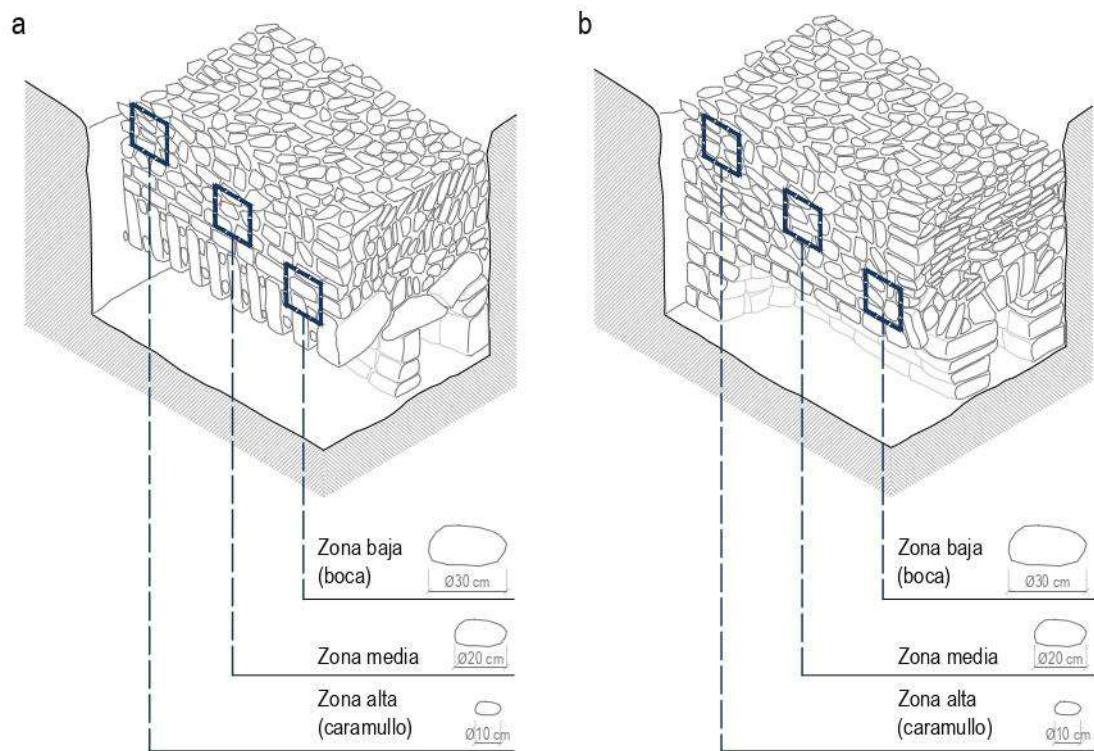


Figura 165. Ubicación de las distintas piedras de yeso en los hornos tradicionales extraídas para su estudio mediante las técnicas analíticas: a) horno de Navarrete; b) horno de Albarracín. Elaboración propia.

El proceso de desmontado del horno reveló que, dentro de la aparente homogeneidad cromática en cada uno de estos hornos (tonos rosáceos en el horno de Albarracín y tonos grisáceos en el horno de Navarrete), se apreció una pequeña porción de material cocido con diferentes características organolépticas (tonos grises en el horno de Albarracín y tonos rosas en el horno de Navarrete) inferior al 10%, por lo que no se extrajeron para su análisis (apartado 6.3.1; Figura 131). Las piedras extraídas de las cocciones experimentales para ser sometidas a los ensayos y las técnicas analíticas pertenecen a la mayor fracción del material cocido de manera más homogénea, asegurando que representaban el conjunto del material cocido.

Se ha determinado una rigurosa nomenclatura para facilitar la identificación de las muestras en todo momento.

La primera letra se corresponde con el horno tradicional del que proviene la muestra (“A” para las muestras procedentes del horno de Albarracín y “N” para las muestras procedentes del horno de Navarrete), y la segunda letra indica la zona del horno (“B” para baja o boca, “A” para alta o caramullo, “M” para medio).

Cada una de estas muestras representa un valor “promedio” obtenido del triturado completo de varias piedras situadas en esa zona, es decir, que, tras el proceso de cocción y enfriado que

duró 7 días, se separaron y reservaron varias piedras de cada zona de ambos hornos y se trituraron enteramente para ser mezcladas, homogeneizadas y analizadas asegurando que los resultados fueran representativos de cada una de esas zonas.

Tabla 15. Nomenclatura de las muestras de yeso tras las cocciones experimentales en los hornos tradicionales.

Horno de Navarrete (izquierda)		Horno de Albarracín (derecha)	
Zona del horno	Muestra	Zona del horno	Muestra
Baja o boca	NB	Baja o boca	AB
Media	NM	Media	AM
Alta o caramullo	NA	Alta o caramullo	AA

Debido a que las piedras de yeso utilizadas en la cocción tradicional son de un tamaño medio-grande (10-30 cm de diámetro), se consideró interesante y necesario estudiar la distribución de la temperatura alcanzada en el interior de cada piedra según su grosor y ubicación y evaluar el grado de posibles cocciones parciales de las piedras de cada zona del horno.

De este modo se realiza un estudio más detallado de la evolución mineralógica que permita relacionar la temperatura alcanzada en un horno tradicional y las alcanzadas en las distintas partes del interior de las piedras según su espesor y ubicación en el horno.

En estos ensayos se añade una tercera letra para especificar la parte o profundidad analizada en cada muestra de una misma piedra: "E" para la corteza exterior (capa exterior de la piedra), "A" para accesorios (partes de la piedra correspondientes a las vetas de minerales accesorios en los planos de sedimentación, presumiblemente arcillas, es decir, correspondiente a la muestra CA de la cantera (Figura 162)), y "C" para la parte central (es decir, la parte interior de las piedras bajo la capa exterior); algunas muestras se acompañan con el número "2", en el caso de analizar dos muestras de una misma parte de la piedra.

Tabla 16. Nomenclatura adicional de las muestras de yeso tras las cocciones experimentales en los hornos tradicionales.

	Parte exterior	Accesorios	Parte central
Albarracín zona baja	ABE	ABA	ABC
Albarracín zona media	AME	AMA	AMC
Albarracín zona alta	AAE	AAA	AAC
Navarrete zona baja	NBE	NBA	NBC
Navarrete zona media	NME	NMA	NMC
Navarrete zona alta	NAE	NAA	NAC

Por otro lado, se inició un procedimiento de cocción controlada en un horno de mufla en laboratorio de muestras de yeso, utilizando como materia prima las piedras de tipo CB extraídas de la misma cantera de Navarrete (Teruel), que se separaron en pequeñas piezas de aproximadamente 1,5 x 3 x 4 cm (Figura 166).





Figura 166. Obtención de las muestras cocidas a temperatura controlada en el horno de mufla: a) fragmentación de las piedras de yeso procedente de la cantera en Navarrete (Teruel) (la misma que la utilizada en los hornos tradicionales) en pequeñas piezas de 1,5 x 3 x 4 cm; b) colocación de la piedra de yeso en el horno de mufla; c) piedras de yeso durante el proceso de cocción a T controladas; d) extracción de piedra de yeso durante el proceso de cocción; e) muestras de yeso cocido a las temperaturas indicadas anteriormente.

Estas muestras se cocieron a una temperatura controlada a través de un horno de mufla (horno eléctrico Herotec CR-35 sito en el Departamento de Mineralogía y Petrología de la Facultad de Ciencias (Universidad de Granada) con fuente de calor fijo, a una velocidad de calentamiento de $\sim 1,8^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$ durante un periodo total de 12 horas), calculada para reproducir la curva de temperatura obtenida con las monitorizaciones de las cocciones tradicionales realizadas (Figura 128 y Figura 129; apartado 6.3.1) (Bel-Anzué y Elert, 2021).

En la Figura 167 se muestra una comparativa entre la curva de temperatura reproducida en el horno de mufla y las curvas de temperatura de los puntos más representativos de las cocciones tradicionales, donde se aprecia la correlación entre ambas que demuestra que la cocción en la mufla permitió obtener unas muestras de yeso con unas condiciones de cocción similares a las cocciones tradicionales.

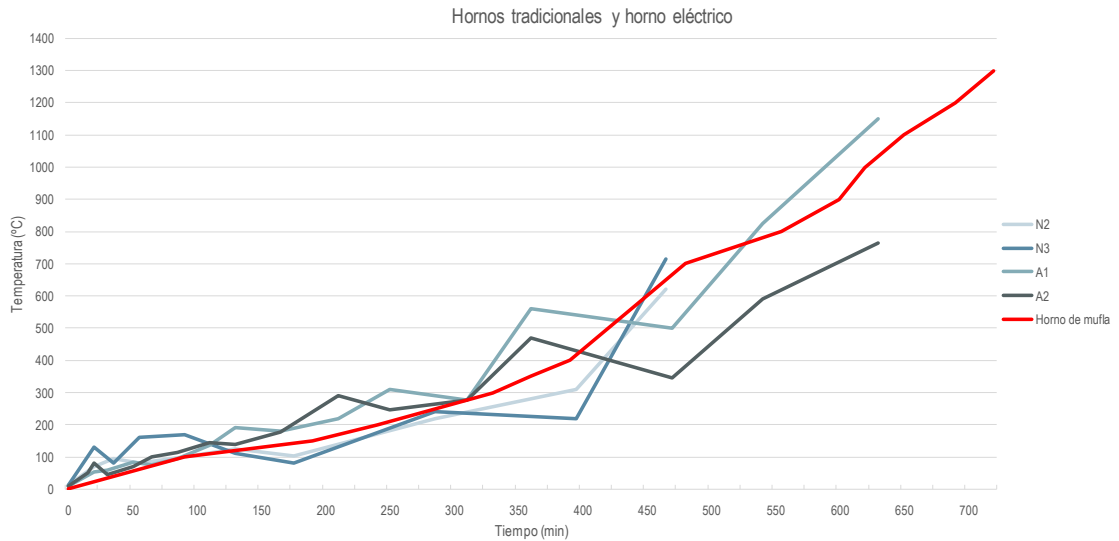


Figura 167. Comparativa entre las curvas de temperatura de los hornos tradicionales (A: Albarracín, puntos 1 y 2 (apartado 6.3.1); N: Navarrete, puntos 2 y 3 (apartado 6.3.1)) y la aplicada en el horno de mufla reproduciendo las condiciones de las cocciones experimentales en la cocción de laboratorio.

Es importante mencionar que las cocciones experimentales en hornos tradicionales monitorizadas (correspondientes al Objetivo Específico 3), que fueron realizadas con anterioridad a la cocción controlada en laboratorio, resultaron cruciales para poder recrear las curvas de temperatura en la cocción controlada y reproducir las condiciones observadas en las cocciones tradicionales.

No obstante, en esta exposición de resultados se ha invertido el orden narrativo y primero se muestran los resultados de la cocción controlada, dado que permite analizar fehacientemente muestras de yeso con diferentes grados de cocción, y en segundo lugar los resultados obtenidos de las cocciones experimentales que presentan mayor incertidumbre respecto a la temperatura alcanzada en el interior de la piedra.

De esta manera partiendo del estudio de un material cocido según unos parámetros controlados y determinados, se posibilita el hecho de establecer relaciones entre ambas cocciones, estudiar y determinar en qué manera los productos obtenidos en los hornos tradicionales se asemejan o no a los productos obtenidos tras una cocción con las condiciones controladas, relacionando así la temperatura de cocción y propiedades físico-químicas.

La cocción controlada permitió extraer muestras del material CB cocido a distintas temperaturas, extrayendo un total de 16 muestras, en las temperaturas que se indican en la Tabla 17.

Manteniendo los criterios de nomenclaturas de muestras que permiten la identificación de las mismas, las muestras procedentes de la cocción controlada se designan con una primera letra “T” que indica que la muestra proviene de la citada cocción controlada y no de un horno tradicional, seguida de un valor numérico que indica la temperatura de cocción alcanzada por dicha muestra. El reducido tamaño de las mismas garantiza que la temperatura de cocción afectó homogéneamente a cada muestra.

Tabla 17. Nomenclatura de las muestras de yeso tras la cocción controlada en el horno de mufia.

Temperatura (°C)	Muestra	Temperatura (°C)	Muestra
100°C	T100	600°C	T600
150°C	T150	700°C	T700
200°C	T200	800°C	T800
250°C	T250	900°C	T900
300°C	T300	1000°C	T1000
350°C	T350	1100°C	T1100
400°C	T400	1200°C	T1200
500°C	T500	1300°C	T1300

7.2.3. Preparación de las muestras de yeso hidratado tras la cocción: molienda e hidratación

Por último, las muestras fueron objeto de un proceso de triturado o molienda a través de un molino para materiales pétreos (Figura 168a) y posterior hidratación para obtener una pasta de yeso endurecida con la que se elaboraron probetas con un formato específico para estudiarlas mediante diferentes técnicas analíticas.

En este caso, también se establecieron dos bloques principales según el tipo de cocción al que fueron sometidas las muestras: las procedentes de las cocciones experimentales (hornos tradicionales) y las procedentes de la cocción controlada (horno de mufla).

Se analizaron las probetas para estudiar su composición mineralógica, microestructura, porosidad, resistencia mecánica (compresión y flexotracción), dureza superficial y resistencia a desgaste hídrico acelerado por proyección de agua ("waterspraying") y se compararon con las muestras previas a la hidratación.

Las muestras se hidrataron en tandas de 10 g hasta completar la totalidad de unidades prevista, mezclando el material triturado con agua Milli-Q® utilizando probetas adaptadas morfológicamente a los ensayos a realizaren una proporción de agua/yeso de 0,6 en peso (Figura 168b y c), ya que es la relación más comúnmente documentada en las aplicaciones experimentales estudiadas en esta investigación de acuerdo a los datos aportados por los propios trabajadores del yeso y ha sido también documentada según Karni y Karni (1995) para el amasado manual.

Algunos investigadores han indicado que en los morteros históricos la relación agua/yeso podría haber sido incluso inferior, hasta 0,4 (Steinbrecher, 1992; Middendorf, 2002) (apartado 6.3.2.6). Sin embargo, en el proceso de hidratación en laboratorio, no se pudieron hidratar las muestras con esta relación tan baja, probablemente debido al reducido tamaño de las probetas (las probetas más pequeñas tienen una mayor superficie con respecto a su volumen y se secan demasiado rápido).

Se determinó la cantidad adecuada de agua Milli-Q® en función del material bajo las premisas de la hidratación completa de las fases de basanita y anhidrita, y de la trabajabilidad de la pasta.



Figura 168. Molienda e hidratación de las muestras cocidas: a) molino de trituración utilizado; b) y c) pesaje de yeso y agua para la realización de las muestras con una relación agua/yeso de 0,6 en peso.

Las probetas se realizaron utilizando moldes específicos para cada formato de muestra. El formato “disco” (21 unidades de Ø2,5 x 0,4 cm) se realizó mediante la unión de 3 juntas de estanqueidad plana de caucho de etileno propileno dieno monómero (EPDM) y se utilizó para los ensayos de desgaste hídrico acelerado. El formato “prisma” (36 unidades de 4 x 1 x 1 cm) se consiguió generando el negativo de este en moldes de plastilina con ayuda de piezas de madera y se empleó para el resto de ensayos. El formato reducido utilizado para las muestras tuvo como finalidad garantizar la hidratación y el proceso de fraguado (Figura 169).

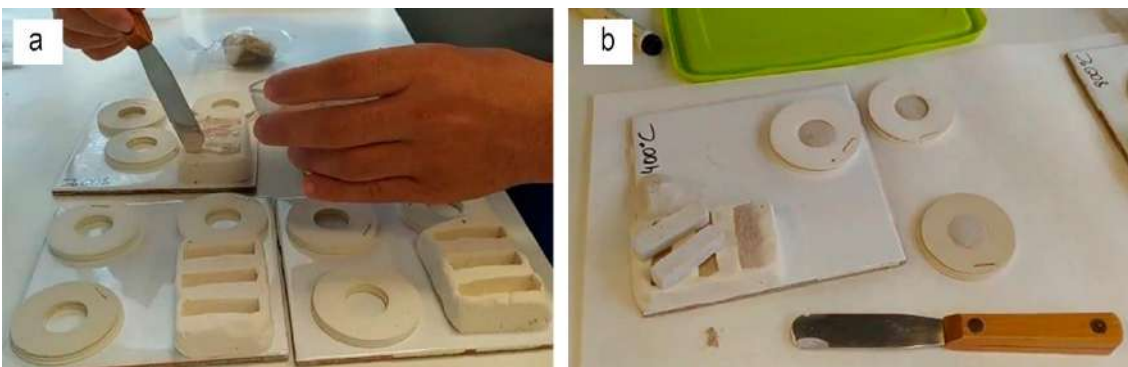


Figura 169. Proceso de preparación de las muestras: a) colocación de la mezcla en molde; y b) desmoldado de las muestras.

Tras su preparación, se procedió a su desmoldado (Figura 170a) transcurrido 1 día con el máximo cuidado para no debilitarlas, y se dejaron curar bajo condiciones de laboratorio durante 7 días antes de realizar los ensayos ($20\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ de humedad relativa). Para distinguir las muestras hidratadas de las muestras tras la cocción, en la nomenclatura de estas se indica mediante la letra “H”.

Sin embargo, solamente las muestras cocidas entre los 200°C y los 400°C en el horno de mufla (es decir, las muestras H200, H250, H300, H350 y H400) permitieron la preparación de muestras

de yeso con una cohesión suficiente, y las muestras cocidas por debajo de los 200°C y por encima de los 400°C no fraguaron adecuadamente, resultando un material con tal falta de cohesión de las probetas que no permitió su desmoldado ni someterse a los consiguientes ensayos, por lo que estas últimas solamente se pudieron analizar mediante DRX y FESEM.

La hidratación de las muestras procedentes de las cocciones tradicionales también presentó dificultades, y solamente las del horno de Navarrete (es decir, las muestras NAH, NMH y NBH) permitieron la preparación de muestras de yeso lo suficientemente cohesionadas como para ser desmoldado sin desmoronarse (Figura 170b).

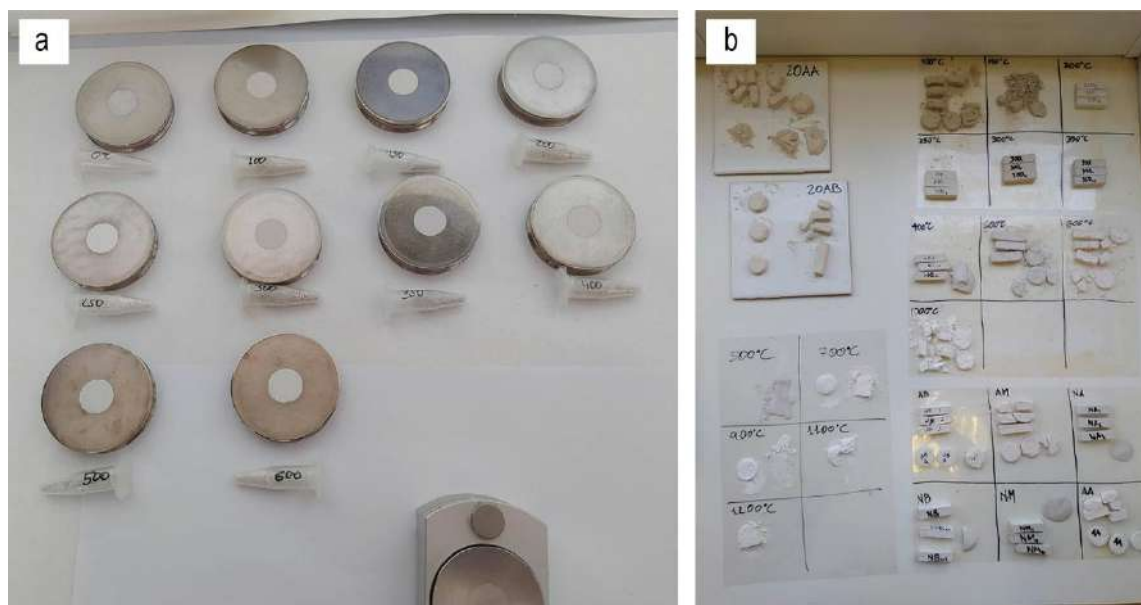


Figura 170. Realización de piezas con el yeso hidratado: a) muestras formado “disco” colocadas en los moldes; b) muestras formato “prisma” y “disco” tras el desmoldado, donde se aprecia que algunas de las muestras se desmoronaban al desmoldar las piezas al obtener un polvo tras la hidratación.

Debido a esta falta de cohesión de algunas muestras, se realizó una hidratación adicional con exceso de agua, en pequeños lotes de 3 g de yeso mezclados con agua Milli-Q® en una proporción de agua/yeso de 1:1 en peso para facilitar una hidratación completa para estudiar la cinética de hidratación. Tras mezclar las muestras de yeso cocido con agua, se taparon inmediatamente para evitar un desecado prematuro, se curaron durante 40 días en condiciones de laboratorio ($20\pm 3^\circ\text{C}$) y 100% de humedad relativa y se analizaron mediante DRX. En la nomenclatura de estas muestras se añade el término “1:1”.

Mediante esta segunda hidratación en exceso de agua se ha pretendido evaluar los posibles mecanismos de hidratación retardada que podrían ser cruciales en las aplicaciones prácticas para facilitar un mayor grado de hidratación.

Tabla 18. Nomenclatura de las muestras de yeso hidratado procedente de las cocciones experimentales en los hornos tradicionales (nc = probeta no cohesionada).

	Horno de Navarrete (izda.)		Horno de Albarracín (dcha.)	
	Zona del horno	Muestra	Zona del horno	Muestra
Hidratación en laboratorio con agua/yeso de 0,6	Baja o boca	NBH	Baja o boca	ABH (nc)
	Media	NMH	Media	AMH (nc)
	Alta o caramullo	NAH	Alta o caramullo	AAH (nc)
Hidratación en laboratorio con agua/yeso de 1:1	Baja o boca	NBH1:1	Baja o boca	ABH1:1
	Media	NMH1:1	Media	AMH1:1
	Alta o caramullo	NAH1:1	Alta o caramullo	AAH1:1

Tabla 19. Nomenclatura de las muestras de yeso hidratado procedente de la cocción controlada en el horno de mufla (nc = probeta no consolidada).

Temperatura (°C)	Muestra	Temperatura (°C)	Muestra
100°C	H100 (nc)	600°C	H600 (nc)
150°C	H150 (nc)	700°C	H700 (nc)
200°C	H200	800°C	H800 (nc)
250°C	H250	900°C	H900 (nc)
300°C	H300	1000°C	H1000 (nc)
350°C	H350	1100°C	H1100 (nc)
400°C	H400	1200°C	H1200 (nc)
500°C	H500 (nc)	1300°C	H1300 (nc)

Para obtener más información sobre el efecto de las adiciones de yeso sin calcinar y anhidrita II en el comportamiento de los yesos, se realizaron pruebas adicionales en una segunda tanda de muestras preparadas con una relación agua/yeso de 0,6 en peso, conteniendo (I) 100% de basanita, (II) 50% de basanita y 50% de yeso sin calcinar, y (III) 50% de basanita y 50% de anhidrita.

7.2.4. Técnicas analíticas y métodos de ensayo

7.2.4.1. Difracción de rayos X (DRX)

Se utilizó el análisis de difracción de rayos X (DRX, X'Pert PRO, Malvern Panalytical Ltd., Reino Unido) para determinar la composición mineralógica del yeso (muestras de polvo) antes y después de la cocción, así como tras la hidratación posterior y tras los ensayos de alteración acelerada para estudiar los cambios mineralógicos por hidratación.

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: radiación Cu-K α ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$), voltaje 45 kV, intensidad 40 mA, rango de exploración 3-60° 2 θ y velocidad del goniómetro 0,03° 2 θ ·s⁻¹. La identificación de las fases minerales se ha determinado mediante el software HighScore Plus y la base de datos PDF-2 ICDD.

Para la cuantificación de las fases minerales se ha aplicado el método RIR, que se basa en los coeficientes de intensidad de referencia (RIR: Reference Intensity Radio) y en factores de escala determinados de las fases, ofreciendo resultados semicuantitativos ($\pm 5 \text{ wt\%}$).

Para determinar la cinética de hidratación de las muestras de yeso usando análisis DRX "in situ", inmediatamente después se colocó aproximadamente 1 g de pasta (relación agua/yeso 1:1 en peso) en el porta muestras de polvo y se analizó por DRX. Los patrones fueron recogidos de manera continua en un periodo de 2,6 horas y un rango de exploración de 10-45 °2 θ , teniendo un total de 30 patrones sucesivos de 5,17 minutos cada uno. El material restante se conservó en tubos Falcon cerrados herméticamente (junto con algodón para prevenir un secado prematuro) y se analizaron periódicamente durante un periodo de hasta 2 meses.

Adicionalmente, se estudiaron los efectos en la hidratación de la basanita (obtenida al cocer yeso a 200°C durante 6 horas) al agregar añadidos de yeso sin calcinar y anhidrita II cocida a 800°C, en proporciones de 1%, 5%, 10% y 20%, utilizando muestras con una relación agua/yeso 1:1 en peso para favorecer una hidratación completa. Se analizaron mediante DRX "in situ" en un periodo de 2,6 horas como se ha descrito previamente.

Cabe destacar que no se ha realizado una distinción entre la basanita (hemihidrato β) y la anhidrita III soluble, debido a la dificultad de asignar picos de Bragg individuales a cada una de estas fases usando el análisis convencional DRX, y solamente se han diferenciado entre las fases de yeso o dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), basanita o hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita II (CaSO_4).

7.2.4.2. *Determinación del tamaño de cristalito*

Adicionalmente, mediante los datos obtenidos por la técnica DRX se ha determinado el tamaño de cristalito (tamaño del dominio fundamental del cristal) mediante el software X Powder (Martin, 2004), aplicando la ecuación de Scherrer. El dominio coherente de tamaño frecuentemente está expresado en nanómetros (nm).

7.2.4.3. *Termogravimetría y Calorimetría diferencial de barrido (TG-DSC)*

Se llevó a cabo un análisis de termogravimetría y calorimetría diferencial de barrido (TG-DSC), Mettler-Toledo TGA/DSC1, Suiza) de manera simultánea para estudiar los cambios producidos durante la deshidratación del yeso original sin cocer, es decir, de las distintas muestras procedentes de cantera (CB, CE y CA) en un rango de temperaturas de 25-950°C a una velocidad de calentamiento de 10°C/min en aire fluido (100 ml/min).

7.2.4.4. *Microscopía electrónica de barrido (FESEM)*

El estudio de las características texturales y variaciones morfológicas de las distintas muestras (yeso procedente de la cantera: CB, CE, CS y CA; yeso procedente de la cocción controlada: T100, T150, T200, T250, T300, T350, T400, T500, T600, T700, T800, T900, T1000, T1100, T1200 y T1300; yeso procedente de las cocciones experimentales: AB, AM, AA, NB, NM, NA; yeso hidratado procedente de la cocción controlada: H100, H150, H200, H250, H300, H350, H400, H500, H600, H700, H800, H900, H1000, H1100, H1200 y H1300; y yeso hidratado procedente de las cocciones experimentales: ABH, AMH, AAH, NBH, NMH, NAH) se realizó mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución por emisión de campo FESEM (Auriga, Carl Zeiss, Alemania), junto con espectrometría de energía dispersiva (EDS, INCA-200, Oxford Instruments, Oxford, Reino Unido), trabajando en modo imagen de electrones secundarios con potencial de aceleración 3 kV y alto vacío (10^{-6} Pa). La totalidad de las imágenes FESEM obtenidas durante este trabajo de investigación quedan disponibles en el Anexo IX para futuras investigaciones.

7.2.4.5. *Porosimetría*

La porosidad y la distribución del tamaño de poros de las muestras de yeso hidratado (H200, H250, H300, H350, H400, ABH, AMH, AAH, NBH, NMH y NAH) se determinó mediante porosimetría de intrusión de mercurio (MIP) usando un porosímetro Autopore III 9410 (Micromeritics, EEUU). Este instrumento permite medir poros de 0,003 hasta 360 μm de

diámetro, introduciendo mercurio en los poros, a presión diferente en función del diámetro de los poros (los poros más pequeños requieren una mayor presión).

Con el valor de esta presión se obtiene el tamaño de poro mediante la Ecuación de Washburn, y la distribución del tamaño de los poros se puede determinar representando los valores de volumen de poros en función del tamaño (Iucci et al., 2010).

Las muestras (de aproximadamente 1 g) se mantuvieron en un entorno seco usando gel de sílice durante al menos 48 h previo al análisis. Estas muestras no habían sido secadas en horno para evitar posibles cambios de fase inducidos por el calor (Charola y Centeno, 2002).

7.2.4.6. Ensayos de resistencia mecánica

La resistencia a flexotracción y compresión fue determinada mediante un sistema de ensayos universal Instron-3345 (Instron Co., Canton, MA, Facultad de Odontología, UGR). Las mediciones se realizaron utilizando una versión adaptada del procedimiento descrito en la norma UNE-EN 1015-11 (AENOR, 2020), aplicando una carga de 500 N a una velocidad de 3 mm/min para el ensayo de flexotracción en tres puntos (Figura 171a) y de 5.000 N a 6 mm/min para el ensayo de compresión simple (Figura 171b).

Las muestras formato “prisma” (H200, H250, H300, H350, H400, NBH, NMH y NAH) fueron secadas en un horno ventilado durante 48 horas a 30°C previo a los ensayos. De nuevo, se escogió una baja temperatura para evitar los cambios de fase inducidos por el calor. Se determinaron los valores medios basados en 3 (resistencia a flexotracción) y 5 (resistencia a compresión) medidas por cada muestra.

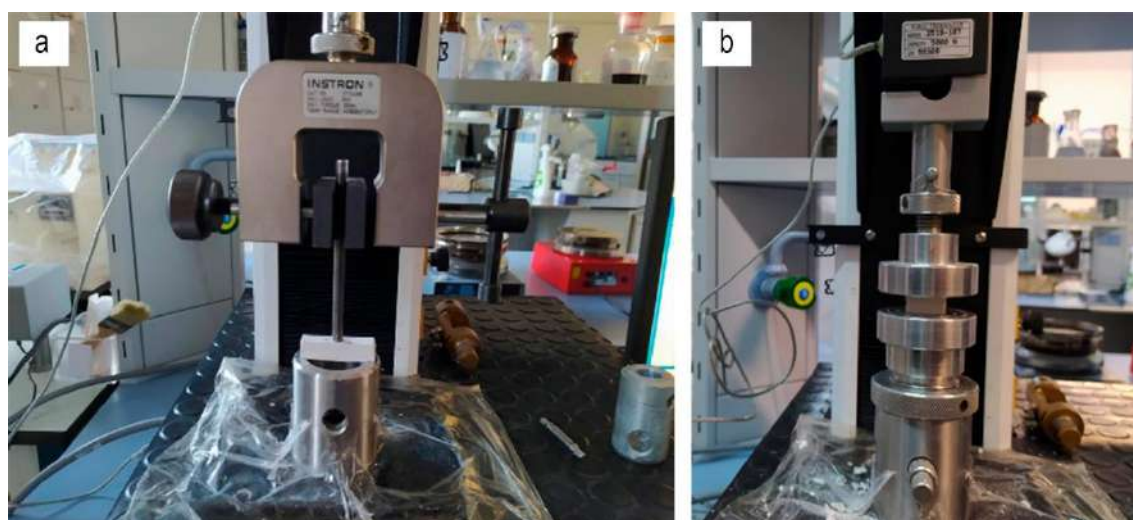


Figura 171. Ensayos de resistencia mecánica de una de las muestras: a) ensayo flexotracción; b) ensayo compresión (Departamento de Mineralogía y Petrología, UGR).

7.2.4.7. *Ensayo de dureza superficial*

La dureza superficial (dureza de Leeb) de las muestras de yeso hidratadas (H200, H250, H300, H350, H400, ABH, AMH, AAH, NBH, NMH y NAH) se midió usando un durómetro (martillo de rebote mecánico, PCE-2500N, PCE Instruments, Alemania) equipado con un indentador de tipo C (energía de impacto 3 Nmm.). Los valores obtenidos están basados en al menos 8 medidas realizadas en dos piezas por cada muestra.

7.2.4.8. *Ensayo de desgaste hídrico acelerado. "Waterspraying"*

Las muestras de yeso hidratado formato "disco" que se desmoldaron con suficiente cohesión (H200, H250, H300, H350, H400, NBH, NMH y NAH) fueron objeto de un ensayo de envejecimiento acelerado no estándar para determinar la resistencia de los yesos al impacto de la aplicación de agua, simulando un proceso de envejecimiento acelerado y reproduciendo el comportamiento del yeso tradicional en una fachada azotada por la lluvia durante largos periodos de tiempo, evaluando por tanto y en forma parcial el comportamiento de este material en el exterior en función de la temperatura de cocción. La resistencia al agua fue determinada por la pérdida de peso en el tiempo debido al impacto de "waterspraying", que consiste en pulverización y repetición de humectación-secado y tiene un doble efecto: impacto mecánico y disolución parcial.

Dos discos por cada muestra fueron dispuestos en una rejilla metálica vertical y expuestas al "waterspraying" continuo (300ml/muestra/día) de agua desionizada Milli-Q® a una distancia de 20 cm, repetido 15 veces durante un período total de 21 días (Figura 172a). Las muestras fueron secadas en un horno con ventilación durante 24 horas a una temperatura de 30°C, hasta alcanzar un peso constante, para determinar la pérdida de peso tras cada aplicación. El "waterspraying" fue realizado bajo condiciones de laboratorio ($25\pm 3^\circ\text{C}$ y $30\pm 5\%$ HR).

La pérdida de peso se calculó considerando la ganancia de peso relativa a los cambios de fase. Esta ganancia de peso debida a la hidratación de las fases del sulfato de calcio fue calculada basándose en los análisis semicuantitativos DRX antes y después del ensayo de "waterspraying" (Figura 172b).

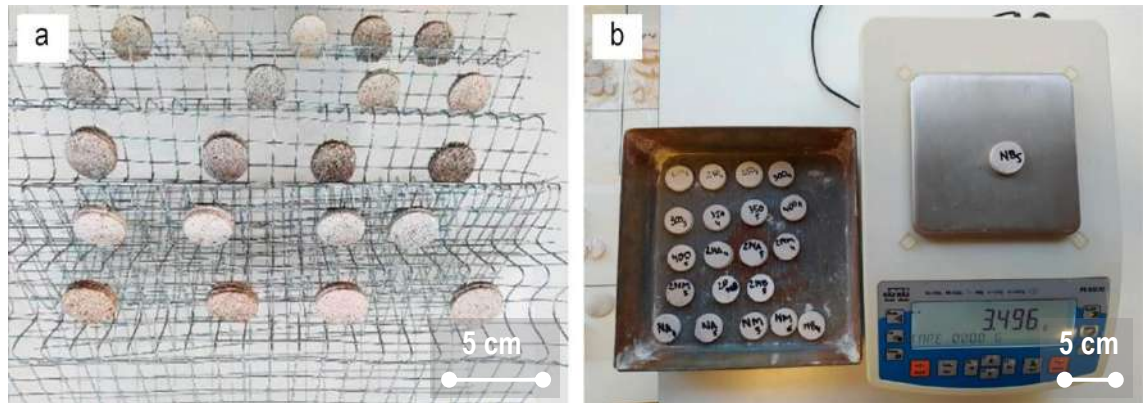


Figura 172. a) Aspecto de las muestras formato “disco” durante el ensayo de desgaste hídrico acelerado usando aspersion de agua; b) proceso de pesado para calcular la pérdida de peso durante el ensayo.

7.3. RESULTADOS

Los resultados de las técnicas analíticas realizadas se han agrupado en cinco bloques para facilitar una lectura global emulando el proceso secuencial de fabricación del yeso tradicional desde la obtención de la materia prima hasta su aplicación (extracción-cocción-hidratación):

- I) Muestras de yeso procedente de la cantera, previa a la cocción;
- II) Muestras de yeso tras la cocción controlada en el horno de mufla;
- III) Muestras de yeso tras las cocciones experimentales en los hornos tradicionales;
- IV) Muestras de yeso hidratado “pasta” procedente de la cocción controlada en el horno de mufla;
- V) Muestras de yeso hidratado “pasta” procedente de las cocciones experimentales en los hornos tradicionales.

Las técnicas analíticas aplicadas se han realizado con el objetivo de identificar las posibles relaciones entre la composición mineralógica y microestructura de las muestras de yeso y sus propiedades físico-mecánicas. Por ello, los resultados de las muestras de yeso tanto cocido como hidratado en el horno de mufla se presentan primero y se estudian las condiciones concretas de la cocción a temperaturas controladas que pueden conducir a cambios en la microestructura de los yesos cocidos y posteriormente hidratados.

Después se presentan los resultados de las muestras de yeso tanto cocido como hidratado en los hornos tradicionales cuyas condiciones de cocción son menos precisas, posibilitando establecer relaciones y silogismos entre las propiedades a escala tanto microscópica como macroscópica y las observaciones extraídas del horno de mufla, permitiendo conocer los detalles generados en una cocción tradicional.

7.3.1. Muestras de yeso procedente de la cantera, previa a la cocción

Las muestras extraídas de la cantera se sometieron a las siguientes técnicas analíticas: análisis por difracción de rayos X (DRX) para determinar la composición mineralógica y el tamaño de cristalito de las diferentes fases minerales identificadas, y microscopía electrónica de barrido (de alta resolución) de emisión de campo (FESEM) para determinar las variaciones texturales y los cambios en la microestructura.

7.3.1.1. *Identificación de la fase mineral mediante análisis de difractograma de rayos X (DRX) de las muestras procedentes de la cantera*

La composición mineralógica de las diferentes muestras se determinó mediante un análisis semicuantitativo de difracción de rayos X (DRX) (Figura 173, Tabla 20).

La muestra de yeso “bueno” (CB) presentó un elevado contenido de yeso (95% en peso), y <5% de minerales accesorios, confirmando que se trata de un yeso de gran pureza. En este caso solamente se detectaron minerales accesorios correspondientes a cuarzo e ilita, ya que la intensidad de los picos de Bragg de la dolomita/calcita (104) coinciden con los picos (-141) y (121) correspondientes al yeso, por lo que no pueden ser detectados.

La muestra de yeso “soleado” (CS), de manera muy sorprendente, ofreció una composición de un 20% de basanita y un 80% de anhidrita, lo cual se corresponde con una composición mineralógica similar a muestras ya cocidas a una temperatura de ~300°C y sin presencia alguna de yeso, lo que significó un resultado nada previsible que puede ser objeto de futuros estudios para profundizar en el estudio de las causas. Inicialmente, se considera que una posible causa de este resultado podría deberse a una deshidratación del yeso causada por la radiación solar directa, conservándose la anhidrita por ser la fase más estable en términos termodinámicos por encima de los 40-60°C y a presión ambiente.

En la actualidad, existe cierta ambigüedad en la literatura acerca de los cambios de fase yeso-anhidrita y yeso-basanita. En el primer caso, aunque según los cálculos termodinámicos la anhidrita debería ser la fase más estable a partir de los 40-60°C a presión ambiente, resulta complejo determinar la temperatura de transición de forma más precisa por debajo de los ~80°C (Van Driessche et al., 2019).

Algunos autores apuntan a una temperatura entre 40-42°C de cambio de fase (Kelley et al., 1941; Bock, 1961; Marshall et al., 1964), mientras que otros la establecen entre los 60-66°C (Van't Hoff et al., 1903). En el segundo caso, la basanita es metaestable, y en las condiciones en

las que el yeso se transforma en basanita, la anhidrita será la fase termodinámicamente estable (Van Driessche et al., 2019).

En el caso del cambio de fase yeso-basanita, existe una pequeña variación de la temperatura de transición entre la literatura existente, encontrándose según algunos autores entre los 97-99°C (Partridge y White, 1929; Posnjak, 1938; Azimi et al., 2007) y en los 106°C según otros (Van't Hoff et al., 1903).

La composición mineralógica de la muestra de “espejuelo” (CE) es coherente con los resultados esperados, puesto que presentó un contenido de un 100% de yeso y ningún mineral accesorio ni impurezas, indicando así que se trata de un yeso de una muy elevada pureza, aspecto que coincide con las investigaciones en la selenita de Klein y Hurlbut (1996).

La muestra con “accesorios” (CA), correspondiente a las vetas procedentes de los planos de rotura de la piedra de yeso, con un color claramente diferenciado por su tono oscuro-negro, indicó una composición con un 50% en peso de yeso y 15% en peso de anhidrita. Estos valores son considerablemente elevados, teniendo en cuenta que se trata de una veta de sedimentación, lo que sugiere que es difícil separar de manera efectiva los minerales accesorios del yeso/anhidrita. Además, el contenido de anhidrita por la deshidratación del yeso podría estar facilitado por la presencia de minerales accesorios de arcilla, ya que son bastante higroscópicas y tienen tendencia a absorber agua, especialmente en el caso de arcillas expansivas como esmectitas. En esta muestra, la cantidad de minerales accesorios (ilita, aunque también con presencia de pequeñas cantidades de esmectita, caolinita y clorita) es de un 35% en peso. Estos valores son algo más altos que en otros yesos tradicionales analizados por Sanz Arauz (2009) con un contenido de accesorios de 15-20%, pero inferiores a los analizados por González Sánchez et al. (2020) con un contenido de minerales accesorios de hasta un 60%.

Tabla 20. Composición mineralógica (% en peso) de las muestras extraídas de la cantera.

Zona	Tipo	Siglas	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Cantera	Bueno	CB	-	-	90	-	<5	<5
	Soleado	CS	20	80	-	-	-	-
	Espejuelo	CE	-	-	100	-	-	-
	Accesorios	CA	-	15	50	-	-	35

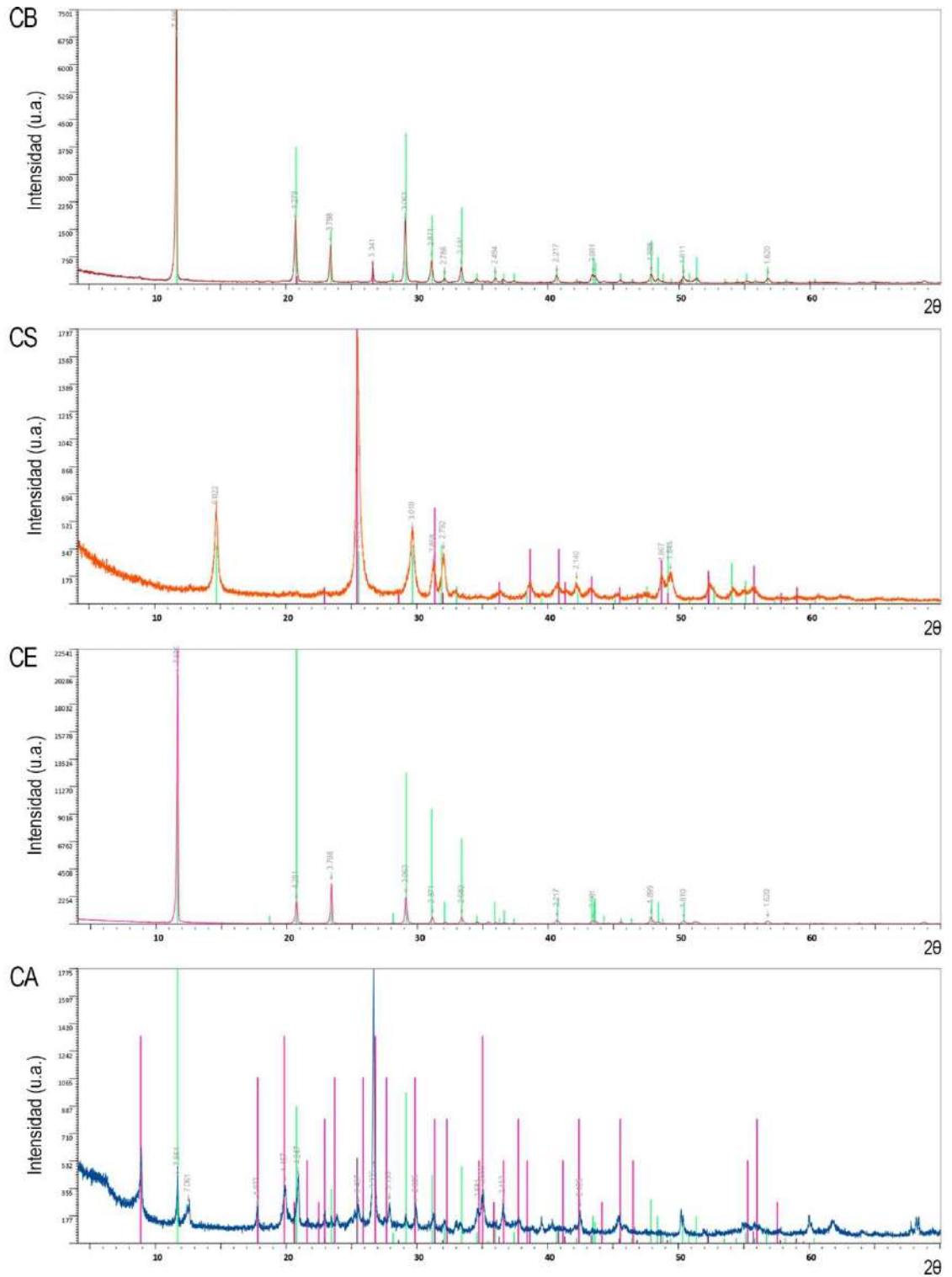


Figura 173. Patrones DRX de las muestras de yeso procedentes de la cantera sin cocer (CB, CS, CE y CA), que representan la intensidad de los diferentes picos de reflexión de Bragg. Ilt (001) = Ilita, Gy (020, 040, 121) = Yeso, Bas (200, 400) = Basanita, Anh (020, 102) = Anhidrita, Qz (101) = Cuarzo. Abreviaturas según Whitney y Evans (2010).

7.3.1.2. Identificación de la fase mineral mediante termogravimetría y calorimetría diferencial de barrido (TG-DSC) de las muestras procedentes de la cantera

Se analizaron tres muestras obtenidas de la cantera (yeso cantera-bueno (CB), yeso cantera-espejuelo (CE) y yeso cantera-accesorios (CA)) para identificar su fase mineral.

De acuerdo a la literatura existente, en el cambio de fase yeso-basanita se establece una pérdida de masa de 20% (Prasad et al., 2001) debido a la deshidratación del yeso, es decir, por la pérdida de agua; según las diferencias entre las masas molares del yeso (172 g/mol) y la basanita (145 g/mol), esta pérdida de peso teórica sería de un 15,7%. Según la calorimetría diferencial de barrido (DSC), se puede apreciar una banda endotérmica dividida con dos máximos situados en 150-165°C, correspondiente a la formación de basanita y anhidrita III, respectivamente (Deutsch et al., 1994). Asimismo, también se observa la presencia de una banda exotérmica centrada en los 358°C, asociada con la transición de anhidrita soluble III a anhidrita insoluble II (Angeleri et al., 1982; Deutsch et al., 1994; Pritzel et al., 2007; Ballirano y Melis, 2009).

En el yeso de cantera “bueno” (CB), no se trata de un yeso totalmente puro, debido a que no se apreció la pérdida de 20% en peso de agua según la TG, sino que fue algo inferior (Figura 174). La ligera pérdida de peso entre 400-600°C puede estar relacionado con la presencia de arcilla. El análisis por DSC indicó además la presencia de una banda endotérmica que se produce entre los 600-800°C, lo que posiblemente indica la presencia de carbonatos (CaCO_3 liberan CO_2 durante la descomposición térmica en el rango de 600-800°C (Kemp et al., 2022)), con una ligera pérdida de peso. Se determinó el contenido de yeso en un 84,5%, con un 15,5% de arcillas, posiblemente algo de carbonatos. Este contenido en arcillas es algo más elevado que el valor obtenido según el análisis por DRX, posiblemente debido a la heterogeneidad del yeso y quizás también por la descomposición de los carbonatos producida por debajo de los 600°C.

Este resultado introduce un punto de reflexión con los resultados DRX que reflejaron un contenido de yeso de 90% en peso, un <5% de cuarzo y un <5% de ilita, así como el punto de transición de anhidrita soluble III a anhidrita insoluble II en 358°C, aspecto que podría estar relacionado con la baja cohesión de las probetas hidratadas con yeso cocido a temperaturas superiores a 400°C que requieren de una hidratación más prolongada según las investigaciones realizadas (Elert et al., 2023b).

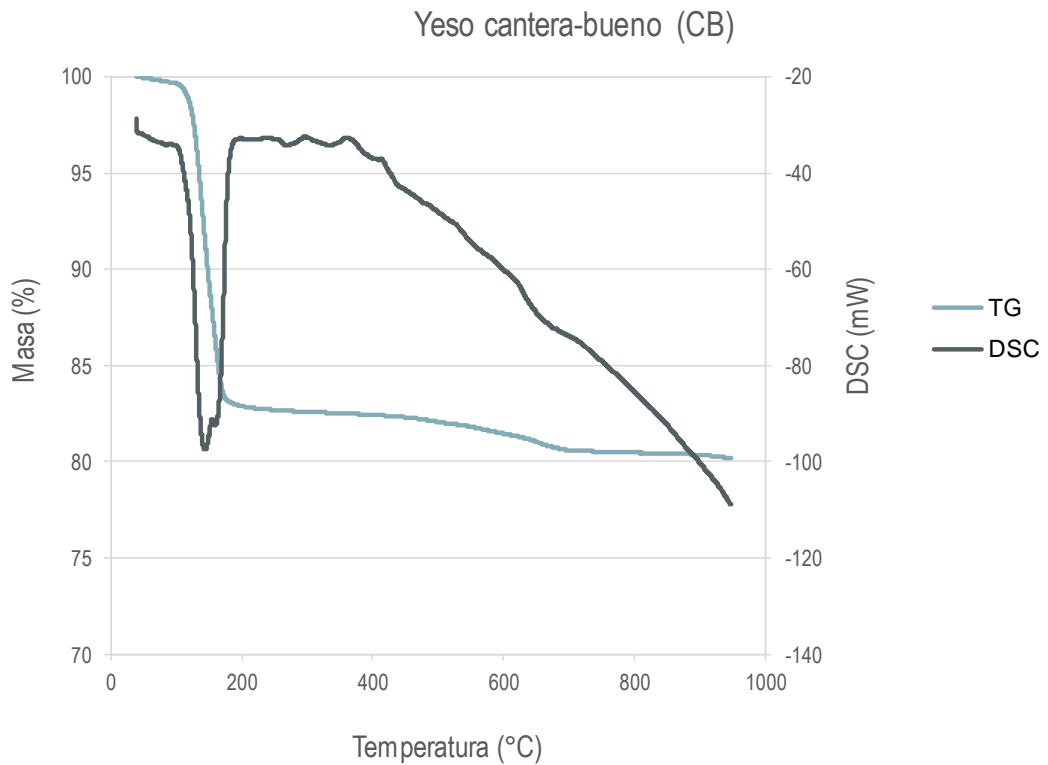


Figura 174. Pérdida de masa (%) y flujo de calor (mW) para la muestra de cantera-bueno (CB).

El yeso de cantera “espejuelo” (CE) sí que es un yeso puro, ya que obtuvo una pérdida del 21,1% de agua en peso, correspondiente a 2 mol de H_2O , que se asocia además a una banda endotérmica muy aislada con dos máximos, que indican dos tipos de estructuras de H_2O (Figura 175).

La pureza del yeso espejuelo o selenita, carente de minerales accesorios (arcillas o carbonatos), coincide con la ausencia de una banda exotérmica entre los 600°C y los 800°C observada en el material CB procedente de la misma cantera.

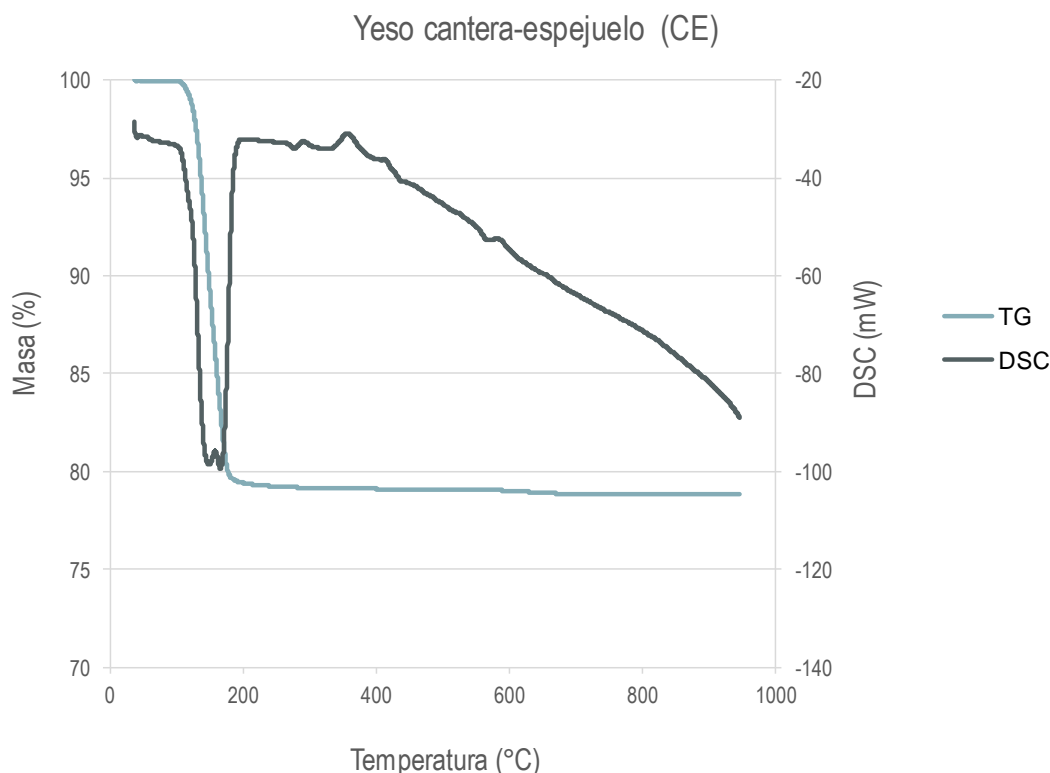


Figura 175. Pérdida de masa (%) y flujo de calor (mW) para la muestra de cantera-espejuelo (CE).

El ensayo realizado para profundizar en la comprensión de los materiales “accesorios” (CA) permitió detectar la presencia de yeso, en torno al 23,3% en peso según la pérdida de masa hasta los 350°C (Figura 176). Sin embargo, en esta muestra se observa una banda exotérmica generada entre los 200°C y los 400°C, sugiriendo la presencia de materia orgánica (Elert et al., 2015) que, al entrar en combustión, produce una pérdida de peso debido al desprendimiento de CO₂ o CO. Como consecuencia, la cantidad de yeso podría ser sobreestimada, ya que no es posible distinguir la pérdida de peso por deshidratación del yeso y desprendimiento de CO₂ y CO de la materia orgánica.

La presencia de materia orgánica es un resultado esperado por el proceso de formación sedimentario y evaporítico del yeso y es muy interesante ya que no puede ser detectada mediante el análisis DRX. Su combustión produce esta banda exotérmica entre los 200°C y los 400°C que podría generar una serie de cocciones secundarias en el interior de cada piedra.

La pérdida de masa observada por encima de los 400°C está relacionada con la presencia de arcillas, cuya pérdida de masa se produce por dehidroxilación, es decir, por pérdida de OH en su estructura entre ~400-800°C (Mielenz et al., 1953; Bain y Morgan, 1969). No se aprecia con

claridad la presencia de carbonatos, debido a la ausencia de una banda endotérmica bien definida en torno a los 600-800°C.

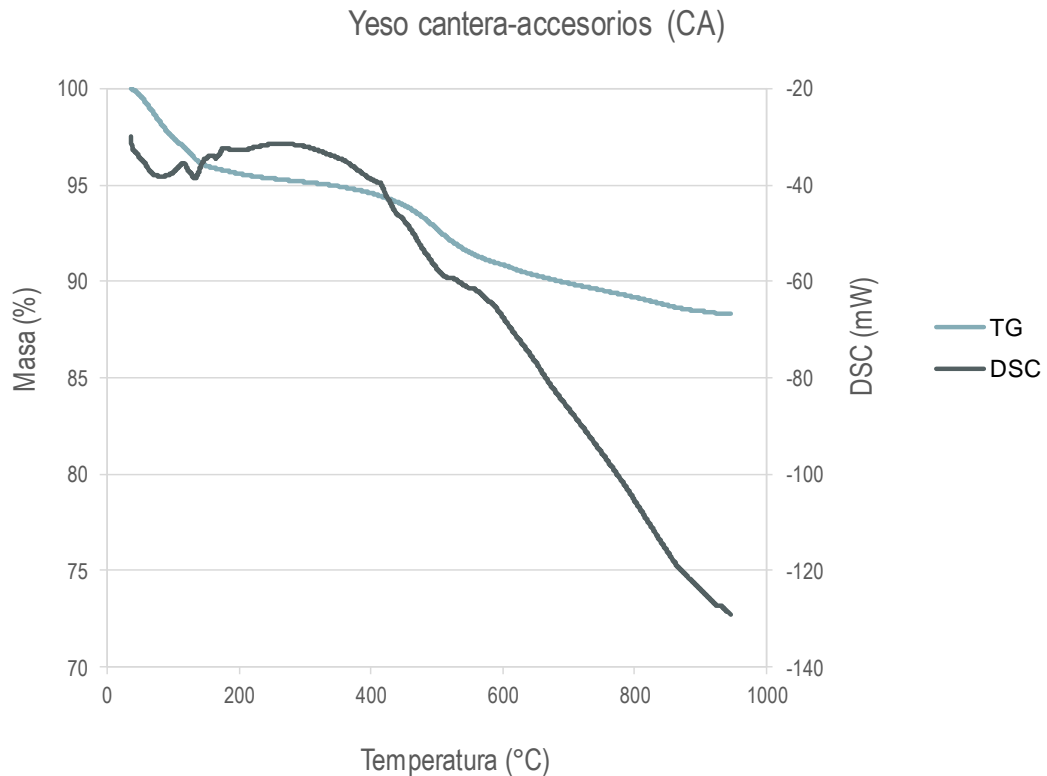


Figura 176. Pérdida de masa (%) y flujo de calor (mW) para la muestra de cantera-accesorios (CA).

7.3.1.3. Microscopía electrónica de barrido (FESEM) de las muestras procedentes de la cantera

El yeso sin cocer extraído de la cantera que se utilizó para el levantamiento de los hornos tradicionales y su posterior cocción experimental mostró a través de las imágenes FESEM la morfología típica de placa con caras {010} sobre desarrolladas (Liu et al., 2021), teniendo la menor energía superficial y correspondiendo al plano de clivaje primario del yeso (Aquilano et al., 2016) (Figura 177).

El clivaje es favorecido a lo largo de los planos {010} debido a la presencia de capas de moléculas de agua, que se alternan con capas de iones de calcio y sulfato (Dantas et al., 2007; Carreño Márquez et al., 2018).

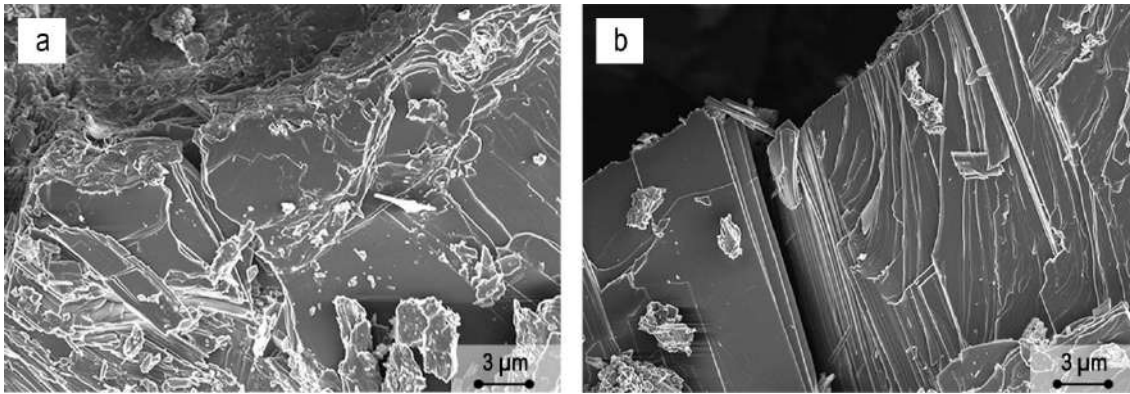


Figura 177. a) y b) Imágenes FESEM del yeso de la cantera sin cocer, utilizado para la fabricación de muestras, correspondiente al yeso “bueno” (CB), que muestra la morfología de láminas a lo largo de los planos de división primarios {010}.

7.3.2. Muestras de yeso tras la cocción controlada en el horno de mufla

Las muestras procedentes de la cocción controlada en el horno de mufla extraídas a diferentes temperaturas se sometieron a las siguientes técnicas analíticas: análisis organoléptico, análisis por difracción de rayos X (DRX) para determinar la composición mineralógica (± 5 wt%) y el tamaño de cristalito de las diferentes fases minerales identificadas, y microscopía electrónica de barrido (de alta resolución) de emisión de campo (FESEM) para determinar las variaciones en la microestructura; con el objetivo de identificar una posible correlación entre la temperatura de cocción del yeso y sus propiedades (color, consistencia y dureza), composición mineralógica, estructura cristalina y tamaño de cristalito. Solamente las muestras de material de cantera calificado como “bueno” (CB) se sometieron a la cocción en el horno de mufla.

7.3.2.1. *Análisis organoléptico de las muestras cocidas en el horno de mufla*

El análisis organoléptico de las muestras cocidas a diferentes temperaturas permitió identificar un patrón de cambio cromático y textural con el aumento de la temperatura, posibilitando establecer analogías posteriores con el material extraído de las cocciones en los hornos tradicionales. Se analizaron cuidadosamente las muestras de forma visual, también comprobando con las manos su consistencia y fragilidad/quebradidad. De acuerdo con Posey y Posey (1983), el grado de cocción del yeso podría ser examinado usando simplemente una inspección visual (el yeso cocido experimenta un cambio de color del gris al blanco).

Las muestras cocidas a menor temperatura apenas presentaron cambios organolépticos (Figura 178), y hasta los 250°C, la piedra conservó su característico tono oscuro propio de la piedra de yeso sin cocer, con tonos muy ligeramente más blanquecinos.

A los 300°C, se comenzó a hacer evidente la estratificación de los minerales accesorios, que sufrieron un oscurecimiento que se hizo patente a simple vista, debido probablemente a la combustión de materia orgánica que conduce a la formación de fases pregrafíticas o carbonizadas, que pueden tener una influencia en el color del producto final dependiendo de la cantidad de materia orgánica. En las distintas bandas de sedimentación se intensificaron los colores de algunas vetas (tonos marrones-rojizos), volviéndose además más quebradizas por esos planos. En torno a los 250-300°C, se pudo identificar una mayor quebradidad del material, pudiéndose disgregar fácilmente con la mano para su posterior molienda.

A partir de los 500-600°C, disminuyó notablemente la consistencia y cohesión de las muestras, volviéndose más fácilmente disgregables con las manos, y las bandas estratificadas se

mimetizaron con el resto de la piedra, volviéndose menos distinguibles. Progresivamente comenzó a perderse el tono grisáceo para dar paso a una coloración más blanquecina. Otros investigadores han observado una tendencia similar, en la que los yesos cocidos presentaron una tonalidad más clara que el yeso sin cocer (Ngu, 2004; Liu et al., 2021).

A los 700°C se pudo apreciar un producto más claro y rosáceo, con una tonalidad salmón, que se intensifica a los 800°C, aunque esta intensidad decreció ligeramente a los 900°C, aspecto que ha sido también identificado por otros autores en muestras de yeso cocido a 750°C (Liu et al., 2021).

A temperaturas de cocción de 1.000 y 1.100°C se obtuvo un producto de un color blanco puro, totalmente homogéneo y sin indicios de las estratificaciones de los minerales accesorios.

Por último, a las temperaturas más elevadas de 1.200 y 1.300°C se pudo apreciar un proceso de fundición y aparente “vitrificación” en las cortezas exteriores de las piedras. Esto se debió a que la elevada temperatura origina una cristalización en la microestructura del yeso. Incluso, durante la molienda de estas muestras, se pudo apreciar el típico desagradable sonido de “chirrido” generado entre el mortero de ágata y estas vitrificaciones nodulares brillantes y de una gran resistencia para ser machacadas, probablemente debido al proceso de vitrificación que genera la formación de enlaces químicos covalentes y encapsulamiento de compuestos diversos en la matriz vítrea (Arauzo Ayre, 2019). Este proceso es coherente con los datos aportados por algunos autores, que establecen la temperatura de transición vítrea en rangos de 1.000-1.300°C utilizando muflas para la calcinación (Chen et al., 2018; Navarro et al., 2013).

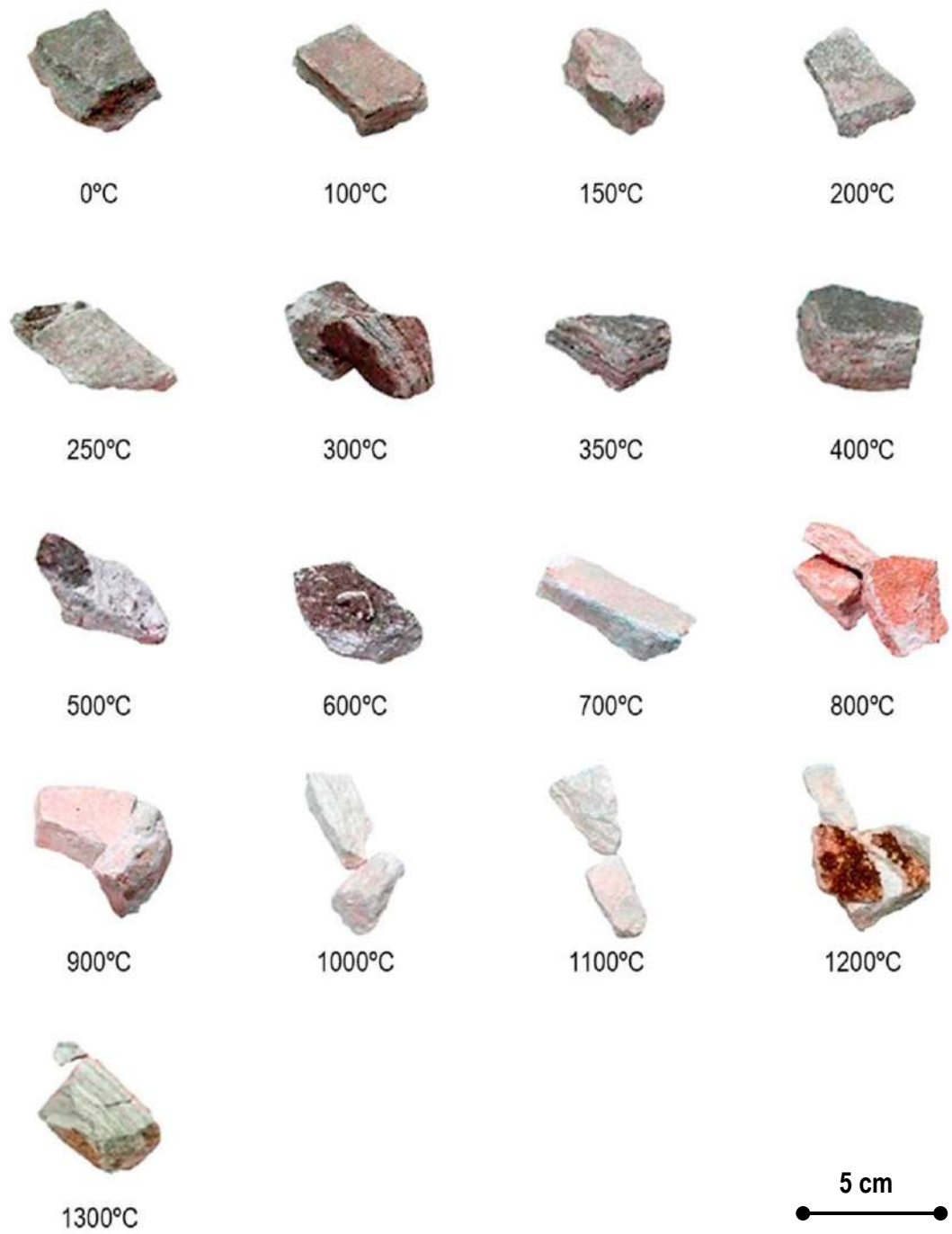


Figura 178. Muestras de yeso cocido a distintas temperaturas en el horno de mufla, previo al análisis DRX.

7.3.2.2. *Identificación de la fase mineral mediante análisis de difractograma de rayos X (DRX) de las muestras cocidas en el horno de mufla*

El análisis DRX mostró unos resultados coincidentes con la bibliografía de la deshidratación del yeso en relación a su composición mineralógica en función de la temperatura de cocción (Arredondo, 1980). Un contenido inicial elevado de yeso a bajas temperaturas, con el aumento de temperatura de cocción experimenta una disminución progresiva de la cantidad de agua, deshidratándose primero en basanita y finalmente en anhidrita II (Tabla 21). La presencia de minerales accesorios, en concreto ilita, ha resultado ser muy baja, variando su registro de manera aleatoria en función de la propia naturaleza de la muestra, sin mostrar relación con el efecto de la temperatura de cocción, así las muestras que han manifestado dicha presencia en forma de trazas (<5% en peso) han sido las muestras T200, T300 y T400, las muestras cocidas a temperatura superior a 1.000°C no han mostrado la presencia de ilita, pero en este caso sí podría deberse a la temperatura experimentada ya que la ilita se descompone por encima de los 800°C (Rodríguez-Navarro et al., 2003).

La deshidratación del yeso no fue significativa a temperaturas por debajo de los 150°C (>95% de contenido de yeso en peso), por lo que el contenido de basanita se mantuvo por debajo del 5% y no se detectó anhidrita, lo que es coherente con observaciones de otros estudios (Liu et al., 2021).

En cambio, se pudo apreciar una disminución drástica del contenido de yeso a los 200°C, temperatura en la que se manifestó un gran contenido de basanita (85% en peso), cuando se produjo un cambio de fase, quedando el contenido de yeso sin cocer en solamente un 10%, por lo que se deduce que el cambio yeso-basanita ocurre en un rango entre los 150 y los 200°C, aunque esto está ciertamente influenciado por el tiempo que el yeso permanece en el horno. Esto coincide con lo indicado por otros investigadores que sitúan la transformación de fase yeso-basanita en un rango de temperaturas entre los 150-170°C (Dantas et al., 2007; Liu et al., 2021), lo cual coincide con lo observado en los análisis de termogravimetría (TG) (apartado 7.3.1.2).

Se produjo una variación evidente en la composición de las muestras cuando la temperatura de cocción alcanzó los 300°C, generándose una disminución brusca del contenido de basanita y un aumento concomitante de anhidrita II hasta un 80% en peso y más del 90% a 400°C, indicando que la transición de fase basanita-anhidrita ocurre entre los 300-350°C.

Otros autores han identificado este cambio de fase por encima de los 350°C (Dantas et al., 2007), lo que podría deberse a un tiempo inferior de cocción (ya que se utilizó un ritmo de

calentamiento de 50°C/min y 30 minutos a condiciones isotérmicas, frente al ~1,8°C/min utilizado en esta investigación), por lo que cabría esperar que en una cocción más breve se requiera una temperatura más elevada para obtener el mismo grado de deshidratación.

Estos últimos resultados coinciden con los datos extraídos del análisis TG-DSC, revelando una banda exotérmica centrada en 358°C asociada a la transición de anhidrita III soluble a anhidrita II insoluble, son resultados coincidentes con los obtenidos por otros investigadores (Angeleri et al., 1982; Deutsch et al., 1994; Pritzel et al. 2017; Ballirano y Melis, 2009).

A partir de los 500°C se pudo afirmar que la composición mineralógica se mantuvo estable, con prácticamente una totalidad de contenido de anhidrita II (>95%), teniendo solamente trazas de yeso, y minerales accesorios como calcita y cuarzo (<5%). A partir de esta temperatura y superiores ya no se detectó basanita, lo cual era esperable ya que, como se ha podido comprobar según otros estudios, a una temperatura de 750°C el contenido es completamente de anhidrita II (Liu et al., 2021). Las pequeñas cantidades de yeso detectadas a esta temperatura pueden deberse a una rehidratación accidental durante la manipulación de las muestras.

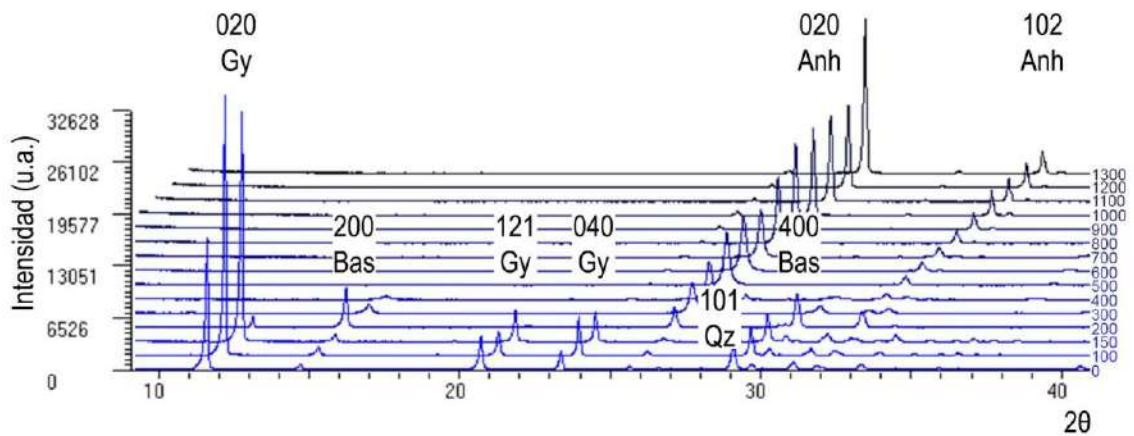


Figura 179. Patrones DRX de las muestras de yeso sin cocer y cocidas a 100-1.300°C en el horno de mufla, que representan la intensidad de los diferentes picos de reflexión de Bragg. Ilt (001) = Ilita, Gy (020, 040, 121) = Yeso, Bas (200, 400) = Basanita, Anh (020, 102) = Anhidrita, Qz (101) = Cuarzo. Abreviaturas según Whitney y Evans (2010).

Tabla 21. Fases minerales (% en peso) de las diferentes muestras analizadas procedentes de la cocción en el horno de mufla, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante la técnica analítica de difracción de rayos X.

Cocción	Siglas	T (°C)	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Mufla	T100	100	<5	-	95	<5	<5	-
	T150	150	<5	-	95	<5	<5	-
	T200	200	85	5	10	<5	<5	<5
	T250	250	95	5	<5	<5	<5	-
	T300	300	20	80	<5	<5	<5	<5
	T350	350	10	90	<5	<5	<5	-
	T400	400	10	90	<5	<5	<5	<5
	T500	500	<5	95	<5	<5	<5	-
	T600	600	-	95	<5	<5	<5	-
	T700	700	-	95	<5	<5	<5	-
	T800	800	-	95	<5	<5	<5	-
	T900	900	-	95	<5	<5	<5	-
	T1000	1000	-	95	<5	<5	<5	-
	T1100	1100	-	95	<5	<5	<5	-
T1200	1200	-	95	<5	<5	<5	-	
T1300	1300	-	95	<5	<5	<5	-	

7.3.2.3. Determinación del tamaño de cristalito de las muestras cocidas en el horno de mufla

Las mediciones del tamaño de cristalito utilizando el pico de Bragg más intenso de cada una de las fases (el 200 de la basanita y el 020 de la anhidrita II) ofrecieron información importante sobre la evolución microestructural tras la cocción (Tabla 22).

El tamaño de cristalito de yeso permaneció relativamente constante hasta los 200°C, aumentando ligeramente su tamaño. Es la fase mineral con un mayor tamaño de cristalito, más cristalino que la basanita y la anhidrita. Esto concuerda con el hecho de que, durante la descomposición térmica en estado sólido de una fase hidratada, la fase del producto generalmente experimenta una reducción en la cristalinidad en comparación con la fase original, ya que el agua se libera en forma de vapor creando poros intracristalinos y discontinuidades en la matriz cristalina (Lewry y Williamson, 1994).

A los 200°C, cuando se manifestó la fase de basanita ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), se observó una disminución progresiva del tamaño de cristalito de la basanita con el aumento de temperatura, del 10% a 250°C, y una disminución drástica a medida que avanzó la deshidratación a partir de

los 300°C. De hecho, a esta temperatura se pudo observar una disminución del tamaño de cristalito mucho más significativa, mayor del 40%. Cuando esto ocurre de manera drástica los cristales se vuelven más reactivos, es decir, aumentan la superficie específica (Lewry y Williamson, 1994) y, por tanto, tienen más capacidad de absorber agua en cortos periodos de tiempo, generando una capacidad de endurecimiento más rápida o requiriendo de una mayor cantidad de agua añadida para mantener la misma plasticidad.

Esta observación coincide con lo indicado por Ridge y Surkevicius (1962), sugiriendo que una mayor temperatura de cocción produce, en general, una mayor reactividad en el hemihidrato β (basanita).

La observada reducción en el tamaño de cristalito podría deberse a la creación de defectos asociada con una deshidratación incipiente. Un fenómeno similar ha sido advertido en otras fases hidratadas como el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), donde la pérdida inicial de agua resulta en una creación de defectos y consecuentemente en una reducción de la cristalinidad previa a la formación del producto deshidratado (Chaix-Pluchery et al., 1987).

Alternativamente, la reducción del tamaño de cristalito podría también estar relacionada con la formación de anhidrita III soluble, que ha sido detectada en un rango de temperaturas de 170-460°C (Christensen et al., 2008), pero no pudo ser identificada fehacientemente mediante el análisis DRX convencional.

Con la fase de anhidrita se observó un comportamiento contrario, manifestándose un continuo incremento del tamaño de cristalito conforme aumentó la temperatura de cocción.

A los 300°C, el tamaño de cristalito se vio incrementado de manera constante. En un rango de temperaturas entre 300 y 600°C, este continuo aumento del tamaño de cristalito durante la cocción fue inicialmente insignificante, pero se hizo más pronunciado a temperaturas por encima de 700°C. Dariz et al. (2017) observaron una tendencia idéntica al detectar una concomitante reducción en la superficie específica a temperaturas superiores a 600°C. Estos cambios son propios de la sinterización según Galwey y Brown (1999), quienes explican la disminución observada en la reactividad de la anhidrita con el aumento de la temperatura de cocción.

La observada disminución de la cristalinidad sugiere que la anhidrita se vuelve menos reactiva. Como consecuencia, los morteros preparados con este producto necesitarían una menor cantidad de agua para su puesta en obra ya que la menor superficie específica permite una hidratación más lenta y, por tanto, necesitarían tiempos muy largos de curado; e incluso llegando

a no hidratarse completamente como se ha podido comprobaren el apartado dedicado a la hidratación (Elert et al., 2023b).

Tabla 22. Evolución del tamaño de cristalito (nm) de yeso (Gy: reflexión de pico de Bragg 020), basanita (Bas: reflexión de pico de Bragg 200) y anhidrita (Anh: reflexión de pico de Bragg 020), para las muestras cocidas a distintas temperaturas en el horno de mufla.

Muestra	Yeso (020)	Basanita (200)	Anhidrita (020)
T0	99		
T100	103		
T150	102		
T200	110	69	
T250		64	
T300		39	37
T350		33	38
T400		34	39
T500			42
T600			42
T700			48
T800			59
T900			67
T1000			79
T1100			75
T1200			76
T1300			90

7.3.2.4. Microscopía electrónica de barrido (FESEM) de las muestras cocidas en el horno de mufla

Las imágenes FESEM proporcionaron información detallada sobre los cambios texturales durante la cocción controlada en el horno de mufla (Figura 180). Durante la cocción del yeso se producen transiciones de fase que siguen un mecanismo topotáctico, es decir, que el reactivo actúa como plantilla y existe una clara relación estructural entre las fases originales y el producto.

La muestra del yeso obtenida con una temperatura de 100°C (Figura 180-100°C) mostró un hábito laminar similar al yeso sin calcinar, con caras uniformes y claramente reconocibles, lo cual es coincidente con los resultados por DRX que indicaron un contenido de yeso sin cocer de >95% en peso.

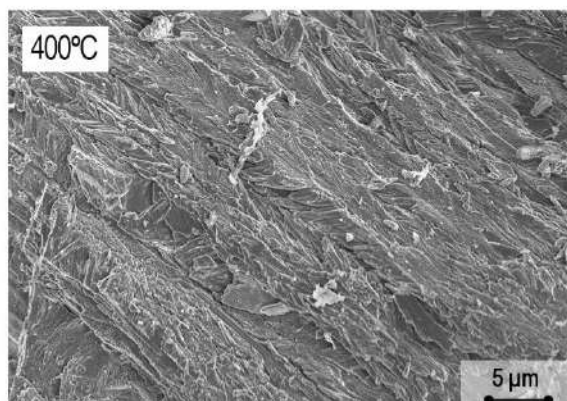
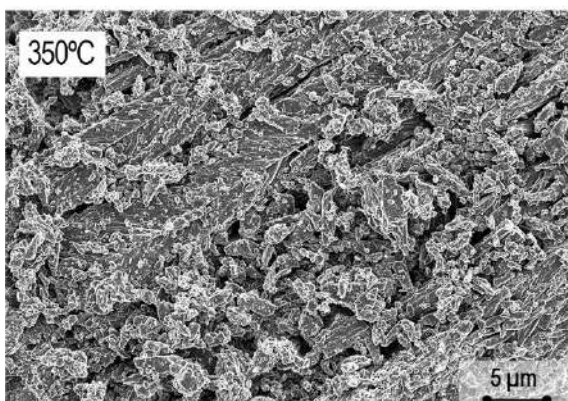
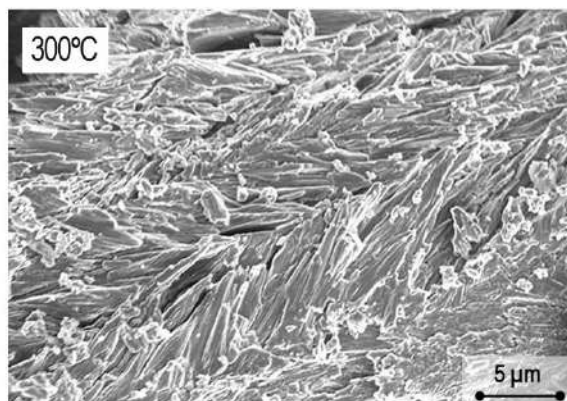
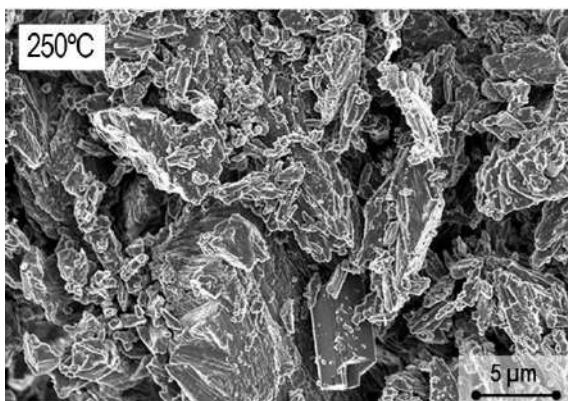
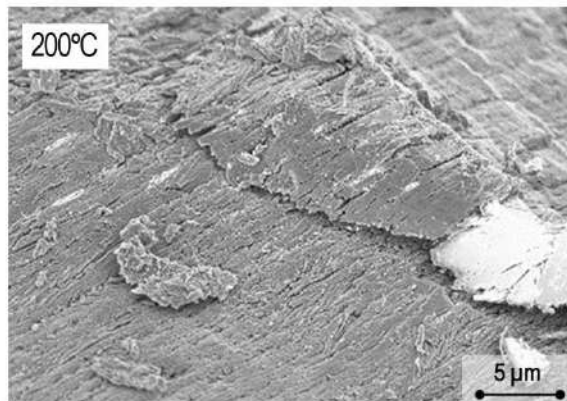
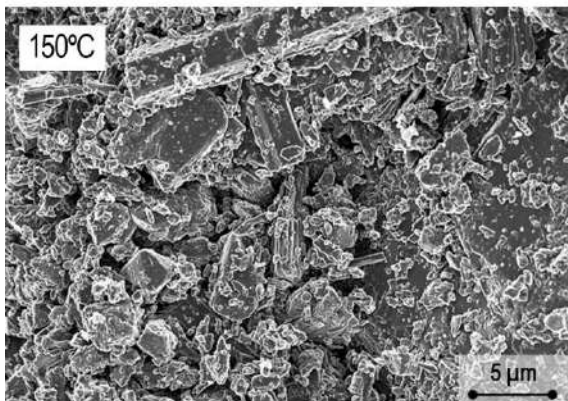
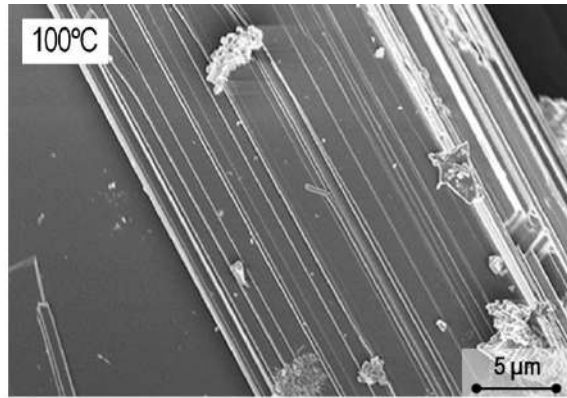
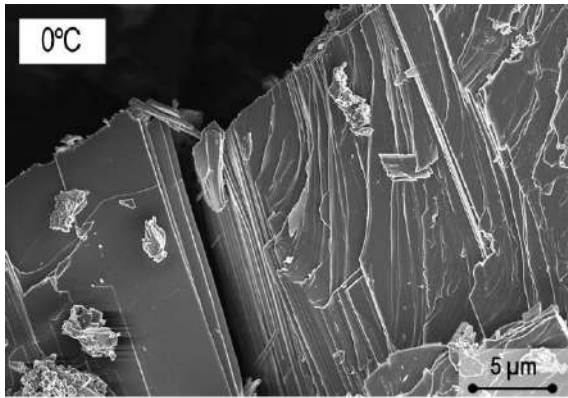
A 200°C se formaron abundantes microfracturas (Figura 180-200°C) que fueron causadas por cambios de volumen tras la calcinación, estableciendo una relación directa de coincidencia con otros estudios (Liu et al., 2021). Según Pritzel et al. (2017), la descomposición térmica del yeso está inicialmente acompañada de una expansión, la cual es seguida por una contracción cuando comienza a formarse la basanita que provoca la aparición de grietas (Liu et al., 2021). Esto no es sorprendente teniendo en cuenta que el volumen molar del yeso (74,23 cm³/mol) y de la basanita (53,21 cm³/mol) difiere en casi un 30%. La formación de basanita es acompañada por un reordenamiento de las moléculas de agua, que pasan a formar canales de agua en lugar de planos en el yeso (Carreño Márquez et al., 2018).

El yeso cocido a 400°C (Figura 180-400°C) contenía ~90% de anhidrita II en peso, y mostró una morfología con forma de pluma probablemente debido a una mayor contracción del mineral, que puede explicarse por la disminución adicional del volumen molar de ~15% tras la formación de anhidrita II (45,64 cm³/mol de volumen molar).

Cuando se alcanzó la temperatura de 800°C (Figura 180-800°C), se observó en la muestra con un contenido mayor del 95% en peso de anhidrita II un cambio significativo en la morfología de la anhidrita, que se manifestó en formas más suavizadas de los cristales del yeso, con superficies lisas y bordes redondeados debido a la sinterización (Figura 180-800°C). Aparentemente, los cristales de anhidrita más pequeños se fundieron en grupos más grandes a través de la difusión superficial siguiendo el mecanismo de maduración de Ostwald, lo que llevó a un aumento de tamaño (Hernández Olivares et al., 1997).

Los resultados obtenidos guardan relación con el estudio de la composición mineralógica con DRX. Se muestra un incremento de la cristalinidad de la anhidrita II ya que el grado de sinterización aumenta de manera especialmente pronunciada en el yeso cocido a >800°C, que son las muestras que ya no muestran la morfología con forma de pluma, sino granos con los bordes redondeados.

Las muestras a mayores temperaturas (hasta los 1.200°C) exhibieron estas mismas características, con formas más suavizadas y bordes redondeados, pudiéndose apreciar además una desintegración y grandes cristales de anhidrita disgregados y separados.



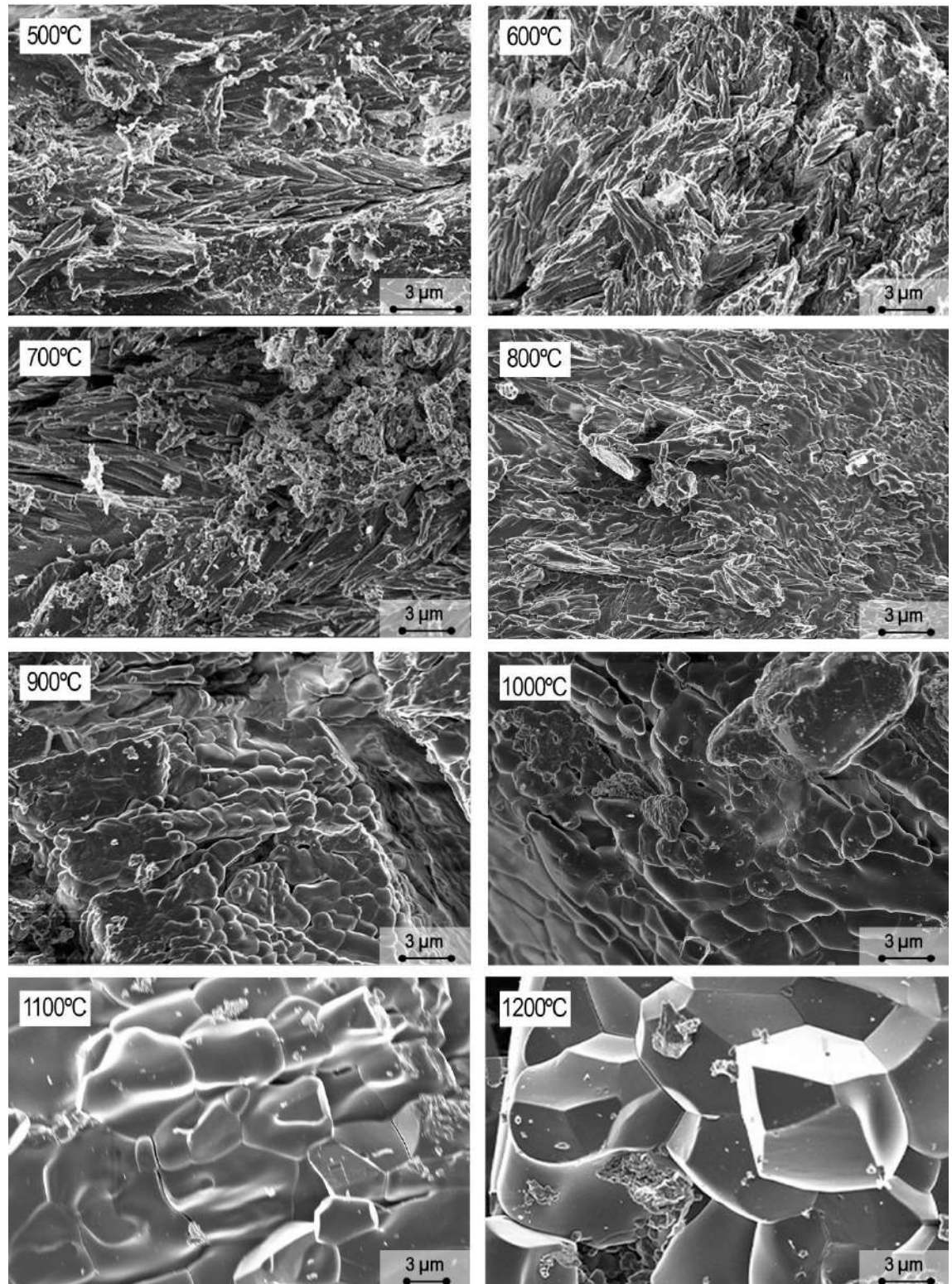


Figura 180. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla, mostrando la evolución textural frente a la temperatura de calcinación: 0) muestra sin cocer procedente de la cantera; 100-150) yeso con hábito laminar a lo largo de los planos de división primarios {010}; 200-300) yeso con contenido de >80% en peso de basanita, donde se puede apreciar el agrietamiento extenso asociado con la contracción a lo largo de direcciones específicas $[hkl]$ debido a la pérdida de H_2O ; 400-700) yeso con contenido de >95% en peso de anhidrita, donde se puede apreciar la morfología de pluma, probablemente debido a una mayor contracción del mineral; 800-1200) yeso donde se muestran los grandes granos de anhidrita con superficies suaves y bordes redondeados debido a la sinterización.

7.3.3. Muestras de yeso tras las cocciones experimentales en los hornos tradicionales

Las muestras procedentes de las cocciones experimentales en los hornos tradicionales se sometieron a las siguientes técnicas analíticas: análisis organoléptico, análisis por difracción de rayos X (DRX) para determinar la composición mineralógica y el tamaño de cristalito de las diferentes fases minerales identificadas, y microscopía electrónica de barrido (de alta resolución) de emisión de campo (FESEM) para determinar los cambios en la microestructura.

Los resultados de la cocción bajo condiciones controladas en laboratorio expuestos en el apartado anterior han posibilitado la comparativa de los resultados obtenidos en las cocciones experimentales (tanto de características organolépticas, composición mineralógica, tamaño de cristalito y variaciones en la microestructura) y poder obtener más información sobre el grado de cocción de las piedras alcanzado en un horno tradicional influido por la multitud de factores que intervienen en este proceso tan artesanal, como su ubicación dentro del horno y el material de combustión utilizado.

Se analizaron muestras de yeso cocido procedentes de distintas zonas de los dos hornos tradicionales: zona inferior o boca, que es la zona del horno más cercana a la cámara de combustión y por lo tanto la zona donde cabría esperar una temperatura de cocción mayor, zona media, y zona superior o caramullo (apartado 7.2.2; Figura 164 y Figura 165). Esta voluntad de análisis detallado de los materiales ubicados en distintas zonas del horno parte del conocimiento extraído de investigaciones previas que apuntan que la distribución de temperaturas en el interior de un horno no es homogénea en todas sus zonas (Bel-Anzué et al., 2016; González Sánchez et al., 2020).

Se analizaron también diferentes partes de una misma piedra (corteza exterior, capa inferior y parte central) para estudiar la penetración de la temperatura efectiva en el interior de las piedras de yeso durante una cocción tradicional y su influencia en el producto final.

7.3.3.1. Análisis organoléptico de las muestras cocidas en los hornos tradicionales

El proceso de desmontado y vaciado del yeso tradicional una vez finalizada la cocción experimental permitió evidenciar diferencias organolépticas entre el horno tradicional de Albarracín y el de Navarrete (Figura 181), particularmente en relación a la tonalidad y la cohesión de las piedras cocidas, observándose unas piedras más quebradizas en el horno de Albarracín que facilitaban el proceso de triturado (que podía hacerse con una simple presión manual).

Este hecho evidencia procesos de cocción muy distintos, ya que el yeso original (previo a la cocción) con el que se llenaron los hornos fue el mismo en ambos casos (CB), extraído y colocado de manera progresiva y simultánea en los dos hornos, asegurando la homogeneidad del mismo.

La imposibilidad de obtener una mayor precisión en la estimación de la temperatura de cocción mediante los análisis de Difractograma de Rayos X entre las muestras cocidas a una temperatura superior a 400°C (entre los 500°C y los 1.300°C) puso en valor la realización del estudio organoléptico, ya que, junto al análisis del tamaño de cristalito (apartado 7.3.3.3), permitió la obtención de más datos, y por tanto un mayor acercamiento a la temperatura de cocción.

La cocción en el horno de Albarracín (derecha) presentó un predominio de piedras con un tono rosáceo o salmón que, desde el estudio organoléptico, guarda semejanzas con el material observado en el yeso cocido en la mufla a 700°C o superior.

En cambio, la cocción en el horno de Navarrete (izquierda) mostró un predominio de piedras de tono grisáceo que, desde el estudio organoléptico, guarda semejanzas con el yeso cocido en laboratorio a temperaturas de 300-400°C (apartado 7.3.2.1; Figura 178).



Figura 181. Proceso de desmontaje de los hornos tradicionales (izquierda: Navarrete, derecha: Albarracín). Visualmente ya se puede apreciar una clara distinción cromática de las piedras obtenidas, de modo que en el horno de Navarrete las piedras tienen un color grisáceo, correspondiente a los 300-400°C, mientras que en el de Albarracín se observa una tonalidad salmón, propia de cocciones a 700°C.

En el horno de Albarracín, las muestras extraídas de la zona baja o boca (AB) presentaron un material ligero y disgregable (Figura 182). La corteza exterior de la piedra (ABE) se componía de

una capa de unos 4-5 mm de espesor, se diferenciaba claramente y se desprendía del resto de la piedra con facilidad.

Durante el proceso de preparación de las muestras en laboratorio, concretamente en la fase de molienda con el mortero de ágata para la preparación de la muestra en polvo, se pudo apreciar un fuerte olor similar al percibido en un “huevo podrido”, probablemente causado por la presencia de ácido sulfhídrico (H_2S). Esta fase se puede generar por la descomposición de materia orgánica en condiciones anaerobias. Sin embargo, el olor solamente se detectó al moler material de la capa exterior de las muestras T1200 y T1350 calcinadas a 1.200 y 1.350°C. Una futura investigación debería aclarar si a esta temperatura tan elevada todavía quedan restos de materia orgánica u otros elementos en el yeso calcinado que pudieran producir este olor.

La muestra ABE2 (Figura 182) se corresponde con la parte inmediatamente debajo de la corteza exterior, con espesor de 1 cm aproximadamente. Se pudo apreciar un tono más blanquecino, con presencia de minerales accesorios de tonos oscuros en los planos de sedimentación. También se percibió durante el triturado un olor a “huevo”, pero siendo en este caso más suave.

Por último, el interior de la piedra (ABC) mostró un claro tono salmón bastante homogéneo, que sugiere que la temperatura alcanzada en el interior de la piedra fue de unos 700-900°C. En este punto no se advirtió ningún olor durante su triturado.

Se pudo observar una tonalidad rojiza en las piedras de la boca de manera más intensa que en las piedras del resto de las zonas del horno, por lo que son más localizables a simple vista. La piedra se rompió con sencillez en todas las direcciones y no únicamente en los planos de rotura, permitiendo hacer lajas y extraer el material del interior de la piedra.

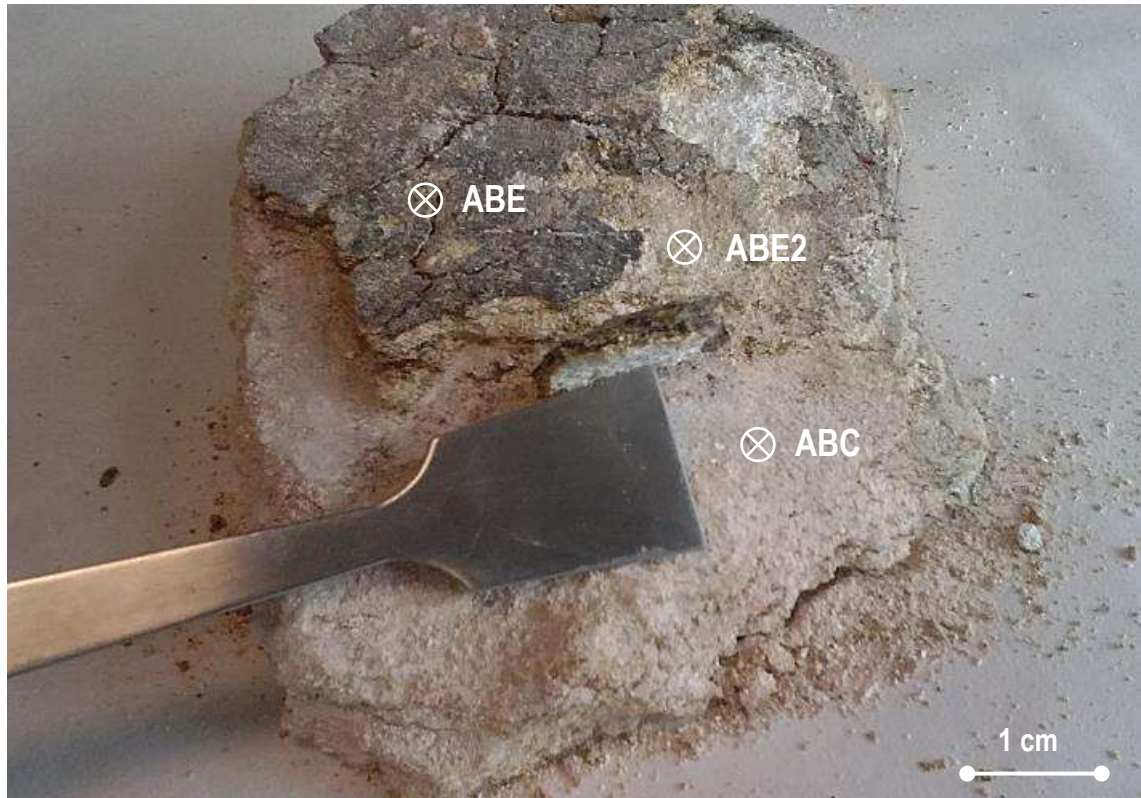


Figura 182. Muestra extraída del horno de Albarracín, zona baja o boca (AB). ABE: corteza exterior de unos 4-5 mm de espesor, fácilmente desprendible del resto de la piedra. ABE2: franja bajo la costra exterior con un tono más blanquecino. ABC: parte central que ofreció un tono salmón bastante homogéneo.

En la zona media del horno (AM) se obtuvo un material más homogéneo visualmente (Figura 183), con un tono salmón muy similar al obtenido en las piedras que en la cocción controlada se expusieron a temperaturas de 700-800°C.

La corteza exterior (AME) se corresponde con una capa adherida de unos 2 mm, menos diferenciable del resto de la piedra y similar al obtenido en las muestras de la boca, por lo que resultaba más difícil disgregarlo, sugiriendo que la temperatura de cocción fue elevada.

La parte central de la piedra (AMC) resultó fácilmente disgregable, pudiendo triturarse con una leve presión de la mano. Los minerales accesorios no eran reconocibles visualmente en todas las piedras.



Figura 183. Muestra extraída del horno de Albarracín, zona media (AM), con un tono salmón, donde la corteza exterior se encontraba más adherida.

En la zona alta del horno (AA) (Figura 184) se obtuvieron unas piedras más compactas, y con una mayor dificultad para su triturado, vinculadas seguramente a unas temperaturas de cocción de 500-600°C. Esto podría indicar una temperatura de cocción menor en estas piedras, ya que, en el pasado, se podía saber si una piedra había logrado una cocción completa pues este parámetro es inversamente proporcional a la resistencia de la misma. Visualmente, se reconoce como una piedra muy homogénea, de un tono ligeramente rosáceo. Las piedras resultantes disponían de una corteza exterior de unos 2 mm de espesor.



Figura 184. Muestra extraída del horno de Albarracín, zona alta (AA), con un tono blanco ligeramente rosáceo, que supuso una mayor dificultad para disgregar el material por estratos.

Respecto al material procedente del horno de Navarrete, se pudo observar que las muestras de la zona baja o boca (NB) fueron las únicas de todas las zonas del horno más ligeras y segregables por estratos (Figura 185a). El tono grisáceo de esta piedra guarda semejanzas con el material cocido en laboratorio a una temperatura de 400-500°C. En este caso, se pudieron observar variaciones dentro de una misma piedra; la parte central de las piedras pudieron no haber alcanzado una deshidratación completa, lo cual está sustentado por los análisis por DRX (apartado 7.3.3.2). Probablemente, las condiciones de cocción en el horno de Navarrete fueron variables y, como consecuencia, algunas piedras no estuvieron expuestas a altas temperaturas un tiempo suficientemente largo.

La corteza exterior (NBE), de unos 2 mm de espesor, se separaba fácilmente del resto de la piedra. En este caso no se apreció ningún olor durante su manipulación. La presencia de minerales accesorios (NBA) se pudo reconocer en este caso por su tono negro. Aunque la piedra se rompía con facilidad, estos minerales no se separaban fácilmente del resto de la piedra.

Las piedras analizadas procedentes de la zona media del horno (NM), presentaron una mayor dificultad en su disgregación (Figura 185b). La tonalidad oscura de la piedra es comparable con las muestras cocidas a 400°C en el horno de mufla, mostrando una distribución no homogénea del calor dentro del horno.

La capa exterior (NME), de 1-2 mm de espesor, ofreció una separación sencilla del resto de la piedra, aunque se encontraba más adherida en comparación con las piedras de la boca del horno. Los minerales accesorios (NMA) resultaron muy difíciles de extraer, ya que no produjeron fisuras en la dirección de las vetas, lo que coincide con lo observado en las muestras de la mufla cocidas a 300-400°C.

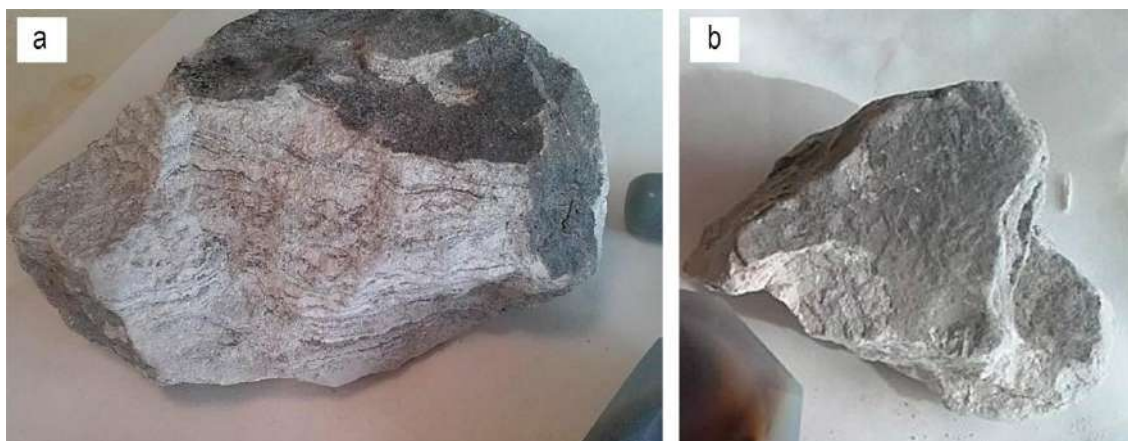


Figura 185. Muestras extraídas del horno de Navarrete: a) zona boca (NB); b) zona media (NM).

Las piedras procedentes de la zona alta del horno (NA) presentaron una mayor dificultad para separar las distintas capas. La corteza exterior (NAE) era una capa no mayor de 1 mm muy adherida, que visualmente se asemejaba al carbón (color gris oscuro), lo que podría deberse a una coloración por el contacto del humo de la cocción.

La capa justo inferior a la corteza exterior era más clara que en otras zonas del horno, y la parte central de la piedra (NAC) resultó mucho más dura que el resto de muestras. En este caso, los minerales accesorios supusieron una gran dificultad para su extracción, excepto algunas partes de la piedra espesas que estaban sin cocer o con tonos marrón claro.

En general, parece claro establecer una relación directa entre la mayor quebradidad y facilidad de disgregación del material con el aumento de la temperatura de cocción, indicando no solamente que se produjo un grado de cocción diferente en ambos hornos (con unas temperaturas más elevadas en el horno de Albarracín), sino también apuntando a diferencias de cocción entre las diferentes zonas del horno, en función de la difusión del calor (los arbustos utilizados como material de combustión en el horno de Navarrete no permitieron generar una distribución homogénea del calor, ni mantener una temperatura elevada durante suficiente tiempo como para producir una deshidratación completa del yeso). Las posteriores mediciones del análisis DRX y del tamaño de cristalito han podido confirmar esta suposición.

Asimismo, los resultados del análisis organoléptico del yeso obtenido en las cocciones experimentales han permitido ratificar los testimonios que ofrecieron los trabajadores experimentados en relación con el material obtenido tras la cocción.

De acuerdo a estos testimonios, resultaba más rentable y suponía un menor esfuerzo realizar una cocción más prolongada a fin de obtener un producto más cocido a mayor temperatura (“sobrecocido”)³⁴, que resultara en un material más quebradizo (incluso con las manos) para facilitar el proceso de triturado antes de ensacarlo (apartado 5.2.3.5). Además, por lo general, el yeso no cocido del interior de las piedras se retiraba antes de procesarlo, ya que complicaba la molienda debido a su elevada dureza, generando un doble esfuerzo de separarlo y volver a cocerlo (Bel-Anzué et al., 2022).

7.3.3.2. Identificación de la fase mineral mediante análisis de difractograma de rayos X (DRX) de las muestras cocidas en los hornos tradicionales

La composición mineralógica de las muestras de yeso obtenidas tras las cocciones experimentales extraídas de las distintas zonas características del horno (zona baja, zona media y zona alta) de los hornos tradicionales de Albarracín y Navarrete (Tabla 23, Tabla 24) permite estudiar la temperatura alcanzada en los hornos tradicionales mediante las similitudes con las muestras obtenidas de la cocción controlada en el horno de mufla.

Las muestras procedentes del horno de Albarracín presentaron una composición mineralógica bastante homogénea, con resultados similares tanto en la zona alta, media y boca, con un contenido de $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II y trazas de calcita y cuarzo por debajo del 5% en peso (Tabla 23), lo que indica una distribución de temperaturas aparentemente homogénea en las tres zonas del horno. Esta composición mineralógica obtenida guarda relación con la composición de las muestras cocidas en el horno de mufla a temperaturas por encima de los 500°C, que presentaron un elevado contenido de anhidrita II ($>95\%$ en peso) frente a cantidades más reducidas de basanita, yeso y minerales accesorios, confirmando que el yeso cocido en este horno tradicional alcanzó temperaturas elevadas.

El análisis de composición mineralógica de las distintas partes (corteza exterior y parte central) de una misma piedra reveló unas composiciones mineralógicas muy similares, por lo que se puede concluir que la difusión de la temperatura en el interior de las piedras fue homogénea.

³⁴ Comunicación personal, A. Meda (Albarracín, Teruel, 2016), J. M. Seira (Albelda, Huesca, 2017).

En la zona de la boca y en la zona media del horno las muestras indicaron una composición similar tanto en la corteza exterior de las piedras (ABE y AME) como en la parte central (ABC y AMC), con un contenido de $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II.

En la zona alta del horno se obtuvieron los mismos resultados, con la única excepción de que las vetas de la piedra correspondientes a los planos de sedimentación con accesorios (AAA) presentaron una menor cantidad de anhidrita II (75%) y una mayor presencia de minerales accesorios conformados por un 15% de cuarzo y un 10% de ilita. Esto es coherente con las muestras de accesorios CA previas a la cocción, manteniéndose el mismo porcentaje de minerales accesorios. Esta muestra es la única con un porcentaje significativo de accesorios (ABA y AMA tenían un contenido de $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II), y la presencia de ilita parece indicar que se ha alcanzado una temperatura inferior a los 900°C dado que estos minerales normalmente sufren una descomposición y transformación en diferentes fases en torno a los $800\text{-}900^{\circ}\text{C}$ (Rodríguez-Navarro et al., 2003; Maritan et al., 2006). Sin embargo, el hecho de presentar un mayor contenido en peso de cuarzo podría simplemente sugerir una distribución no homogénea de los minerales accesorios.

No obstante, esta aparente homogeneidad obtenida en el horno de Albarracín debe ser discutida, pues los análisis por DRX no permiten obtener más detalles con respecto a la temperatura de cocción entre los 500°C y los 1.300°C y, por lo tanto, no es descartable la hipótesis de que la temperatura alcanzada en la corteza exterior fuese de $\sim 1.200^{\circ}\text{C}$ y la alcanzada en la parte central fuese de 500°C . En cambio, el análisis organoléptico (apartado 7.3.2.1) reveló que las diferencias en la tonalidad y la consistencia de las piedras procedentes de diferentes ubicaciones en el horno (e incluso de las diferentes partes de una misma piedra) estuvieron producidas por una cocción más heterogénea en el horno de Albarracín, evaluando si el proceso de cocción (que en este caso duró 12 horas) fuera suficiente para obtener un grado de cocción deseado en todas las piedras del horno, y la repercusión de la proximidad a la cámara de combustión y del anteriormente explicado “efecto chimenea” (Brown Birabén et al., 2014).

Este aspecto revela la importancia de cara a futuros estudios de monitorizar no solamente la temperatura interior en varias zonas del horno, sino también la temperatura efectiva transmitida al interior de la piedra de yeso.

Tabla 23. Fases minerales (% en peso) de las diferentes muestras analizadas procedentes de la cocción en el horno tradicional de Albarracín en la boca, zona media y zona alta, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante técnica analítica de difracción de rayos X.

Cocción		Tipo	Siglas	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Tradicional Albarracín	Promedio	Boca	AB	<5	95	-	<5	<5	-
		Medio	AM	<5	95	<5	<5	<5	-
		Alta	AA	<5	95	<5	<5	<5	-
	Boca	Exterior	ABE	-	95	-	5	-	-
		Exterior 2	ABE2	-	100	-	<5	-	-
		Accesorios	ABA	-	100	-	-	-	-
		Centro	ABC	-	100	-	-	-	-
		Centro 2	ABC2	-	100	-	-	-	-
	Medio	Exterior	AME	<5	95	-	-	-	<5
		Exterior 2	AME2	-	95	-	-	<5	-
		Accesorios	AMA	-	100	-	-	-	<5
		Centro	AMC	-	95	-	-	<5	-
	Alta	Exterior	AAE	-	100	-	-	-	<5
		Exterior 2	AAE2	-	95	-	-	<5	-
		Accesorios	AAA	-	75	-	-	15	10
		Centro	AAC	-	95	-	-	<5	-

Los análisis DRX de las muestras de yeso cocido según la metodología de Navarrete permitieron revelar una mayor disparidad en la composición mineralógica (Tabla 24), lo que permite asegurar una menor homogeneidad en las temperaturas alcanzadas, así como una mayor variación en el tiempo de exposición al calor, en cada zona del horno, obteniendo un producto multifase.

Por lo general, se han podido apreciar unas menores cantidades de anhidrita II y una mayor cantidad de basanita frente a las piedras procedentes del horno de Albarracín, por lo que se deduce que la temperatura que alcanzaron las piedras en el horno de Navarrete fue inferior, reforzando la diferencia organoléptica que se observó durante el proceso de desmontado de los hornos.

En la zona baja o boca del horno (NB) las muestras tras la cocción presentaron una composición con un 75% de anhidrita II y un 20% de basanita en peso, y cantidades de yeso y accesorios inferiores al 5% en peso, propios del tipo de piedra de yeso más abundante en la cantera (CB). Esta composición es equiparable a las muestras del horno de mufla cocidas a 350-400°C.

Las piedras cocidas en la zona media del horno (NM) ofrecieron una composición con un 70% (ligeramente inferior) en peso de anhidrita II y un 30% de basanita (ligeramente superior), indicando que la temperatura efectiva media alcanzada en el interior de las piedras pudo ser levemente más baja, en torno a los 350°C.

Las muestras de la zona alta o caramullo (NA), obtuvieron los valores más altos de contenido de anhidrita II, con un 95% en peso en su composición, y cantidades de yeso, basanita y accesorios inferiores al 5% en peso. Estos valores indican que la temperatura alcanzada por estas muestras fue al menos de unos 400-500°C en comparación con los datos ofrecidos por la cocción controlada en la mufla.

El hecho de que las muestras extraídas de la zona alta reflejen un mayor contenido en peso de anhidrita II, indican que han sido cocidas a una mayor temperatura de cocción frente a las muestras de la zona media y zona baja puede parecer incoherente, desde la perspectiva de ser la zona del horno situada a mayor distancia de la cámara de combustión. No obstante, en un horno tradicional existen una serie de factores que alteran la distribución lineal de la temperatura con respecto a su foco de emisión y esta dispersión entre la distancia a la cámara de combustión y la temperatura alcanzada en la piedra refuerza las conclusiones de otros investigadores (Sempere, 1999; Brown Birabén et al., 2014; Nicholson, 2010) relativas a la influencia del “efecto chimenea” en la distribución de la temperatura de los hornos tradicionales, que no sigue una estratificación homogénea sino que está determinada, entre otros factores, por el tiro de aire, como se ha podido comprobar en los hornos de cal (Margalha et al., 2008), los hornos de ladrillos y tejas cerámicas (Astudillo Letón et al., 2022), los hornos de alfarería (Sempere, 1999) o los hornos de adobe (Brown Birabén et al., 2014).

Por tanto, el hecho de que una piedra esté en una zona concreta del horno no necesariamente guarda una relación con la temperatura medida en un punto medio con el sensor en esta misma zona, ya que las llamas de la cocción pueden afectar de manera diferente a las distintas piedras, generando discrepancias entre las temperaturas medidas y las alcanzadas en una piedra concreta.

A diferencia del proceso industrial, las cocciones de los hornos tradicionales pueden no ser un proceso homogéneo y las variaciones provocadas por diversos factores dan como resultado que el yeso obtenido de estas cocciones sea un producto multifásico.

Evaluando la transmisión de temperatura en el interior de una misma piedra situada en la zona baja o boca del horno, la capa exterior de la muestra (de unos 2 mm de espesor fácil de extraer)

(NBE) presentó un contenido de anhidrita II (90% en peso) considerablemente mayor a la parte central (NBC) de la muestra (40% en peso). La composición mineralógica en la capa exterior de la piedra es equivalente a una temperatura de cocción de unos 500°C (en comparación con la composición mineralógica de las muestras cocidas en el horno de mufla), mientras que en el interior es de unos 250°C. Esta diferencia de temperatura efectiva en el interior de la piedra está relacionada con una mayor dificultad del calor para penetrar completamente en el interior de la piedra que, como el tamaño de las piedras eran semejantes en ambos hornos, puede deberse a la distancia entre el foco de emisión (las aliagas se introducían al fondo de la cámara de combustión) y la piedra extraída o bien a la escasa intensidad del fuego. El hecho de utilizar leña de arbusto como material de combustión, que arde rápidamente alcanzando una alta temperatura en los primeros minutos de cocción (apartado 6.3.1), puede generar una mayor variación de temperaturas al introducir nuevo material de combustión; y además, puede ocasionar que algunas piedras no estuvieran expuestas el tiempo suficiente a una alta temperatura para una deshidratación completa.

En la zona media del horno, el estudio de la transmisión de calor en el interior de una misma piedra reveló la formación de una capa exterior de las piedras (1-2 mm de espesor) (NME) con un contenido de 65% en peso de anhidrita II, frente a un 10% en peso en la parte interior (NMC), reflejando que la temperatura alcanzada en el centro de las piedras fue de solamente 250°C. La segunda muestra analizada de la capa exterior (NME2), sin embargo, también presentó una cantidad de tan solo un 10% de anhidrita II en peso. Este hecho indica que la composición, y por tanto su grado de cocción, en la capa exterior de una misma piedra puede variar dependiendo de la incidencia del fuego en las distintas caras de la piedra, pudiéndose hacer más evidente entre la cara inferior y la cara superior por su diferencia de exposición a las llamas.

En la zona alta del horno, la cocción de las muestras analizadas fue más homogénea, obteniendo un porcentaje de anhidrita II similar tanto en la capa exterior como en la parte central de las piedras (en torno al 90% en peso), valores que son equiparables a una temperatura de unos 400°C en el horno de mufla.

La variabilidad de resultados obtenidos en el horno de Navarrete manifiesta que existen diversos factores que influyen en la distribución de la temperatura dentro de un horno tradicional. La colocación de las piedras en el horno, así como la ubicación y disposición del material de combustión, pudo haber incrementado el efecto chimenea y el tiro de aire en el horno y, unido a una menor temperatura registrada durante la cocción, producir una distribución menos homogénea del material resultante.

Los datos obtenidos en el horno de Navarrete son por tanto coherentes con la afirmación de que el yeso tradicional elaborado en el pasado era un producto multifásico muy variable en su conjunto, característica intrínseca de este material tradicional.

Tabla 24. Fases minerales de las diferentes muestras analizadas procedentes de la cocción en el horno tradicional de Navarrete en la boca, zona media y zona alta, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante técnica analítica de difracción de rayos X.

Cocción		Tipo	Siglas	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Tradicional Navarrete	Promedio	Boca	NB	20	75	<5	-	<5	-
		Medio	NM	30	70	<5	-	<5	-
		Alta	NA	<5	95	<5	<5	<5	-
	Boca	Exterior	NBE	10	90	-	-	<5	<5
		Exterior 2	NBE2	5	90	-	-	<5	-
		Accesorios	NBA	10	85	-	-	<5	-
		Centro	NBC	60	40	-	-	<5	-
	Medio	Exterior	NME	30	65	<5	-	<5	<5
		Exterior 2	NME2	85	10	<5	-	<5	<5
		Accesorios	NMA*	-	-	-	-	-	-
		Centro	NMC	80	10	<5	-	<5	-
	Alta	Exterior	NAE	<5	90	<5	<5	<5	<5
		Exterior 2	NAE2	<5	90	<5	<5	<5	-
		Accesorios	NAA	<5	80	<5	<5	<5	<5
		Centro	NAC	10	90	<5	-	<5	-

* Resultado no disponible por falta de ensayo.

Durante el proceso de este análisis, se ha prestado especial atención al impacto de la cocción sobre los minerales accesorios, ya que algunos estudios han detectado la presencia de algunos minerales accesorios con influencia directa en el buen comportamiento del yeso tradicional para usos estructurales o con exposición al exterior, provocando la formación de fases hidráulicas (Sanz Arauz, 2009).

González Sánchez et al. (2020) monitorizaron térmicamente la cocción del yeso en un horno tradicional en la región de Ribera d'Ondara (Lérida) e identificaron la presencia de minerales accesorios de compuestos de cal en las muestras de cantera analizadas (calcitas y dolomitas en proporciones variables hasta un 28% en peso). También detectaron la formación de silicatos cálcicos (un 10% en peso) tras la cocción de las muestras, propios de las cales hidráulicas, que se producen debido a la elevada presencia de arcillas como minerales accesorios durante la cocción del material, dando como resultado el conocido "yeso hidráulico". Este estudio asoció esta serie de compuestos accesorios al yeso (arcillas, calizas, carbón, cuarzos, etc.) y las fases

hidráulicas (como el silicato de calcio) a la gran versatilidad de usos que el yeso tuvo en el pasado, frente al yeso industrial utilizado actualmente en la construcción (González Sánchez et al., 2020).

El investigador David Sanz justificó en su tesis doctoral sobre los revestimientos de fachadas con yesos tradicionales tomados de la cantera de Albarracín (Teruel) (Sanz Arauz, 2009) cómo la presencia de diversos accesorios (sílice cristalina y amorfa, arcillas como principal mineral accesorio) y las altas temperaturas alcanzadas en los hornos (por encima de 900°C) podrían provocar la formación de fases hidráulicas. Dichas fases hidráulicas mejoran las propiedades físicas y mecánicas del producto fraguado con el tiempo (Lanas et al., 2004) y su resistencia a la intemperie (Álvarez Galindo et al., 1995), lo que explicaría el buen comportamiento del yeso tradicional al exterior. Asimismo, pudo comprobar que en la descomposición térmica del yeso a muy alta temperatura (900-1.000°C) en revestimientos al exterior se produce contenido en cal, por lo que no necesariamente proviene de un aditivo añadido al producto (Sanz Arauz, 2009).

Por el contrario, esta investigación ha permitido demostrar que los yesos de la cantera de Navarrete (Teruel) no presentaron un contenido suficientemente alto de minerales accesorios (que resultó menor al 5% en peso, consistiendo principalmente en cuarzo, calcita o ilita). Por lo que, en el caso concreto de esta investigación, parece que el material histórica y empíricamente validado como apto para su uso en estructuras y exteriores, no dispone de suficientes minerales accesorios, especialmente calcita, como para justificar su comportamiento hidráulico.

Se ha podido determinar una correlación entre las estimaciones de la temperatura alcanzada de las diferentes muestras analizadas por DRX y el análisis organoléptico estudiado en el apartado anterior. Las muestras procedentes de la cocción en el horno de Albarracín indican que la temperatura de cocción fue más elevada. De esta manera las piedras analizadas tuvieron un mayor porcentaje de anhidrita II, que es la fase que comienza a ser detectada en cantidades significativas a partir de los 300°C de cocción (se detectan algunas trazas a partir de los 200°C), y se corresponde con los tonos y texturas propias de estas temperaturas según los resultados obtenidos en el horno de mufla. La zona alta o caramullo reflejó una menor temperatura alcanzada que se relaciona con una mayor dureza y dificultad de triturado.

Comparando los resultados obtenidos en la cocción experimental con los resultados de la cocción en el laboratorio, se puede concluir que la mayoría del material analizado alcanzó una temperatura de cocción superior a 500°C, aunque la comparativa de cuantificación de las fases minerales realizadas por DRX no permite determinar la temperatura de cocción con más precisión, ya que por encima de esta temperatura la composición mineralógica de las muestras

no varía ($\geq 95\%$ en peso de anhidrita II), al menos hasta la temperatura máxima de estudio de 1.300°C .

En cambio, las muestras procedentes del horno de Navarrete apuntan a que se alcanzaron temperaturas inferiores, de entre 300 y 350°C en la mayoría de las zonas del horno, si bien algunas piedras estuvieron expuestas a una temperatura de 500°C o superior. No obstante, las muestras analizadas de las partes centrales de las piedras revelan que se corresponden a temperaturas de entre 250°C y 300°C (parte central de la boca, NBC, y parte central de la zona media, NMC, con un elevado contenido de basanita), lo que se corresponde con unos tonos más oscuros en las piedras con mayor cohesión y una mayor dificultad para ser trituradas.

En esta cocción se emplearon aliagas como material de combustión y se ha registrado los valores más altos de anhidrita II, que se corresponden con una temperatura de cocción más elevada, en la zona alta del horno (la más alejada de la cámara de combustión), probablemente debido al efecto chimenea y a la acción de las llamas en una zona concreta de la que se extrajeron las piedras analizadas, sosteniendo la hipótesis de la obtención de un producto de carácter multifásico en los hornos tradicionales.

Las diferencias en cuanto al material de combustión empleado y la influencia de su ubicación en la zona baja o boca de cada horno podría ser la causa del distinto grado de cocción observado en las piedras.

Los resultados de este análisis guardan relación y refuerzan la evidencia de la significativa cantidad de anhidrita detectada en morteros históricos con yeso de varios países europeos, como son el caso de Portugal, Italia, Polonia y Alemania (Kawiak, 1991; Middendorf, 2002; Schmid et al., 2019; Freire et al., 2020). Esta anhidrita debió haber estado expuesta a temperaturas de cocción relativamente altas ($>800^{\circ}\text{C}$, Elert et al., 2023b) hasta transformarla en no reactiva y, por lo tanto, retardó drásticamente su hidratación.

En los yesos procedentes de las cocciones experimentales, aunque no se puede descartar que algunas muestras contuvieran trazas de yeso por debajo del límite de detección del DRX, los datos parecen indicar que se alcanzó una temperatura suficientemente elevada para provocar una deshidratación parcial (basanita) o completa (anhidrita II) del yeso durante la cocción, estando por tanto de acuerdo con estudios previos que indican que la temperatura en el interior de un horno tradicional puede ascender a más de 1.000°C (Vegas et al., 2010; Lenz, 2006; La Spina, 2016; González Sánchez et al., 2020).

7.3.3.3. *Determinación del tamaño de cristalito de las muestras cocidas en los hornos tradicionales*

Los resultados del tamaño de cristalito de las diferentes muestras ofrecen algunas diferencias entre las muestras procedentes del horno de Albarracín y el de Navarrete (Tabla 25). La mayoría de estas muestras tenían un predominio en el contenido de anhidrita II, sumada a porcentajes de basanita más elevados en algunas de las muestras procedentes del horno de Navarrete.

Las muestras procedentes de la cocción en el horno de Albarracín presentaron un tamaño de cristalito variable entre los 55 y 80 nm, que se correlaciona con unas temperaturas entre 800 y 1.000°C si se compara con la cocción del horno de mufla y que refuerza esta analogía establecida tras el análisis organoléptico. Este análisis de tamaño de cristalito permite por tanto ofrecer una información notablemente más precisa, ya que el análisis DRX solamente permitía concluir una temperatura superior a los 400-500°C, sin poder definir con exactitud el rango preciso de temperatura alcanzadas, puesto que la composición mineralógica del yeso no varía a partir de esta temperatura y solo se detecta anhidrita II (>95% en peso).

Este método podría ser una importante contribución para poder determinar la temperatura de calcinación de morteros históricos con alto contenido de anhidrita II. Sin embargo, será necesaria una futura investigación para determinar cómo los procesos de disolución-precipitación pueden influir en el tamaño de cristalito en el caso de yesos históricos (Lewry y Williamson, 1994).

Las muestras extraídas de la zona de la boca (AB) presentaron el mayor tamaño de cristalito, hasta un 15-20% mayor que el resto de zonas (entre 70-80 nm), lo que refuerza la conclusión de que fue la zona del horno donde se alcanzó una mayor temperatura ya que es la más próxima a la cámara de combustión. Las zonas medio (AM) y alta o caramullo (AA) mostraron unos tamaños de cristalito inferiores (de 59nm), apuntando a una menor temperatura alcanzada.

Los resultados de las muestras extraídas del horno de Navarrete, en cambio, son muy homogéneos en las diferentes zonas del horno. En todas ellas (NB, NM y NA) se obtuvieron yesos con un tamaño de cristalito de 40 nm, lo que parece indicar una temperatura de cocción en un rango de 300°C a 500°C.

No obstante, este hecho coincide con los resultados relativos a su composición mineralógica (apartado 7.3.3.2; Tabla 23), que mostraban una mayor disparidad entre las distintas fases minerales (el contenido de anhidrita II variaba entre un 70% en la zona media y un 95% en peso en la zona alta, aunque pueden ser valores aleatorios y no dan un resultado completamente

fiable de la composición promedio de la zona del horno). Si se analiza el tamaño de cristales del horno de mufla (apartado 7.3.2.3; Tabla 22), se puede observar que entre las temperaturas de 300 y 500°C el tamaño de cristalito de la anhidrita permanece constante a ~40 nm. En este caso concreto, el análisis del tamaño de cristalito no ha podido determinar un rango de temperaturas más preciso (300-500°C).

Tabla 25. Evolución del tamaño de cristalito (nm) de anhidrita (reflexión de pico de Bragg 020/200), para las muestras cocidas a distintas temperaturas en los hornos tradicionales de Albarracín y Navarrete.

Muestra	Anhidrita (020/200)
AB	71
AM	59
AA	58
NB	40
NM	37
NA	40

7.3.3.4. Microscopía electrónica de barrido (FESEM) de las muestras cocidas en los hornos tradicionales

Las imágenes FESEM correspondientes a las muestras procedentes de las cocciones en los dos hornos tradicionales de Albarracín y Navarrete han permitido ahondar en el conocimiento morfológico del yeso cocido en una cocción tradicional desde una perspectiva de interpretación visual (Figura 186).

En las muestras procedentes de la cocción en el horno de Albarracín en la zona alta (Figura 186-AA) (que contenían un $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II), se observó una morfología con forma de pluma característica de esta fase, que progresivamente mostró una pérdida de definición en los bordes de los cristales de la zona media (Figura 186-AM) y, de forma más evidente, en la zona baja (Figura 186-AB), efecto debido a la sinterización, ya que se ha alcanzado una temperatura de cocción mayor de acuerdo a los resultados observados en los apartados anteriores.

Esta tendencia en las muestras extraídas del horno de Albarracín es coincidente con las observaciones anteriores. Se ha observado que la morfología de las muestras cocidas a diferentes temperaturas según la zona del horno (boca, media o caramullo) guarda relación con las correspondientes temperaturas medidas en el horno de mufla. De esta manera, la zona alta o caramullo, que es la zona de menor temperatura, originó muestras con una morfología que son

comparables a las muestras de 500-600°C en el horno de mufla; mientras que la zona baja o boca, la zona del horno que alcanzó la mayor temperatura, produjo cristales muy similares a los obtenidos en el horno de mufla a 1.000-1.100°C, con los característicos bordes redondeados generados por la sinterización.

En las muestras procedentes de la cocción en el horno de Navarrete se observó una tendencia diferente, ya que tanto en la zona alta del horno (Figura 186-NA), como en la zona media (Figura 186-NM) e incluso en la zona baja (Figura 186-NB), que es la zona más cercana a la cámara de combustión, los cristales presentaron una morfología con forma de pluma, incluso mostrando cristales con morfología de placa similares al yeso sin cocer, aunque esta fase no pudo ser detectado según los análisis DRX, posiblemente por su baja concentración debajo del límite de detección de esta técnica (apartado 7.3.3.2).

Sin embargo, la ausencia de cristales con los bordes redondeados por el inicio de la sinterización reveló que la temperatura alcanzada en las muestras analizadas del horno de Navarrete fue menor que las procedentes del horno de Albarracín, lo cual es coincidente con los análisis DRX donde la zona baja (NB) y media (NM) del horno de Navarrete presentaron un contenido de 75% y 70% en peso de anhidrita II respectivamente, frente al >95% en el horno de Albarracín (AB, AM y AA).

En el horno de Navarrete se confirma esta tendencia ya observada previamente, donde muestras provenientes de las tres zonas del horno (NA, NM y NB) se pueden equiparar a una temperatura de 300-500°C en el horno de mufla. Esto refuerza lo observado en el análisis DRX y lo percibido mediante la evaluación organoléptica, que indicaban una temperatura inferior a la alcanzada en el horno de Albarracín.

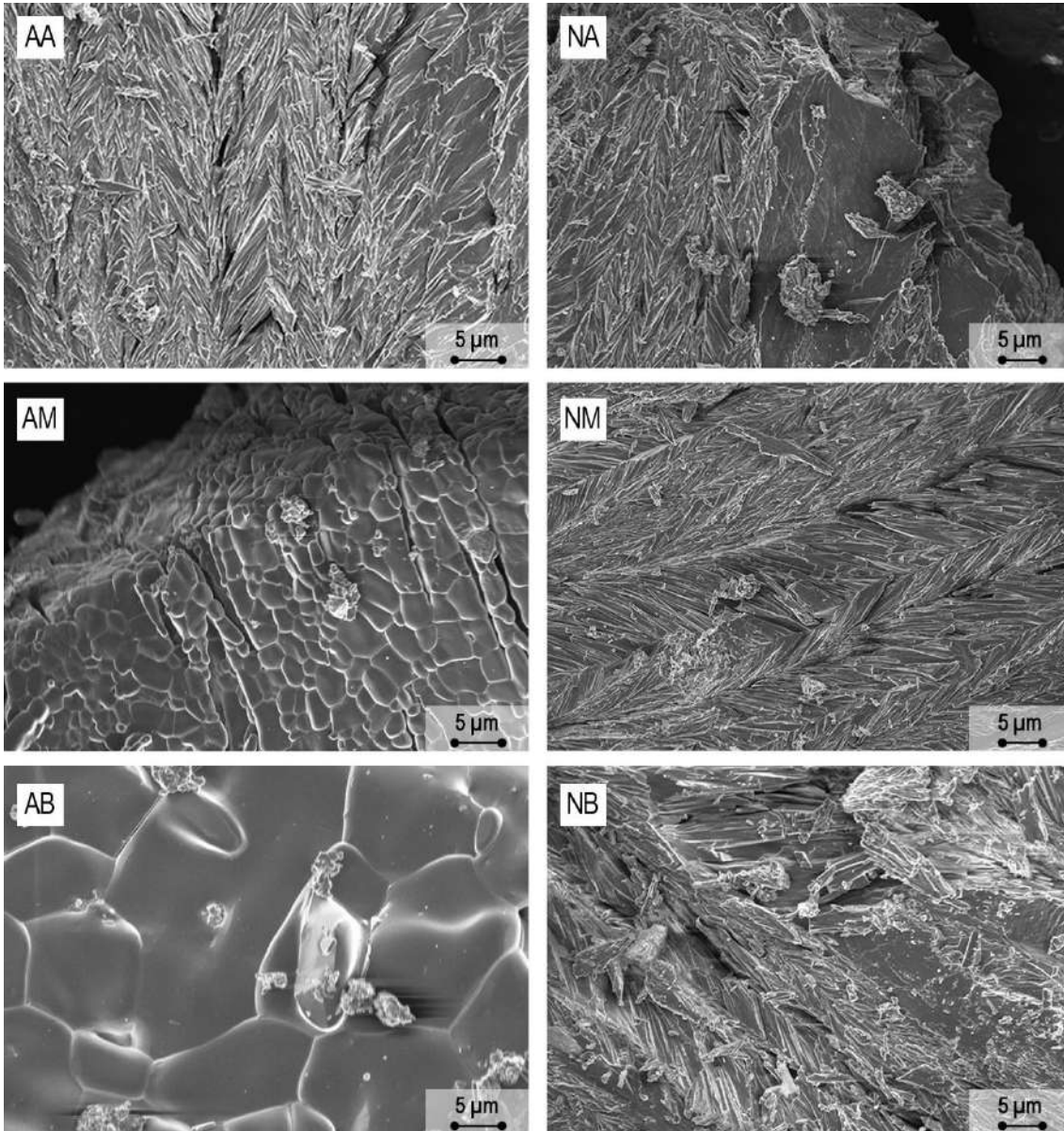


Figura 186. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en los hornos tradicionales, mostrando la evolución textural frente a la temperatura de calcinación. AA: Albarracín alta o caramullo, donde se aprecia la morfología de pluma; AM: Albarracín medio, que ofrece bordes redondeados ocasionados y las formas suavizadas; AB: Albarracín boca, donde se observan los cristales de yeso con los bordes redondeados ocasionados por la sinterización. NA: Navarrete alta o caramullo, NM: Navarrete medio; NB: Navarrete boca; en las tres zonas se pueden apreciar cristales con morfología de pluma, e incluso cristales con morfología de placa similares al yeso sin cocer (aunque esto no fue detectado según los análisis DRX).

7.3.4. Muestras de yeso hidratado procedente de la cocción controlada en el horno de mufla

Las muestras tras el proceso de hidratación procedentes de la cocción controlada en el horno de mufla se sometieron a las siguientes técnicas analíticas: análisis por difracción de rayos X (DRX) para determinar la composición mineralógica, el tamaño de cristalito de las diferentes fases minerales identificadas y la cinética de hidratación, termogravimetría (TG), microscopía electrónica de barrido (de alta resolución) de emisión de campo (FESEM) para determinar los cambios en la microestructura, porosimetría por intrusión de mercurio para analizar la porosidad y la distribución del tamaño de poros, ensayo mecánico a flexotracción y a compresión para determinar su resistencia mecánica, dureza superficial, y ensayo de desgaste hídrico acelerado para analizar la resistencia a la intemperie.

Debe tenerse en cuenta que las probetas preparadas con yeso cocido por debajo de 200°C y por encima de 400°C, tras el proceso de hidratación con una relación agua/yeso de 0,6 en peso, y curado durante 7 días en condiciones de laboratorio, mostraron una baja cohesión y se desintegraron tras ser desmoldadas, por lo que no pudieron ser sometidos a los ensayos de porosimetría, resistencia mecánica ni desgaste hídrico acelerado. Por lo tanto, solamente se analizaron las muestras H200, H250, H300, H350 y H400 en estos ensayos.

7.3.4.1. Identificación de la fase mineral mediante análisis de difractograma de rayos X (DRX) de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación

El análisis por DRX de las muestras hidratadas no permite discriminar entre basanita y anhidrita III soluble presente tras la hidratación debido a la dificultad de asignar picos de Bragg individuales a cada fase basados en el análisis DRX convencional, especialmente porque la rehidratación de la anhidrita III en basanita es un proceso muy rápido y difícil de evitar durante la manipulación de las muestras (por ejemplo, durante la molienda) bajo condiciones ambientales (Seufert et al., 2009), por lo que es necesario aplicar un estudio complementario que se detallará a continuación. De hecho, mediante espectroscopia Raman se ha podido observar una transformación completa de anhidrita III en basanita en tan sólo 30 minutos a 80°C con humedad ambiente (Schmid et al., 2020).

Por lo tanto, aunque no se puede descartar por completo la presencia de anhidrita III, parece poco probable que haya influido en el comportamiento de hidratación del yeso cocido, por lo que no se ha considerado relevante en el estudio.

La influencia de la hidratación sobre los minerales accesorios puede descartarse debido a que tan sólo varias de las muestras manifestaron trazas (<5% en peso) de ilita, demostrando el bajo contenido en general de arcillas en las muestras procedentes de la cantera y la heterogeneidad en la distribución de la misma, debido a que la presencia o no de la misma en los resultados no depende de los efectos de la temperatura de cocción, sino a la variabilidad del escaso contenido al tratarse de distintas muestras. Tan solo las muestras H200, H300 y H800 reflejaron la presencia de trazas, las muestras cocidas a más de 1.000°C no reflejaron presencia de ilita, pero en este caso sí podría deberse al efecto de la temperatura de cocción debido a que la ilita se descompone a 800°C (Rodríguez-Navarro et al., 2003).

Según lo esperado, la basanita y la pequeña cantidad de anhidrita presente en las muestras cocidas a menos de 250°C se hidrató rápidamente y se transformó casi completamente en yeso (Tabla 26) a través de un proceso de disolución/precipitación (Rodríguez-Navarro, 2012). En estas muestras se pudo apreciar una composición con un $\geq 95\%$ de yeso en peso, y únicamente trazas de basanita con <5% de contenido en peso tras la hidratación.

Una temperatura de cocción mayor hizo que la anhidrita II se volviera menos reactiva, y una gran porción no se hidrató en los morteros preparados con una relación de agua/yeso de 0,6 en peso. Esto es coherente con otros estudios, el sulfato de calcio calcinado por encima de $\sim 300^\circ\text{C}$ se vuelve menos reactivo y consecuentemente se hidrata más lentamente (Seufert et al., 2009; Elert et al., 2023b).

De hecho, menos del 50, 25 y 10% de la anhidrita II se hidrató y transformó en yeso en las muestras preparadas con yeso cocido a 300, 400 y 500°C respectivamente, y no se observó nada de hidratación para las muestras cocidas a $>600^\circ\text{C}$, que presentaron todavía un contenido de $\geq 95\%$ de anhidrita II. Este hecho motivó la realización de los posteriores ensayos adicionales con yeso hidratado con exceso de agua en una relación agua/yeso de 1:1 para estudiar la hidratación retardada de la anhidrita II.

Farnsworth (1925) afirmó que en algunos casos la hidratación de la anhidrita podría tardar hasta 6 años en producirse, aspecto que sugiere que la hidratación incompleta de los morteros fuera probable. Considerando que la relación agua/yeso en los morteros históricos podría haber sido inferior, incluso hasta 0,4 (Steinbrecher, 1992; Middendorf, 2002), la hidratación incompleta es probable y es coherente con las grandes cantidades de anhidrita detectadas en antiguos revocos/enlucidos y morteros (Kawiak, 1991; Middendorf, 2002; Schmid et al., 2019; Freire et al., 2020). Este bajo contenido en agua usado históricamente en pastas de yeso confería unas

prestaciones en cuanto a resistencia a compresión, densidad media y porosidad más adecuadas para su uso estructural y en exteriores (Karni y Karni, 1995; Lushnikova y Dvorkin, 2016).

Para mejorar la trabajabilidad, así como para lograr una hidratación completa es necesario el aumento de la relación agua/conglomerante, pero esto provoca un incremento de la porosidad debido al excedente de agua que se evapora durante el fraguado, lo que genera una disminución en la resistencia mecánica (Arredondo, 1980; Vegas et al., 2012), así como un peor comportamiento frente a agentes externos de deterioro, como contaminantes e incluso líquenes que probablemente puedan proliferar más fácilmente en superficies porosas (Middendorf, 2002; Igea Romera et al., 2013), por lo que el uso de aditivos para controlar el fraguado debió ser estrictamente necesario para alcanzar una adecuada trabajabilidad según Middendorf (2002) sin incrementar drásticamente la porosidad y exponer los yesos a estos agentes externos.

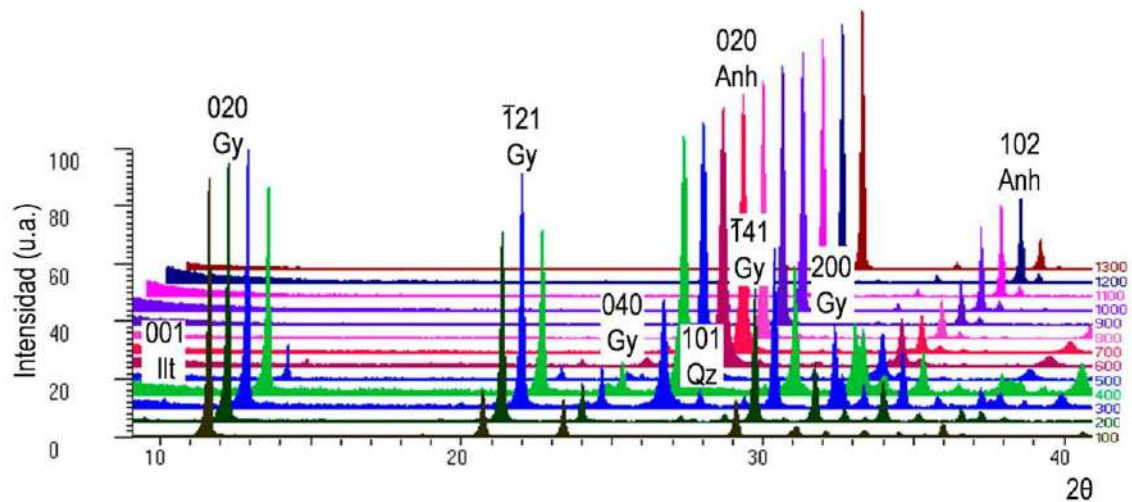


Figura 187. Patrones DRX de las muestras de yeso sin cocer, y yeso hidratado preparado con las muestras cocidas a 100-1.300°C en el horno de mufla. Ilit (001) = Ilita, Gy (020, 040, 121) = Yeso, Bas (200, 400) = Basanita, Anh (020, 102) = Anhidrita, Qz (101) = Cuarzo. Abreviaturas según Whitney y Evans (2010).

Tabla 26. Fases minerales (% en peso) de las diferentes muestras analizadas tras la hidratación procedentes de la cocción en el horno de mufla, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante técnica analítica de difracción de rayos X.

Hidratación	Siglas	T (°C)	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Mufla	H100	100	<5	-	95	<5	<5	-
	H150	150	<5	-	95	<5	<5	-
	H200	200	<5	-	95	<5	<5	<5
	H250	250	<5	-	95	<5	<5	-
	H300	300	<5	40	55	<5	<5	<5
	H350	350	<5	65	35	<5	<5	-
	H400	400	<5	70	30	<5	<5	-
	H500	500	<5	95	5	<5	<5	-
	H600	600	<5	95	<5	<5	<5	-
	H700	700	<5	95	<5	<5	<5	-
	H800	800	<5	95	<5	<5	<5	<5
	H900	900	<5	95	<5	<5	<5	-
	H1000	1000	<5	95	<5	<5	<5	-
	H1100	1100	<5	95	<5	<5	<5	-
	H1200	1200	<5	95	<5	<5	<5	-
	H1300	1300	<5	95	<5	<5	<5	-

El bajo porcentaje de anhidrita II hidratada y la falta de cohesión que presentaron las muestras cocidas a una temperatura de $>300^{\circ}\text{C}$ motivaron la realización de un análisis de las causas de este mal comportamiento inicial, mediante un estudio por DRX "in situ" de la cinética de hidratación de muestras de yeso preparadas con una relación de agua/yeso mayor (1:1) y curados al 100% de humedad relativa para favorecer la hidratación (complementados con análisis DRX "ex situ" de muestras sometidas a hidratación a largo plazo), que proporcionaron información más detallada sobre el efecto de la temperatura de cocción en la reactividad de la basanita y la anhidrita II (Figura 188). Debe tenerse en cuenta que las muestras cocidas a $<200^{\circ}\text{C}$ no se han considerado en este análisis ya que no habían experimentado una deshidratación (contenían un $\sim 95\%$ en peso de yeso tras la cocción).

Este análisis reveló una extremadamente rápida hidratación dentro de los primeros 15-20 minutos de la muestra de yeso cocido a 200°C , que contenía originalmente un 80% en peso de basanita, 5% de anhidrita II y 10% de yeso sin cocer, además de pequeñas cantidades de accesorios en forma de cuarzo y calcita.

En el caso de las muestras de yeso cocido a 300-400°C, que originalmente contenían un 80-90% en peso de anhidrita II y 20-10% en peso de basanita, respectivamente, el proceso de hidratación fue mucho más lento y tardó 3 y 6 días, respectivamente, en alcanzar una hidratación completa.

Las muestras de yeso cocido a 500 y 600°C (con un contenido de $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II) no se hidrataron completamente incluso después de 8 días al 100% de humedad relativa, y las muestras todavía contenían más del 40 y 70% de anhidrita II, respectivamente.

La cocción a 700°C volvió a la anhidrita incluso menos reactiva y solo alrededor del 5% en peso se había transformado en yeso tras 8 días. Esta muestra tardó 40 días en alcanzar una hidratación casi completa (con un 95% de contenido en yeso).

Finalmente, la muestra de yeso cocido a 800°C no se hidrató en absoluto tras 8 días y alcanzó una hidratación parcial después de 2 meses, con un contenido de yeso formado tras la hidratación de 50%.

Estos descubrimientos son coincidentes con los resultados de Schmid et al. (2020), quienes también detectaron una drástica disminución en la reactividad del yeso cocido a más de 650°C usando espectroscopia Raman.

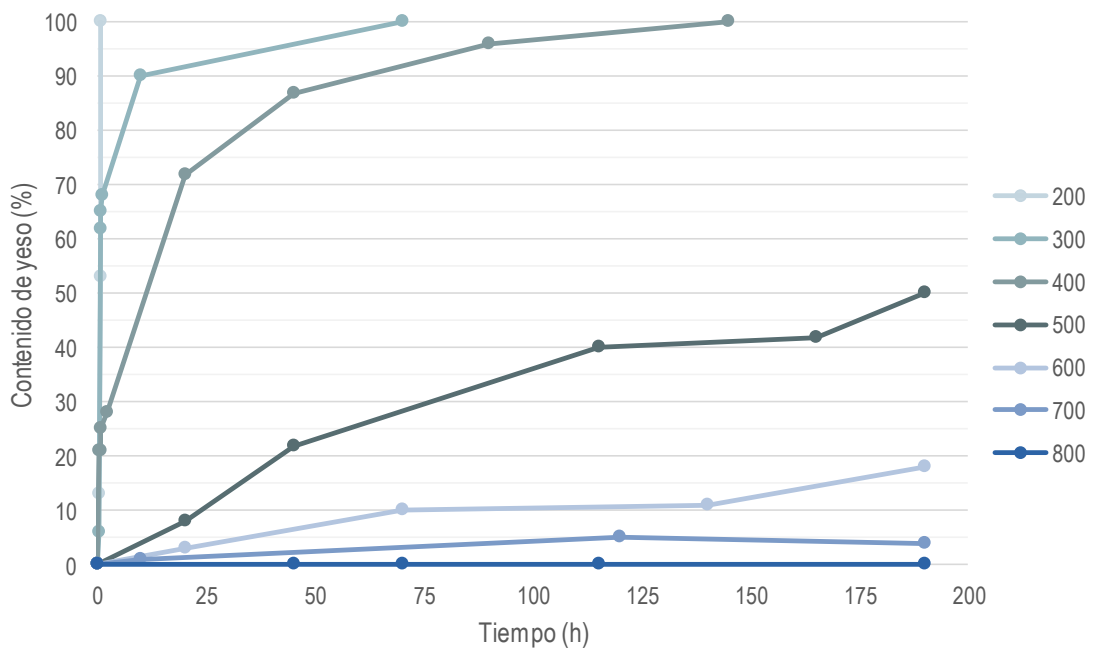


Figura 188. Hidratación del yeso cocido basado en los análisis DRX: evolución del contenido de yeso (wt%) al prolongar la hidratación de las muestras de yeso con una relación agua/yeso de 1:1 y una humedad relativa del 100% tras 8 días de curado.

Considerando los resultados anteriores, y para poder evaluar el posible efecto tanto del yeso sin cocer o de la anhidrita II formada durante la cocción en la cinética de hidratación de la basanita, se realizaron experimentos adicionales comparando la hidratación de muestras preparadas con basanita pura y basanita con cantidades variables de yeso sin cocer o anhidrita II “insoluble”, obtenida durante la cocción a 800°C (Figura 189).

Estas pruebas revelaron que pequeñas adiciones de yeso o anhidrita II (1, 5, 10 y 20% en peso) aceleraron el fraguado de los morteros de yeso de manera significativa. De hecho, la hidratación de la basanita fue entre 2,4-3,2 veces más rápida en presencia de 1-20% en peso de yeso, aunque no se detectaron diferencias significativas con respecto a la influencia de cantidades variables de yeso (todas mostraron un comportamiento similar), lo que sugiere que el umbral de concentración para tal aceleración fue $\leq 1\%$ en peso de yeso (Figura 189a).

En el caso de la anhidrita, se observó una aceleración que, sin embargo, parecía depender de la concentración de anhidrita, y fue más rápido en las muestras con un 20% en peso de anhidrita (en este caso, la hidratación de la basanita fue 3,2 veces más rápida que las muestras preparadas con basanita pura) en comparación con las muestras que contenían solo 1-10% en peso de anhidrita (en este caso, la hidratación fue 1,6-2,0 veces más rápida que en las muestras preparadas con basanita pura) (Figura 189b).

Aparentemente, el yeso y la anhidrita II agregados actuaron como semillas que fomentaron la nucleación heterogénea. Las semillas de yeso son conocidas por promover un crecimiento homoepitaxial de los cristales de yeso, mientras que las semillas de anhidrita II pueden inducir un crecimiento epitaxial de los cristales de yeso (Pina Martínez et al., 2000), efectos que ambos conducen a una reducción del tiempo de inducción de la cristalización (Choi et al., 2019; Weiser y Moreland, 2002).

La cristalización por siembra se ha empleado en varios procesos técnicos, como la desalinización del agua (Sanciolo et al., 2012) y el fraguado del cemento (es decir, la adición de semillas CSH para acelerar el fraguado) (Pedrosa et al., 2020), pero puede verse limitado en el caso de yesos ya que los morteros de fraguado lento por lo general son preferibles para la mayoría de aplicaciones.

Estos resultados sugieren que el fraguado del yeso tradicional (de composición multifásica) no solamente está influenciado por el retraso en la hidratación de la anhidrita II, sino que también dependen de la tasa de hidratación de la basanita debido a la cristalización por siembra en presencia tanto de anhidrita II como de yeso sin cocer. El hecho de que incluso pequeñas

cantidades (1% en peso) de ambas fases acelerasen la hidratación es de práctica importancia, sugiriendo que la basanita pura sería preferible para aplicaciones que requieren tiempos de fraguado suficientemente largos. La adición de una adecuada cantidad (<50% en peso) de anhidrita II podría, sin embargo, ser beneficiosa en aplicaciones donde se requiere una resistencia temprana o una mayor dureza superficial. La adición de yeso sin cocer, en cambio, reduce drásticamente la trabajabilidad ya que resulta en un fraguado extremadamente rápido y no parece ser recomendable para uso general.

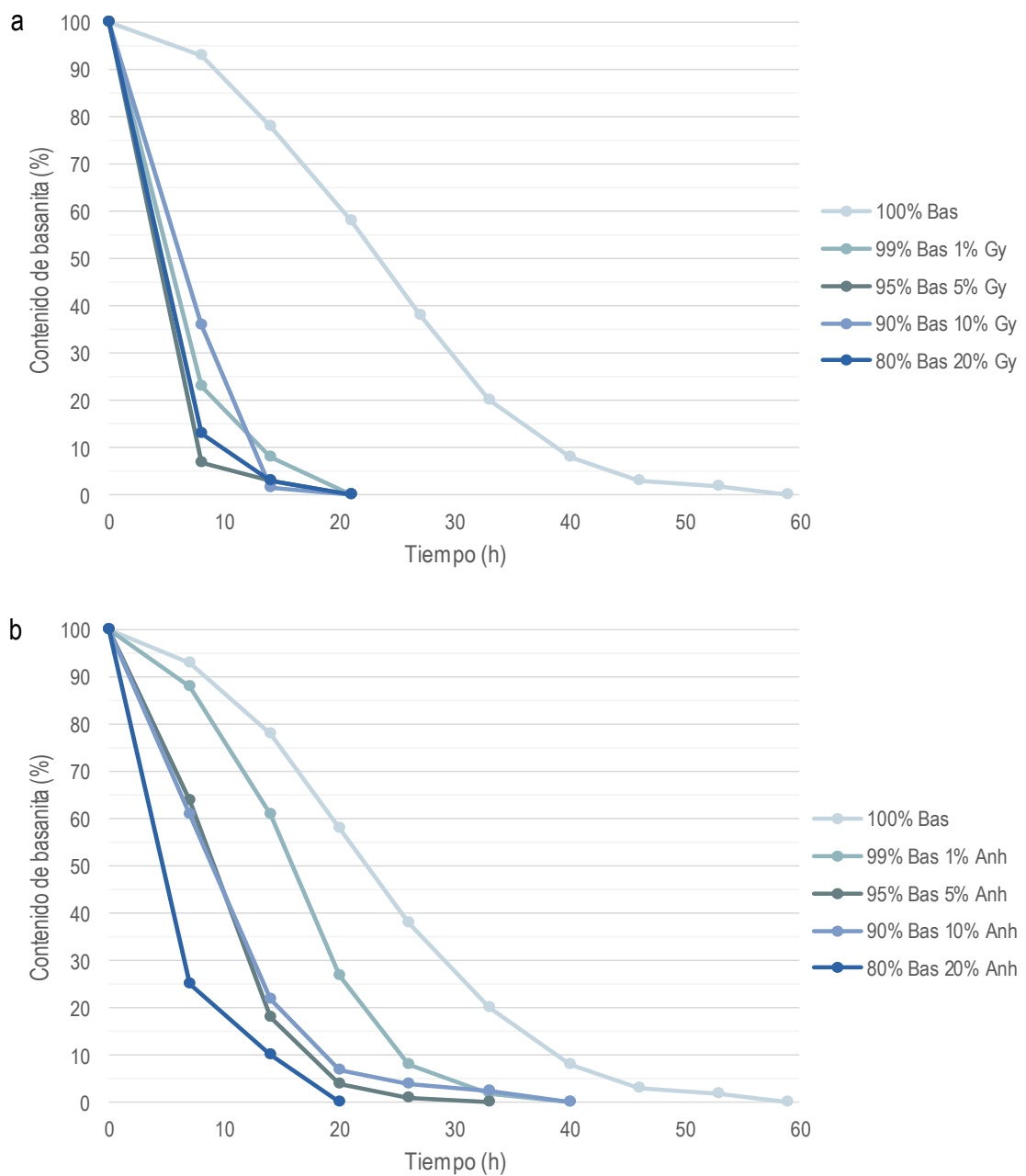


Figura 189. Hidratación del yeso cocido basado en los análisis DRX: hidratación de la basanita con adiciones de a) yeso y b) anhidrita II (cristalización por siembra. Gy = Yeso, Bas = Basanita, Anh = Anhidrita. Abreviaturas según Whitney y Evans (2010)).

Esto sugiere que los materiales de construcción sostenibles podrían ser diseñados sustituyendo una parte importante de basanita por anhidrita molida (e incluso anhidrita “cruda” sin cocer, consiguiendo un ahorro de energía), especialmente para aplicaciones en exterior, que no requieran de una gran resistencia mecánica, aunque las mejoras en la dureza superficial tendrían que ser equilibradas con la trabajabilidad, ya que la adición de anhidrita afecta a la tasa de hidratación de la basanita. Sin embargo, esto se puede compensar con la adición de ciertos componentes como el óxido de magnesio (MgO), que puede favorecer el retraso del fraguado lo que podría ayudar a mejorar la trabajabilidad en este aspecto, incrementando además la resistencia mecánica a compresión, pudiendo ser un agregado beneficioso para el ámbito de la restauración (Brunello et al., 2020).

7.3.4.2. Determinación del tamaño de cristalito de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación

El tamaño de cristalito (tamaño del dominio fundamental del cristal) fue analizada para determinar posibles cambios durante la hidratación.

Los resultados del análisis tras aplicar la ecuación de Scherrer (Martin, 2004) reflejaron que la hidratación no tuvo una influencia significativa en el tamaño de cristalito (Tabla 27), ya que las muestras estudiadas ofrecieron unos valores prácticamente idénticos a los mostrados tras la cocción.

Únicamente las muestras cocidas a 300-400°C mostraron pequeños cambios tras la hidratación, que podría ser explicado por la hidratación rápida de las pequeñas partículas de anhidrita II de baja cristalinidad para formar cristales de yeso, causando el ligero aumento en el tamaño de cristalito de la anhidrita II (45-43 frente a 37-39, respectivamente); mientras que la anhidrita II más cristalina cocida a >500°C no experimentó ninguna hidratación y ningún cambio en el tamaño de cristalito.

En el caso de las muestras de yeso cocido a más temperatura no se observó este efecto, probablemente debido a la menor reactividad de la anhidrita con el aumento de temperatura (Lewry y Williamson, 1994; Seufert et al., 2009).

Tabla 27. Evolución del tamaño de cristalito (nm) de yeso considerando las reflexiones de pico de Bragg (Gy: 020), basanita (Bas: reflexión de pico de Bragg 200) y anhidrita (Anh: reflexión de pico de Bragg 020), para las muestras cocidas a distintas temperaturas en el horno de mufla tras la hidratación, y su comparativa con el tamaño previo a la hidratación.

Previo a la hidratación			Tras la hidratación		
Muestra	Yeso (020)	Basanita (200)	Anhidrita (020)	Muestra	Anhidrita (020)
T100	103			H100	
T150	102			H150	
T200	110	69		H200	
T250		64		H250	
T300		39	37	H300	
T350		33	38	H350	45
T400		34	39	H400	43
T500			42	H500	43
T600			42	H600	43
T700			48	H700	52
T800			59	H800	62
T900			67	H900	68
T1000			79	H1000	79
T1100			75	H1100	79
T1200			76	H1200	79
T1300			90	H1300	81

7.3.4.3. Microscopía electrónica de barrido (FESEM) de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación

El análisis de las características texturales y variaciones morfológicas mediante imágenes FESEM permitió revelar que el yeso cocido a 100°C experimentó pequeños cambios durante la hidratación, y solamente se pudieron detectar unos pocos cristales de yeso pequeños recién formados (Figura 190-100°C). Este resultado es coincidente con los resultados DRX, revelando que esta muestra contenía originalmente un $\geq 95\%$ en peso de yeso sin cocer y $< 5\%$ en peso de basanita que se transformó en yeso tras la hidratación.

Como era esperado, la basanita y la pequeña cantidad de anhidrita II en el yeso cocido a $\leq 250^\circ\text{C}$ se hidrató rápidamente y se transformó completamente en yeso a través de un proceso de disolución/precipitación. Se observó que las diferencias en la relación de intensidad de pico de Bragg 020/121 pueden usarse para distinguir entre el yeso original (yeso sin cocer, con una

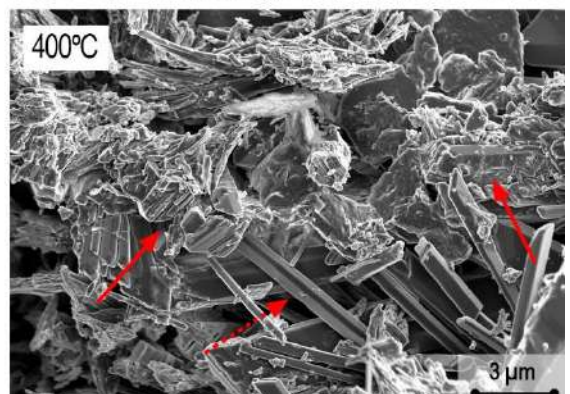
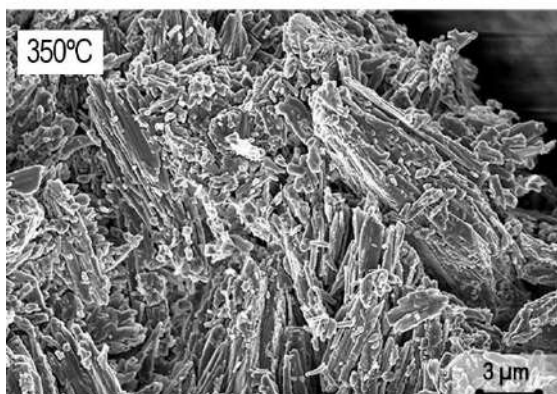
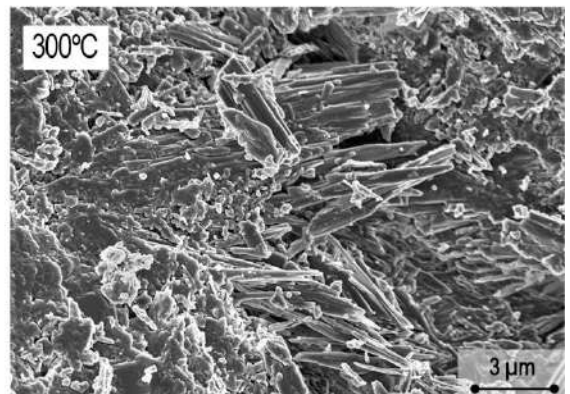
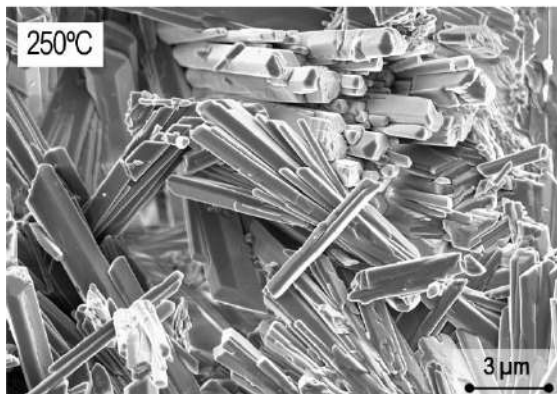
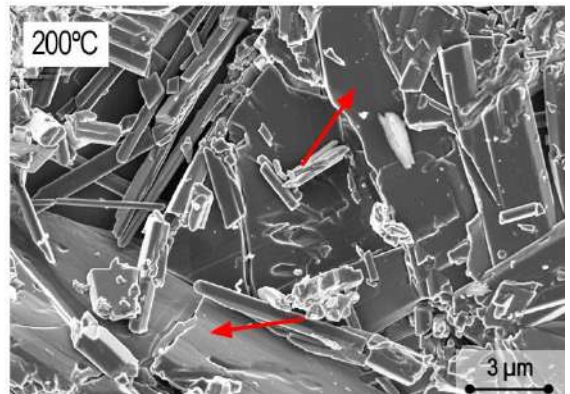
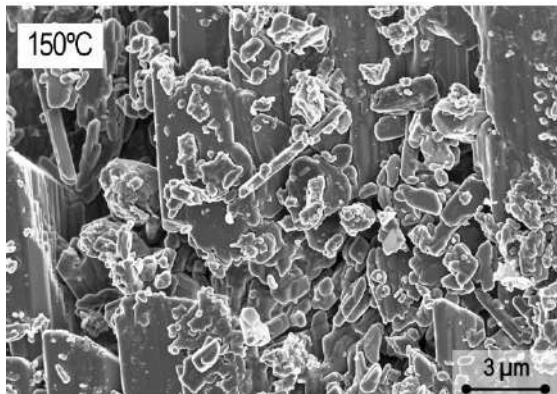
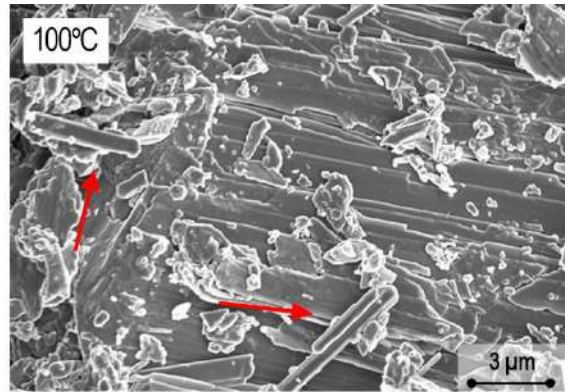
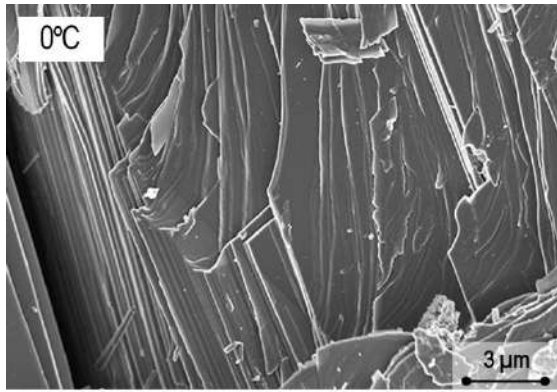
relación de pico de 3,1-7,2) y el yeso formado tras la hidratación (con una relación de pico de 1,0-1,1). La reducción de la superficie relativa de las caras {010} debido a los cambios en el hábito cristalino con forma de placa en el yeso sin cocer a cristales aciculares en el yeso formado tras la hidratación es coherente con la observada reducción de la relación de pico entre el yeso original (yeso sin cocer, con una relación de pico de 3,1-7,2) y el yeso formado tras la hidratación (con una relación de pico 1,0-1,1).

Las muestras preparadas con yeso cocido a 200°C (que contenía un $\geq 95\%$ de anhidrita en peso), se hidrataron completamente desarrollando una matriz continua formada por cristales de yeso entrelazados orientados aleatoriamente hasta 20 μm de tamaño con el típico hábito acicular (con forma de cuchilla) (Figura 190-200°C), que sufrió, sin embargo, una disrupción local por granos de yeso más grandes sin cocer con morfología de placa que ascienden hasta un 10% en peso en esta muestra. Los cristales de yeso recién formados en los alrededores del yeso sin cocer fueron más pequeños, con una longitud máxima de 10 μm . Aparentemente, la cristalización por siembra inducida por la presencia de yeso sin cocer llevó a un incremento en la tasa de nucleación y una disminución en el tamaño de cristal, aspecto ya observado por investigadores como Lewry y Williamson (1994).

Solamente se obtuvo una hidratación parcial en las muestras preparadas con yeso cocido a 300-400°C, y porciones más grandes todavía mantenían una morfología en forma de pluma de la anhidrita II (Figura 190-300°C, Figura 190-400°C). Sin embargo, al contacto con el agua, los grandes agregados de anhidrita II parecieron haberse desintegrado, formando ahora pequeños grupos, junto con cristales de yeso aciculares con una longitud máxima de 10 μm .

Las muestras preparadas con yeso cocido a 800°C no experimentó ninguna hidratación según el análisis de DRX, pero se observó una desintegración de las partículas más grandes de anhidrita II en contacto con el agua (Figura 190-800°C). Algunas partículas de anhidrita II mostraron bordes redondeados debido a la sinterización.

A temperaturas más elevadas ($>800^\circ\text{C}$) el efecto de la sinterización se hizo más evidente, resultando en el aumento del tamaño de los cristales de anhidrita II a medida que aumenta la temperatura de cocción. Se observaron granos con superficie de curvatura negativa indicativos de un proceso de sinterización con unión mediante un proceso de "apriete", llegando a $>20 \mu\text{m}$ a una temperatura de 1.200°C.



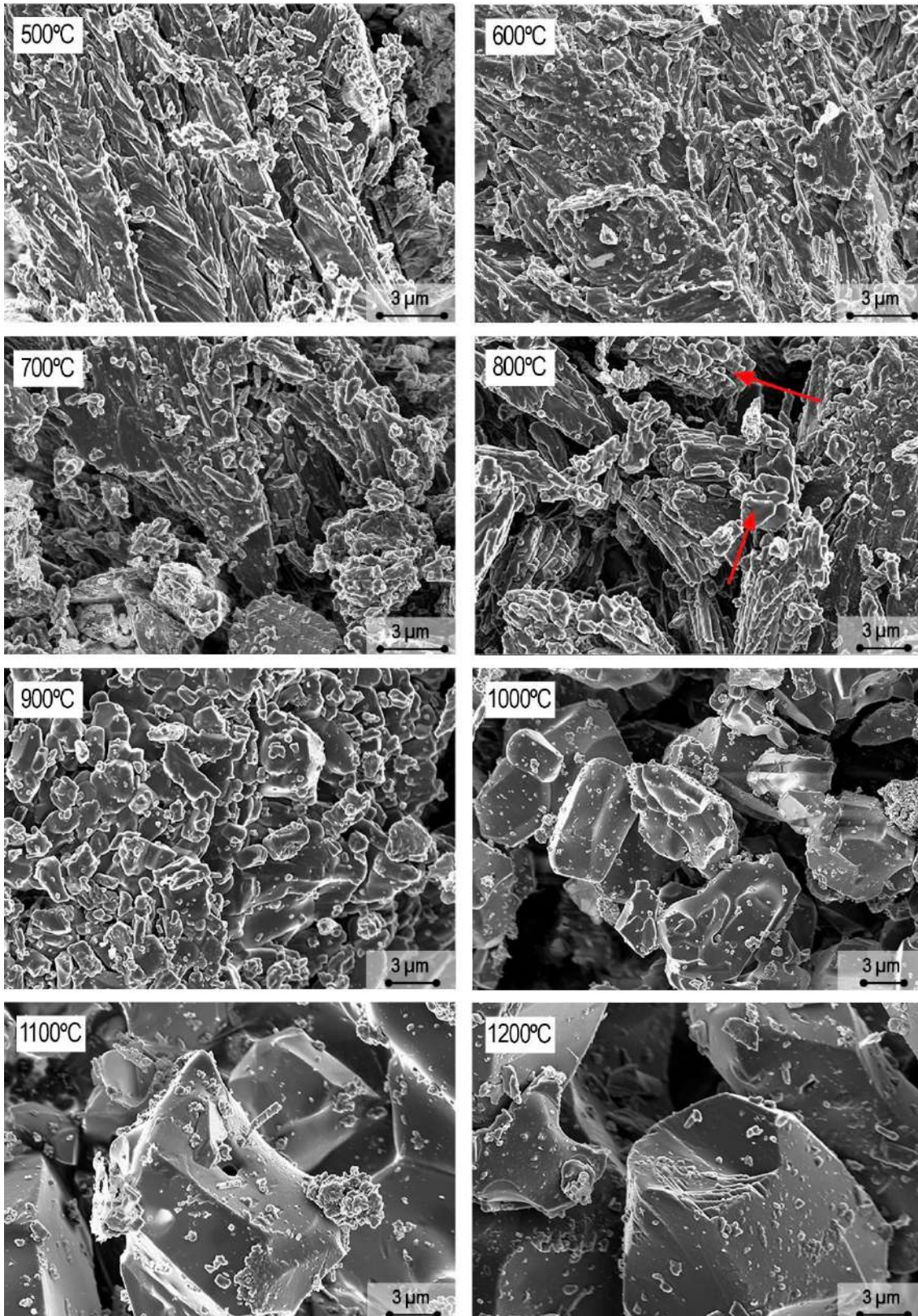


Figura 190. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla tras la hidratación, mostrando la evolución textural frente a la temperatura de calcinación: 0) muestra sin cocer procedente de la cantera; 100) se aprecia la de laminación a lo largo de los planos (010) primarios de clivaje de yeso sin cocer y unos pocos cristales de yeso recién formados tras la hidratación (flechas); 150-350) se observan los nuevos grandes cristales de yeso formados con el típico hábito acicular junto con granos de yeso sin cocer (flechas); 400-600) se aprecia la morfología de la anhidrita con forma de pluma, con desintegración parcial de agregados de cristales de

anhidrita (flechas) junto con cristales de yeso aciculares (flecha discontinua); 800-1200) se puede observar la desintegración de los agregados de cristales de anhidrita, algunos con bordes redondeados (flechas), lo que se hace más evidente al aumentar la temperatura de cocción.

7.3.4.4. Porosidad de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación

La porosidad y la distribución del tamaño de los poros guardaron una clara relación con la composición mineralógica de las muestras (Tabla 28).

Las muestras preparadas con yeso cocido a 200-250°C, que contenían un 90-95% en peso de yeso hidratado, mostraron una distribución unimodal del tamaño de poros, y una porosidad 15-20% menor en comparación con las muestras preparadas con yeso cocido a 300-400°C, respectivamente. La mayor porosidad en el caso de estas últimas puede ser explicada con la presencia de grandes cantidades de anhidrita II (40-70%). Como la hidratación de la anhidrita II implica un incremento significativo de volumen contribuyendo a una disminución general en la porosidad, parece razonable que las muestras con anhidrita II sin transformar exhibieran una porosidad total más elevada.

Lushnikova y Dvorkin (2016) presentaron datos que demuestran una relación positiva entre la relación agua/yeso y la porosidad. Sin embargo, en estos yesos la microestructura resultante debido a la presencia de agregados de anhidrita II sin hidratar parece ser la causa del observado aumento de la porosidad.

La presencia de grandes cantidades de anhidrita II en las muestras preparadas con yeso cocido a 300-400°C también resultó en cambios en la distribución del tamaño de los poros, siendo bimodales con una contribución significativa de pequeños poros con 0,01-0,5 μm de diámetro debido a la presencia de agregados de anhidrita II altamente porosos con forma de pluma (Figura 190-400°C). En estas muestras, la fracción de pequeños poros fue mucho mayor (32-37% de la porosidad total) en comparación con las muestras preparadas con yeso cocido a menor temperatura ($\leq 250^\circ\text{C}$), las cuales solo exhibieron principalmente cristales de yeso con morfología acicular, y solo el 6-10% de la porosidad total se corresponde con poros de 0,01-0,5 μm de diámetro (Figura 190-200°C).

Los cambios en la microestructura causados por la presencia de anhidrita II tendrán un importante impacto en el comportamiento hídrico/hígrico de los morteros y la resistencia a la intemperie, ya que muchos estudios han mostrado que un incremento en los poros con un diámetro $< 0,5 \mu\text{m}$ ralentiza el secado y conduce a una disminución de la durabilidad frente a los

daños causados por la cristalización de sales (Scherer, 1990; Rodríguez-Navarro y Doehne, 1999).

Sin embargo, considerando la típicamente elevada porosidad de los morteros históricos, de un 43-60% (Blasco-López y Alejandro Sánchez, 2013; Freire et al., 2019a), las mezclas de basanita-anhidrita II podrían ser útiles para el diseño de materiales de restauración compatibles con una adecuada porosidad.

Tabla 28. Porosidad y distribución del tamaño de los poros de las diferentes muestras hidratadas.

Muestra	Porosidad (%)	Distribución del tamaño de poros (\emptyset , [μm])		Poros $\emptyset < 0,5 \mu\text{m}$ (% de la porosidad total)
H200	38,0	unimodal	2,0	10
H250	39,0	unimodal	3,4	6
H300	42,6	bimodal	2,4/~0,1	37
H350	44,0	bimodal	2,6/~0,1	32
H400	46,7	bimodal	4,0/~0,1	34

7.3.4.5. Ensayo de resistencia mecánica: flexotracción de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación

Las muestras analizadas reflejaron diferencias significativas en la resistencia mecánica en función de las diferentes temperaturas de cocción, y conviene destacar que las únicas muestras con suficiente cohesión como para ser desmoldadas fueron solamente las siguientes: H200, H250, H300, H350, H400. Únicamente la muestra preparada con yeso cocido a 250°C superó el límite mínimo para la resistencia a flexotracción según la normativa de aplicación UNE-EN 13279-2, cuyo requerimiento es de ≥ 1 MPa (AENOR, 2014a) (Figura 191).

Los ensayos se repitieron un total de 3 veces, ofreciendo en las gráficas el valor promedio con su correspondiente desviación media. Las gráficas completas con los 3 ensayos se pueden consultar en el Anexo X.

Generalmente, se asume una relación directa entre la porosidad y la resistencia mecánica (Soroka y Sereda, 1968; Liu et al., 2017). Por lo general, una menor relación agua/yeso implica una menor porosidad, lo que conduce a una mayor densidad aparente y por tanto una mayor resistencia mecánica (Arredondo, 1980; Karni y Karni, 1995; Singh y Garg, 1996; Vegas et al., 2012; Lushnikova y Dvorkin, 2016). Sin embargo, los resultados obtenidos revelan otros factores

decisivos, como en este caso la composición mineralógica dependiente del grado de hidratación de las muestras.

La muestra preparada con yeso cocido a 250°C (que contenía un $\geq 95\%$ en peso de basanita y un 5% en peso de anhidrita tras la cocción) ofreció una hidratación casi completa (con un contenido de $>95\%$ en peso de yeso tras la hidratación) y desarrolló una matriz continua de cristales de yeso aciculares entrelazados, revelando la mayor resistencia a flexotracción, situándose en torno a $\sim 1,3$ MPa.

Debe tenerse en cuenta que la resistencia mecánica del yeso depende de muchos factores, como son la calidad del material (composición de la materia prima, temperatura de cocción), relación agua/yeso, edad del producto, y condiciones durante el endurecimiento (Karni y Karni, 1995), todas estas variables, afectan resultando que determinar una resistencia característica a flexotracción y compresión del yeso tradicional/multifase y compararla con otras investigaciones científicas es complejo.

Pese a ello, se han encontrado estudios sobre el hemihidrato β ("plaster of Paris") partiendo de unas condiciones similares a las de esta investigación, que sitúan los valores de resistencia a flexión pura (sin componente de esfuerzos de tracción ni cortante) en 1,6 MPa (Karni y Karni, 1995) (relación agua/yeso de 0,6, curado a temperatura ambiente tras 14 días). Este valor es coherente con el resultado obtenido de resistencia mecánica en la muestra H250 del presente estudio, teniendo en cuenta que el hemihidrato β (estudiado por Karni y Karni (1995)) se obtiene en un rango limitado de temperaturas de cocción ($<200^\circ\text{C}$), y mineralógicamente es coincidente con la muestra H250 ($>95\%$ de basanita en peso tras la cocción).

Sin embargo, existe cierta variación entre los valores aportados por otras investigaciones sobre yeso puro, que sitúan los valores de resistencia a flexión en aproximadamente 7,7 MPa (pero con una relación agua/yeso de 0,5) (Doleželová et al., 2018) y 5,2 MPa (Hošťálková et al., 2019). Estos valores son hasta 5 veces superiores a los obtenidos en la investigación, aunque se utilizó yeso comercial y no se estudió la composición mineralógica ni la microestructura de las muestras analizadas. No obstante, los valores tan bajos obtenidos en el presente estudio podrían estar causados por el pequeño tamaño de las probetas analizadas, pudiendo estar afectadas de manera significativa por pequeñas imperfecciones (como la presencia de vacíos de aire).

La composición, finura y pureza de los yesos también determina su resistencia mecánica. Según Arredondo (1980), en las normas vigentes en el siglo XX que regulaban las resistencias mecánicas de los distintos tipos de yeso se establecía una resistencia mínima a tracción de 3

MPa para el yeso negro (yeso obtenido al cocer piedras de yeso con un elevado contenido de accesorios e incluso impurezas propias de la combustión como cenizas), 4 MPa para el yeso blanco (yeso más puro, con al menos un 66% de hemihidrato), y 7 MPa para la escayola (yeso elaborado con una molienda más fina).

La muestra preparada con yeso cocido a 200°C mostró una disminución de casi un 50% en resistencia en comparación con el anterior, aun a pesar de que la composición mineralógica tras la hidratación era la misma (>95% en peso de yeso). Parece probable que la reducción en la resistencia fuera causada por la presencia de un 10% en peso de yeso sin cocer en esta muestra, causando una ruptura local de la matriz de yeso nuevamente formada.

La presencia de yeso sin cocer puede inducir la cristalización por siembra y acelerar el fraguado según los resultados por DRX observados en la Figura 189a (apartado 7.3.4.1). Como inconveniente, la cristalización por siembra puede conducir a la formación de agregados de yeso que carecen de la estructura acicular entrelazada, responsable de la resistencia del yeso fraguado. De hecho, los cambios en la morfología del yeso (con una relación entre longitud y anchura (relación de aspecto) más baja) han sido asociados con una reducción en la resistencia (Lewry y Williamson, 1994). Teóricamente, la presencia de un 10% de yeso sin cocer, que no absorbe agua y actúa como relleno, también produce un incremento en la relación agua/yeso de 0,6 a 0,7, lo que podría contribuir a esta menor resistencia observada en la muestra H200.

Otros investigadores (Arredondo, 1980; Karni y Karni, 1995) han estudiado el efecto de las variaciones en la relación agua/yeso en la resistencia mecánica y observaron una tendencia similar, que generalmente se explica con un mayor volumen de poros a elevadas relaciones agua/yeso, que influyen en última instancia negativamente en la resistencia mecánica (Soroka y Sereda, 1968; Arredondo, 1980; Lushnikova y Dvorkin, 2016). Sin embargo, las medidas de porosidad reflejadas en el apartado anterior no proporcionaron ninguna evidencia a este respecto, ya que las muestras preparadas con yeso cocido a 200 y 250°C tenían una porosidad casi idéntica (38-39% respectivamente).

Para las muestras preparadas con yeso cocido a 300-400°C, se detectó una clara relación entre el incremento del contenido de anhídrita II y la disminución de la resistencia. Las muestras H300, H350 y H400 (con un contenido de anhídrita II del 40%, 65% y 70% respectivamente) sufrieron una disminución de la resistencia a flexotracción de un ~45%, ~65% y ~75%, respectivamente, respecto a la muestra H250.

Estos valores guardan una relación directa con lo observado anteriormente en la investigación, ya que estas muestras solo contenían entre un 30-55% en peso respectivamente de yeso tras la hidratación, que actúa como aglutinante, y acorde con las imágenes FESEM, todavía exhibían grandes porciones de anhidrita II sin hidratar, que actúa como agregado (40-70%, respectivamente).

Este hallazgo es de gran importancia práctica, puesto que un yeso con la resistencia adecuada solamente podría ser obtenido después de un curado adicional prolongado para alcanzar un grado suficiente de hidratación. De hecho, nuestro estudio sobre la cinética de hidratación (apartado 7.3.4.1) muestra que una hidratación completa de la anhidrita II puede tardar meses, dependiendo de la temperatura de cocción y la disponibilidad de agua. Teniendo en cuenta estos resultados, parece razonable diferenciar entre el papel que jugó la anhidrita II obtenida a 300-400°C y la obtenida a una mayor temperatura.

La anhidrita II obtenida a una temperatura más elevada mostró un mayor tamaño de cristalito y, como resultado, una menor reactividad, sugiriendo que no se hidrata fácilmente bajo condiciones ambiente y actúa como un agregado. Estos datos son coherentes con la presencia de granos de anhidrita II detectada en muchos yesos y morteros históricos (Kawiak, 1991; Karni y Karni, 1995).

En el caso de la anhidrita II obtenida a 300-400°C, solo el 20% se había hidratado después de 7 días, contribuyendo a una matriz de yeso entrelazada. Sin embargo, es probable que el resto de anhidrita II, eventualmente se hidratara bajo condiciones ambiente. Teóricamente, la hidratación retardada de la anhidrita II podría resultar en una disminución de la resistencia. Vegas et al. (2010), advierten que la hidratación retardada de la anhidrita II podría ocasionar una disrupción de la matriz de yeso entrelazada formada originalmente, y por lo tanto provocar una disminución de la resistencia, mientras que otros autores (Dariz et al., 2017; Lenz y Sobott, 2008; Sanz Arauz, 2009; Karni y Karni, 1995; Singh y Garg, 1996) abogan por una mejora de la resistencia con el tiempo debido a la formación de más cristales de yeso entrelazados y una densificación de la matriz. Sin embargo, las últimas investigaciones (Elert et al., 2023b), confirman el efecto disruptivo de la hidratación retardada de la anhidrita II, superando los beneficios aportados por la densificación en la matriz de yeso que solo aporta mejora en la dureza superficial.

Los datos obtenidos en este apartado coinciden con lo que apuntan algunos autores sobre la mejora de la resistencia mecánica relacionada con un mayor contenido de yeso producido tras la hidratación, como se ha observado con la muestra H250. Según Aranda et al. (2016), las muestras preparadas con una baja relación agua/yeso, aunque habitualmente se sugiere que un

menor contenido de agua mejora las propiedades mecánicas del yeso como se ha comprobado en los morteros históricos (Kawiak, 1991; Middendorf, 2002; Schmid et al., 2019; Freire et al., 2020), no permitieron su hidratación completa; en cambio, en las muestras que favorecieron la hidratación completa (con un contenido de $\geq 95\%$ en peso de yeso) se produjo una mejora en la microestructura del yeso, lo que resultó en una mejora de la resistencia mecánica de un 30% con respecto a las primeras.

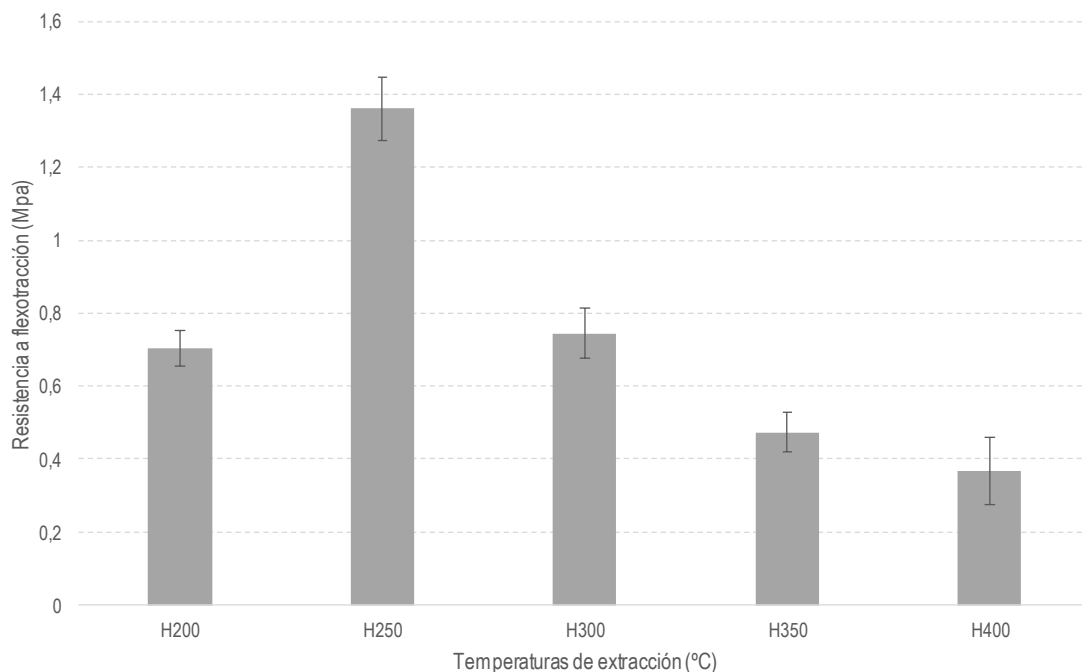


Figura 191. Resistencia a flexotracción de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla (valor promedio con su correspondiente desviación media).

La deformación de las muestras mantuvo esta misma tendencia, coincidente con la observada en la resistencia a flexotracción (Figura 192). Los valores oscilaron entre $\sim 0,05$ mm/mm y $\sim 0,08$ mm/mm. La muestra preparada con yeso cocido a 250°C obtuvo la mayor deformación, situada en $\sim 0,08$ mm/mm, lo que indica que puede sufrir una mayor tensión hasta llegar a su límite elástico y de rotura, y es coherente con los resultados de resistencia mecánica a flexotracción.

En el resto de muestras se observó una tendencia similar entre la evolución de la deformación y la resistencia mecánica, aunque con la particularidad de que la H350 obtuvo una deformación casi idéntica a la H300, mientras que la resistencia fue notablemente inferior.

Se detectó esta misma tendencia en el módulo de elasticidad de las muestras (relación entre la tensión admitida (σ) y la deformación (ϵ)) (Figura 193). Los valores obtenidos se encuentran entre $\sim 17,2$ MPa y $\sim 7,0$ MPa (con una porosidad entre 38% y 46,7%).

Pese a que normalmente se considera que la porosidad es el factor determinante y los valores obtenidos en la presente investigación son coherentes con los datos arrojados por Soroka y Sereda (1968), en los que se obtuvo un módulo de elasticidad de entre 5-15 MPa para unas muestras con porosidad entre 35-45%, concluyendo además que una mayor porosidad no afecta solo en una disminución de la resistencia mecánica, sino también del módulo de elasticidad (Soroka y Sereda, 1968). No obstante, los resultados globales de la presente investigación revelan que la porosidad no resultó ser el causante de la menor deformación admitida, dado que para la muestra H200 (con una porosidad casi idéntica a la H250) mostro un mejor comportamiento a la deformación.

Por ello, y pese a que normalmente se considera que la porosidad es el factor determinante pero en este caso depende de la composición mineral final (grado de hidratación), que pareció estar influida por la presencia de un 10% de cristales de yeso sin cocer que favorecieron la cristalización por siembra y no generaron una estructura acicular entrelazada en el material hidratado.

Los valores reflejados del límite elástico de rotura para el esfuerzo de flexotracción son notablemente superiores a los obtenidos en otros estudios con la misma relación agua/yeso (0,6), con un límite de rotura de ~10 MPa para el hemihidrato β (Lewry y Williamson, 1940) frente a los ~17 MPa de la muestra H250 (con un contenido de $\geq 95\%$ de basanita). Teniendo en cuenta que estos autores obtuvieron unas muestras con una porosidad del 48%, parece coherente haber logrado un mayor límite elástico en la muestra H250 (con una porosidad del 39%).

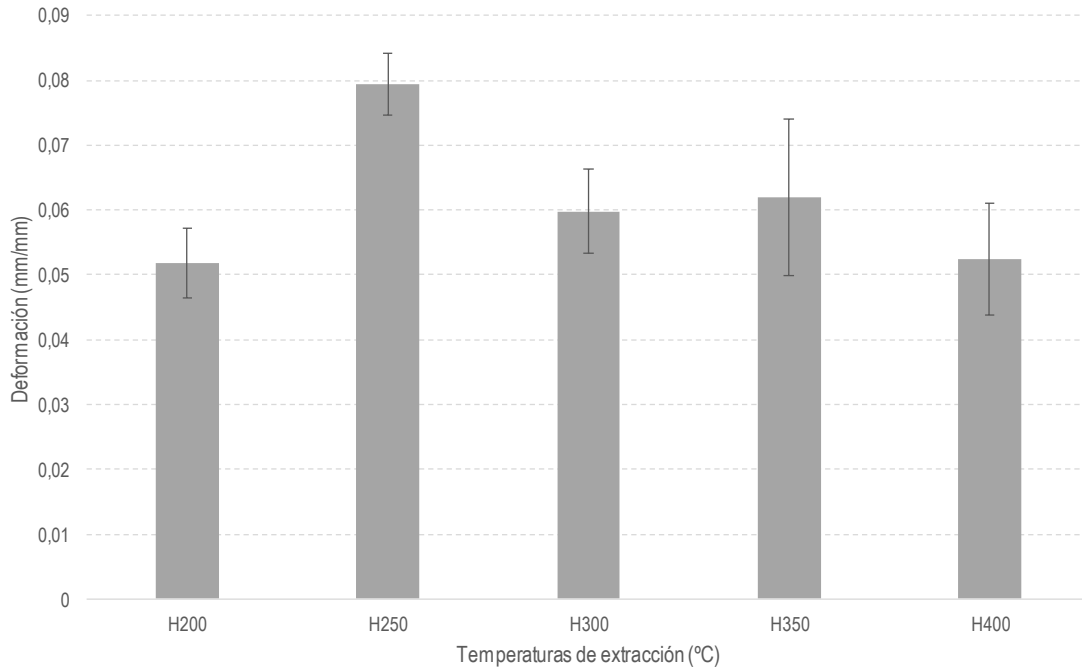


Figura 192. Deformación a flexotracción de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla (valor promedio con su correspondiente desviación media).

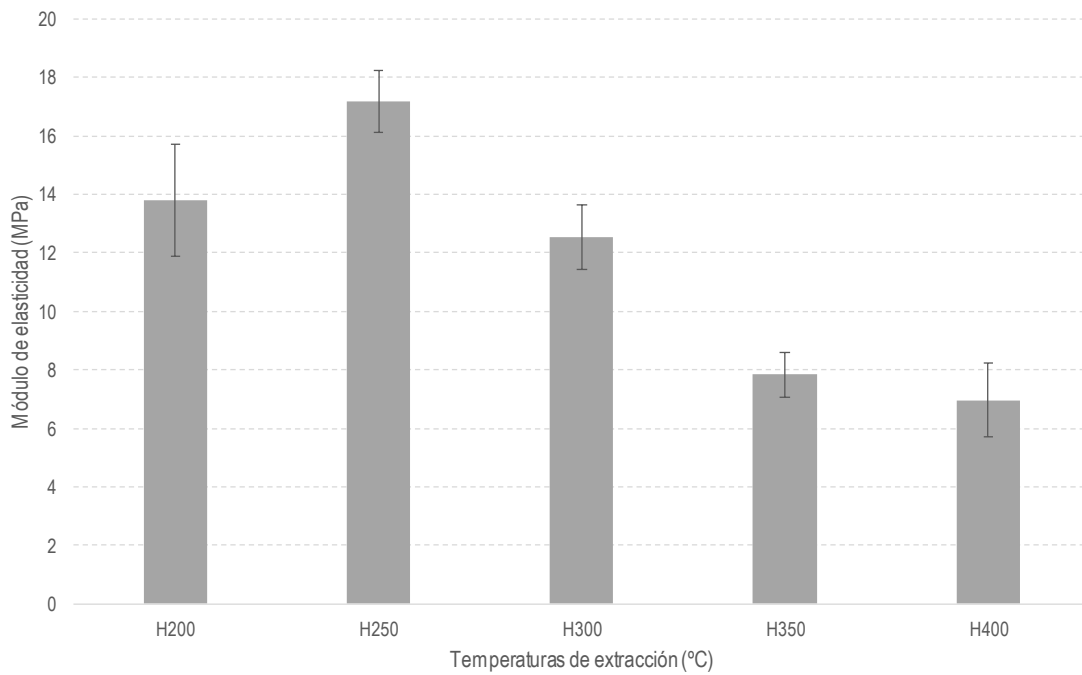


Figura 193. Módulo de elasticidad (σ/ϵ) a flexotracción de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla (valor promedio con su correspondiente desviación media).

7.3.4.6. *Ensayo de resistencia mecánica: compresión de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación*

Las probetas hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno de mufla fueron ensayadas a compresión (Figura 194). Todas las muestras analizadas obtuvieron resultados que cumplieron con el requerimiento de resistencia a compresión según la normativa de aplicación UNE-EN 13279-2, cuya resistencia mínima es de ≥ 2 MPa (AENOR, 2014a).

Los resultados revelaron la misma tendencia que en el ensayo de flexotracción, obteniendo la mayor resistencia a compresión en la muestra preparada con yeso cocido a 250°C, con un valor de ~ 9 MPa, y un valor mínimo para la muestra preparada con yeso cocido a 400°C, con un valor de ~ 3 MPa.

La muestra preparada con yeso cocido a 200°C sufrió una disminución del 40% de la resistencia ($\sim 3,6$ MPa), replicando la tendencia revelada en el ensayo a flexotracción, que se puede explicar de nuevo por la disrupción de la matriz de yeso que se debe a la presencia de un 10% de yeso sin cocer de la muestra, de la misma manera a lo manifestado en el ensayo a flexotracción.

Un estudio sobre el hemihidrato β ("plaster of Paris") con unas condiciones de curado similares a las de esta investigación ha situado la resistencia a compresión de este producto en un valor ligeramente superior (Karni y Karni, 1995), similar al obtenido en esta investigación y es coherente con la composición mineralógica de la muestra H250.

Arredondo (1980) en su estudio sobre el yeso, para una dosificación de agua/yeso de 0,6 (la misma utilizada en esta investigación) con un yeso comercial estableció también una resistencia mecánica a compresión de 12 MPa.

Otras investigaciones sobre yeso puro sitúan los valores de resistencia a compresión en aproximadamente 18 MPa (pero con una relación agua/yeso de 0,5) (Doleželová et al., 2018) y 15,1 MPa (Hošťálková et al., 2019). Estos valores son el doble a los obtenidos en la investigación, aunque se utilizó yeso comercial y no se estudia la composición mineralógica ni la microestructura de las muestras analizadas. No obstante, los valores tan bajos obtenidos en el presente estudio podrían estar causados por el pequeño tamaño de las probetas analizadas, pudiendo estar afectadas de manera significativa por pequeñas imperfecciones (como la presencia de vacíos de aire).

La resistencia mecánica sufrió nuevamente una notable disminución a partir de los 300°C de cocción, afirmando por tanto que se obtuvo un resultado equivalente entre la resistencia a compresión y a flexotracción en las muestras estudiadas.

A temperaturas de cocción superiores, la resistencia a compresión se vio disminuida de manera progresiva hasta la H400, la cual ofreció un valor de tan solo ~3,0 MPa. Este aspecto, igual a lo que sucedía en el ensayo a flexotracción, parece estar relacionando con el progresivo incremento de anhídrita II en el contenido de las muestras tras 7 días de hidratación, presente todavía en las muestras debido a una hidratación incompleta. Los resultados mostraron una disminución de la resistencia a compresión en las muestras H300, H350 y H400 (con un contenido de anhídrita II tras la hidratación de un 40%, 65% y 70% respectivamente) de un ~50%, ~60% y ~65%, respectivamente, con respecto a la muestra H250. Esta disminución fue algo menor a la observada en el ensayo a flexotracción, sugiriendo que la formación de una matriz de yeso entrelazada logrando una hidratación completa es un factor todavía más crucial en la resistencia a flexotracción.

La hidratación completa del yeso relacionada directamente con unas mejores propiedades mecánicas del producto final es coherente con lo indicado por otros investigadores (Aranda et al., 2016), aspecto que coincide con el comportamiento mecánico observado de la muestra H250 que alcanzó una hidratación completa tras 7 días.

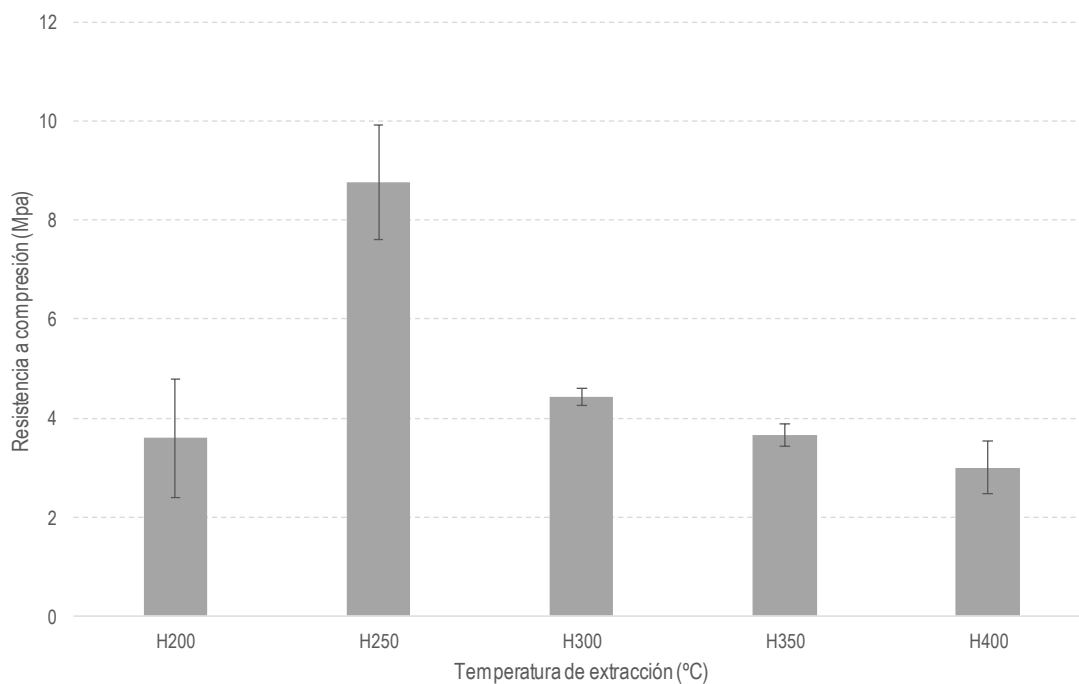


Figura 194. Resistencia a compresión de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla (valor promedio con su correspondiente desviación media).

En cuanto a la deformación, en general las probetas ensayadas a compresión reflejaron unos valores más elevados que las ensayadas a flexotracción, y se pudo detectar la misma tendencia manifestada en el apartado anterior (Figura 195). La muestra H250, que ofreció una mayor resistencia, obtuvo el valor más elevado de deformación ($\sim 0,19$ mm/mm), es decir, mostrando un comportamiento más elástico que el resto de las muestras, lo cual es positivo para su aplicación en obra.

En las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido por encima de 300°C , en cambio, no se apreció con claridad la disminución de la deformación detectada en el ensayo a flexotracción, ya que la muestra H350 obtuvo un valor de deformación menor que la H400.

Sorprendentemente, el cálculo del módulo de elasticidad reflejó que las probetas sometidas a compresión ofrecieron unos valores considerablemente más elevados (entre ~ 25 y ~ 50 MPa) (Figura 196) que las sometidas a flexotracción, e igualmente más elevados que los ofrecidos por otros autores (Soroka y Sereda, 1968). Se establece por tanto un comportamiento más rígido del material en esfuerzos de compresión.

No obstante, se pudo establecer una relación similar a la detectada en el ensayo de flexotracción, donde un mayor módulo de elasticidad del material (relación σ/ϵ) parece estar influido por una menor porosidad de las muestras (Soroka y Sereda, 1968).

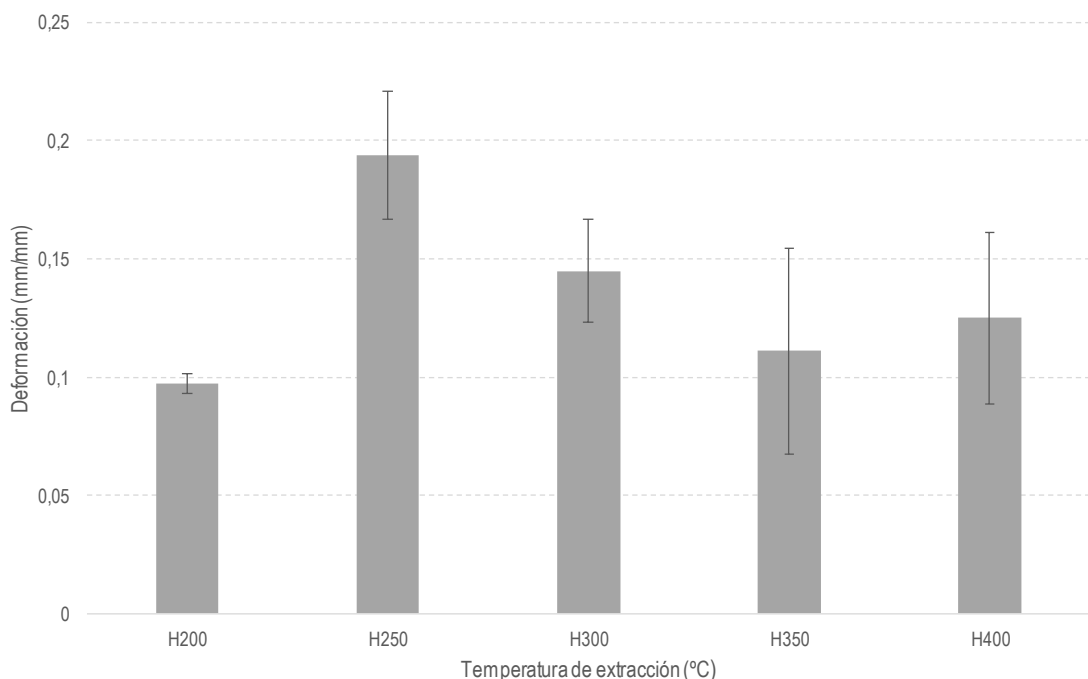


Figura 195. Deformación a compresión de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla (valor promedio con su correspondiente desviación media).

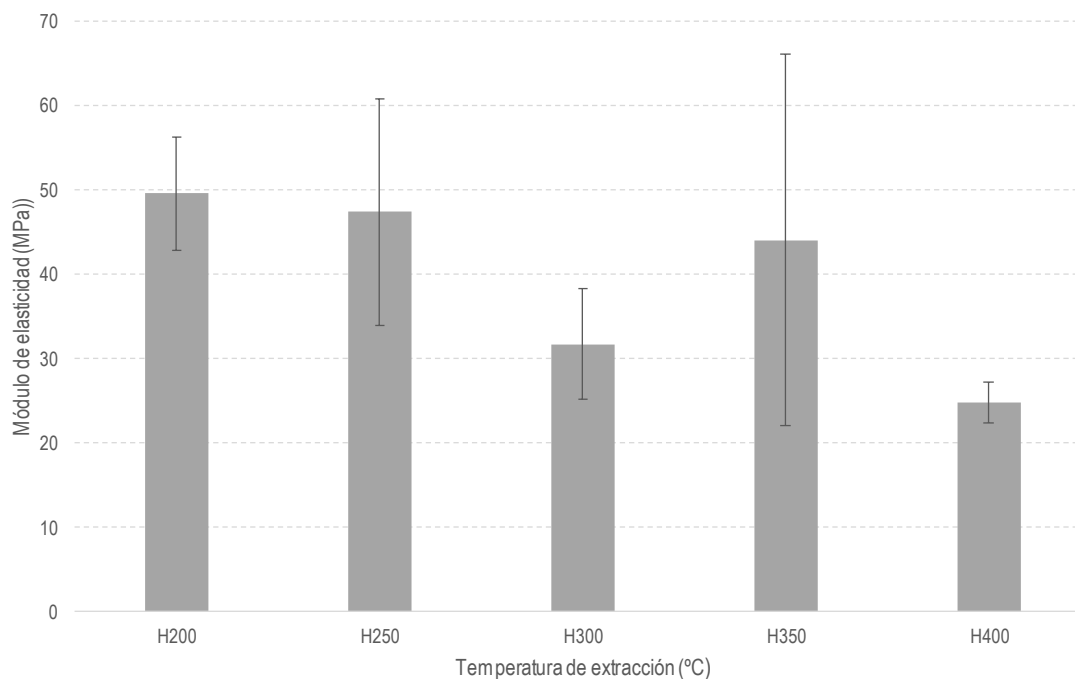


Figura 196. Módulo de elasticidad (σ/ϵ) a compresión de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla (valor promedio con su correspondiente desviación media).

Por lo tanto, la completa hidratación que logró la muestra H250 (con un contenido de $\geq 95\%$ de yeso formado tras la hidratación), originando una matriz de yeso entrelazada, pareció haber sido el factor decisivo en el aumento de la resistencia y la rigidez de esta muestra. Sin embargo, no se pudo descartar una hidratación completa a largo plazo en las muestras preparadas con yeso cocido a mayor temperatura (con un contenido de $\geq 40\%$ de en peso de anhidrita II), que podría ocasionar una mejor resistencia mecánica en periodos de tiempo más prolongados, generando cristales de yeso entrelazados (Dariz et al., 2017; Lenz y Sobott, 2008; Sanz Arauz, 2009; Singh y Garg, 1996). En los casos de cocciones de alta temperatura, la hidratación puede ser tan lenta que explicaría la presencia de anhidrita II detectada en morteros históricos (Kawiak, 1991; Karni y Karni, 1995) y el buen comportamiento en aplicaciones estructurales del yeso tradicional que se ha ratificado en esta investigación.

7.3.4.7. Ensayo de dureza superficial de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación

Los resultados del ensayo de dureza superficial mostraron una tendencia diferente, y reflejaron un incremento de la misma que fue proporcional al contenido de anhidrita II en las muestras preparadas con yeso cocido a 300-400°C (Figura 197). Estas muestras (que contenían un 40-70%, respectivamente en peso de anhidrita II tras la hidratación) mostraron un incremento de un

15-35% de la dureza superficial comparados con los yesos curados que solo contenían yeso (H200 y H250).

A pesar de que otras investigaciones se ha establecido que generalmente una mayor porosidad ocasiona una menor dureza superficial en morteros de yeso (Soroka y Sereda, 1998; Blasco-López y Alejandro Sánchez, 2013). Sin embargo, los resultados analizados de las muestras estudiadas en esta investigación ponen en cuestión esta relación directa, que no se ha podido contrastar. Estableciendo que otros factores como la composición mineralógica (debido a la velocidad de hidratación de los compuestos) ha sido el factor determinante.

Experimentos adicionales incluyendo yesos con una relación agua/yeso de 0,6, conteniendo o bien basanita pura, o 50% de basanita y 50% de yeso sin cocer o anhidrita II cocida a 800°C, proporcionaron un mejor entendimiento del efecto de los diferentes minerales de sulfato de calcio en la dureza superficial.

Sorprendentemente, ambas adiciones tuvieron un efecto positivo en la dureza superficial, que fue un 35% superior que en las muestras preparadas con basanita pura. Del Río Merino et al. (2018) han obtenido resultados similares, observando un incremento de un 10-25% en la dureza de los yesos con adiciones entre un 25-50% de residuos cerámicos, que actuaron como un árido inerte. De acuerdo con los resultados de análisis por DRX, ni el yeso sin cocer ni la anhidrita II sufrieron ningún cambio mineralógico significativo tras la hidratación.

Los análisis DRX revelaron una relación de intensidad de pico de Bragg $020/\bar{1}21$ significativamente mayor en las muestras completamente fraguadas preparadas con 50% en peso de yeso sin cocer (mezclado con 50% en peso de basanita), en comparación con el resto de las muestras (Tabla 29). La relación más elevada es indicativa de un sobre desarrollo de las caras $\{010\}$ de los cristales de yeso debido a los cristales con morfología de placa. Parece que una cantidad suficiente de yeso sin cocer con morfología de placa es requerida para mejorar la dureza superficial, ya que no se observó ningún efecto en las muestras preparadas con yeso cocido a 200°C que contenían solamente un 10% de yeso sin cocer, lo que es coherente con una menor relación de intensidad de pico de Bragg $020/\bar{1}21$ calculada para esta muestra.

En conclusión, una gran cantidad de partículas de yeso con morfología de placa (indicada por una mayor relación de intensidad) parece ser responsable de la mejor dureza superficial observada en las muestras con elevado contenido de yeso sin cocer. Sin embargo, las partículas de yeso con forma de placa no parecen contribuir necesariamente a una matriz más entrelazada, y por lo tanto no mejoran la resistencia a compresión y a flexotracción. En el caso de las

muestras ricas en anhidrita II, todas las muestras que contenían un $\geq 40\%$ en peso de anhidrita II mostraron consistentemente una mayor dureza superficial que las muestras preparadas con basanita pura, que estaba probablemente relacionada con la dureza de Mohs más elevada de la anhidrita (3-3,5) en comparación con la del yeso (2).

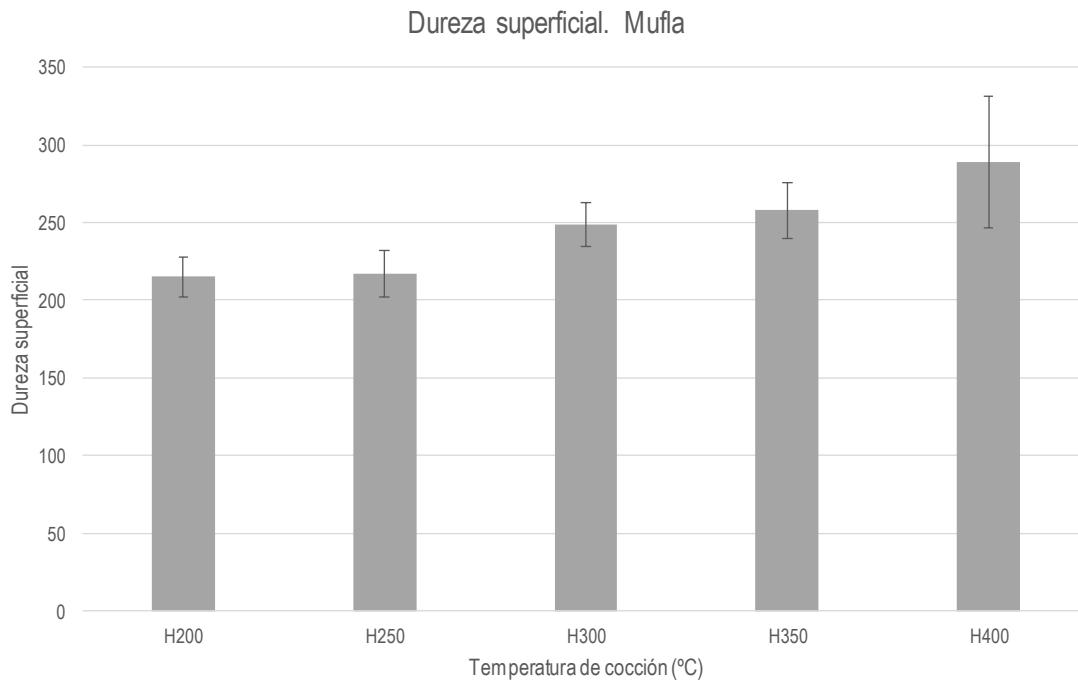


Figura 197. Dureza superficial de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla (valor promedio con su correspondiente desviación media).

Tabla 29. Intensidad de pico de Bragg para yeso 020/121 y dureza superficial de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas en el horno de mufla.

Muestra	Relación de intensidad pico de Bragg Yeso 020/121	Dureza superficial
Yeso sin cocer	3,1-7,2	no disponible
H200	1,1	215±13
H250	1,0	217±15
H300	1,0	249±14
H350	1,0	258±18
H400	1,1	289±42
Basanita (100%)	0,9	207±8
Basanita (50%) + Anhidrita (50%)	0,9	278±17
Basanita (50%) + Yeso (50%)	1,4	286±14

7.3.4.8. *Ensayo de desgaste hídrico acelerado: “waterspraying” de las muestras cocidas en el horno de mufla tras la hidratación*

Tras el proceso de cocción e hidratación se realizó un ensayo de envejecimiento acelerado provocado por la aspersión de aguapara estudiar el comportamiento de las muestras frente a la alteración química-mecánica, provocada por los efectos de la lluvia en exposiciones prolongadas al exterior.

Este ensayo tuvo como objeto la observación de los cambios en la superficie, identificación de los cambios mineralógicos y cuantificación de la pérdida de peso que tenía lugar tras la aspersión de agua en el yeso cocido a diferentes temperaturas, confeccionado en muestras formato “disco” (Figura 198).

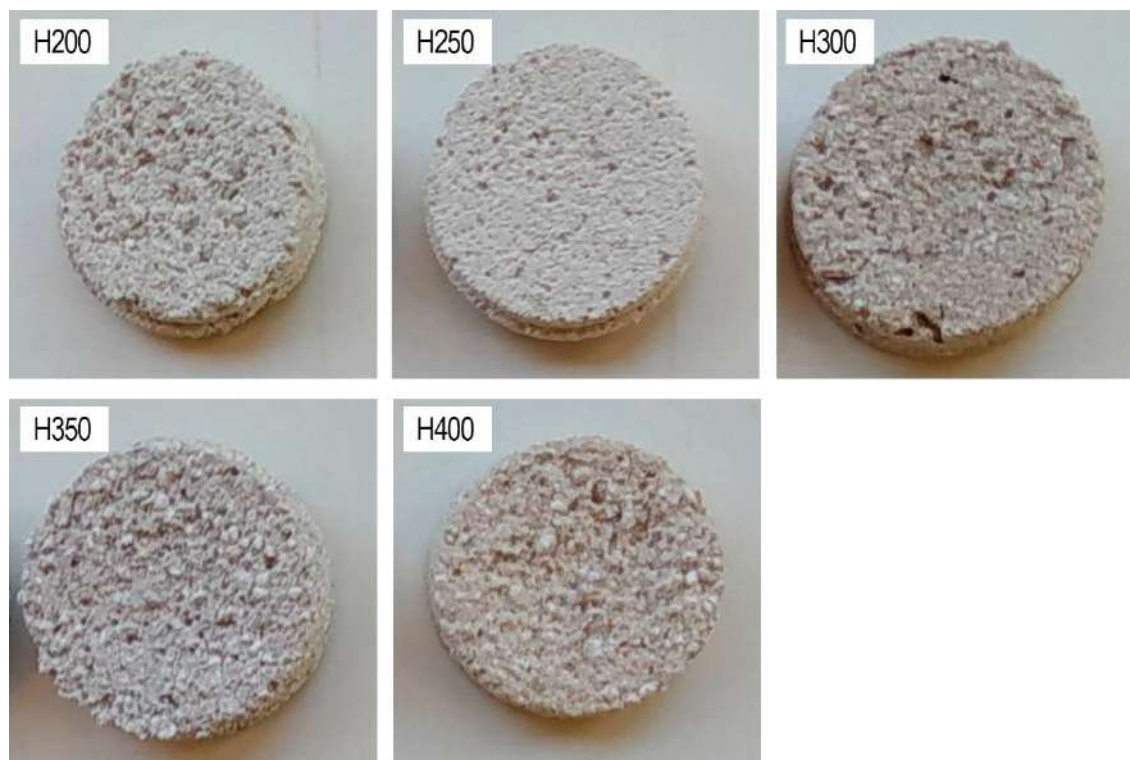


Figura 198. Muestras del horno de mufla en formato “disco” de 2,5 cm de diámetro y 0,5 cm de espesor, tras el ensayo de aspersion de agua.

La resistencia del yeso frente a la presencia de agua o humedad permanente es relativamente baja y se encuentra relacionada con su relativa alta solubilidad (2,2 g/L, 20°C) en comparación con la calcita (0,013 g/L, 25°C), aspecto que pudo ser confirmado con los resultados experimentales al observarse notables diferencias de comportamiento frente a la acción del agua entre las distintas muestras.

El ensayo de envejecimiento acelerado reveló diferencias significativas en la resistencia a la intemperie de las distintas muestras (Figura 199). La muestra preparada con yeso cocido a 250°C reflejó la menor pérdida de peso (11,7%), coincidiendo además con la mayor resistencia mecánica estudiada en el apartado anterior. Esta muestra contenía un $\geq 95\%$ en peso de basanita y un 5% en peso de anhidrita tras la cocción, por lo que una rápida hidratación permitió la formación de una matriz continua de cristales aciculares de yeso entrelazados, según los análisis realizados de DRX e imágenes FESEM, que resultó ser lo suficientemente cohesionada como para resistir el impacto continuado por la proyección de agua. La muestra H200 ofreció un peor comportamiento frente a la intemperie, siendo superior la pérdida de peso (20,1%).

Sorprendentemente, la muestra preparada con yeso cocido a 300°C exhibió una resistencia al desgaste hídrico acelerado casi idéntica (pérdida de peso de 13,1%), aunque esta muestra

contenía un 40% en peso de anhidrita II tras la hidratación de acuerdo a los resultados DRX, lo que no contribuyó a la formación de una matriz continua de cristales entrelazados.

Esta resistencia al desgaste hídrico relativamente buena podría deberse a una menor velocidad de disolución de la anhidrita II en comparación con el yeso, lo que podría haber compensado el menor contenido efectivo de aglutinante (Klimchouk, 1996). Sin embargo, el incremento de la dureza superficial del yeso en presencia de anhidrita II (apartado 7.3.4.7), también podría haber contribuido a la mejora de la resistencia frente al impacto mecánico por la proyección de agua.

Las muestras confeccionadas con yeso cocido a 350 y 400°C exhibieron una resistencia al desgaste hídrico significativamente menor (pérdida de peso de 23,3-32,5%, un ~45% y un ~60% mayor, respectivamente), lo que sugiere un umbral de contenido de anhidrita II admisible que no se puede superar. Probablemente, la elevada cantidad de anhidrita II sin hidratar (65-70% en peso) y, en consecuencia, el poco contenido de aglutinante (30-35% en peso de yeso recién formado tras la hidratación) fueron responsables de esta disminución de la resistencia al desgaste hídrico.

Sin embargo, los análisis DRX revelaron que las muestras de yeso que contenían originalmente un 65-75% de anhidrita II consiguieron una hidratación completa tras la aspersion, pero probablemente el tiempo de exposición a la aspersion durante la secuencia del ensayo no fue suficiente como para generar una influencia en el resultado final.

Estos hallazgos sugieren que la resistencia al desgaste hídrico de las muestras preparadas con yeso cocido a temperaturas superiores a 300°C probablemente podría ser mejorada prolongando el proceso de hidratación de la anhidrita II favoreciendo las condiciones (por ejemplo, cubriendo en un film la superficie de las muestras para evitar un secado prematuro), para lograr un mayor grado de hidratación y por lo tanto un mayor contenido de aglutinante que genere una matriz continua de cristales de yeso entrelazados (Dariz et al., 2017; Lenz y Sobott, 2008; Sanz Arauz, 2009).

No se ha podido establecer una clara relación entre la porosidad de las muestras y la resistencia al desgaste hídrico. A pesar de la casi idéntica porosidad que presentaron las muestras con yeso calcinado a 200°C y 250°C, la primera sufrió una pérdida de peso casi un 50% mayor tras la pulverización con respecto a la segunda; en cambio, la muestra H300, un ~10% más porosa que la H250, exhibió una pérdida de peso prácticamente idéntica. No ha sido posible determinar si la disminución de la resistencia al desgaste hídrico de la muestra H200 fue originada por el 10% en peso de yeso sin cocer y el efecto de cristalización por siembra mencionado anteriormente, que

provocan modificaciones en la microestructura fueron los responsables de esto (Lewry y Williamson, 1994). Serán necesarios estudios más detallados para conocer mejor la influencia de la microestructura y la morfología de los cristales en la resistencia a la intemperie de los revocos.

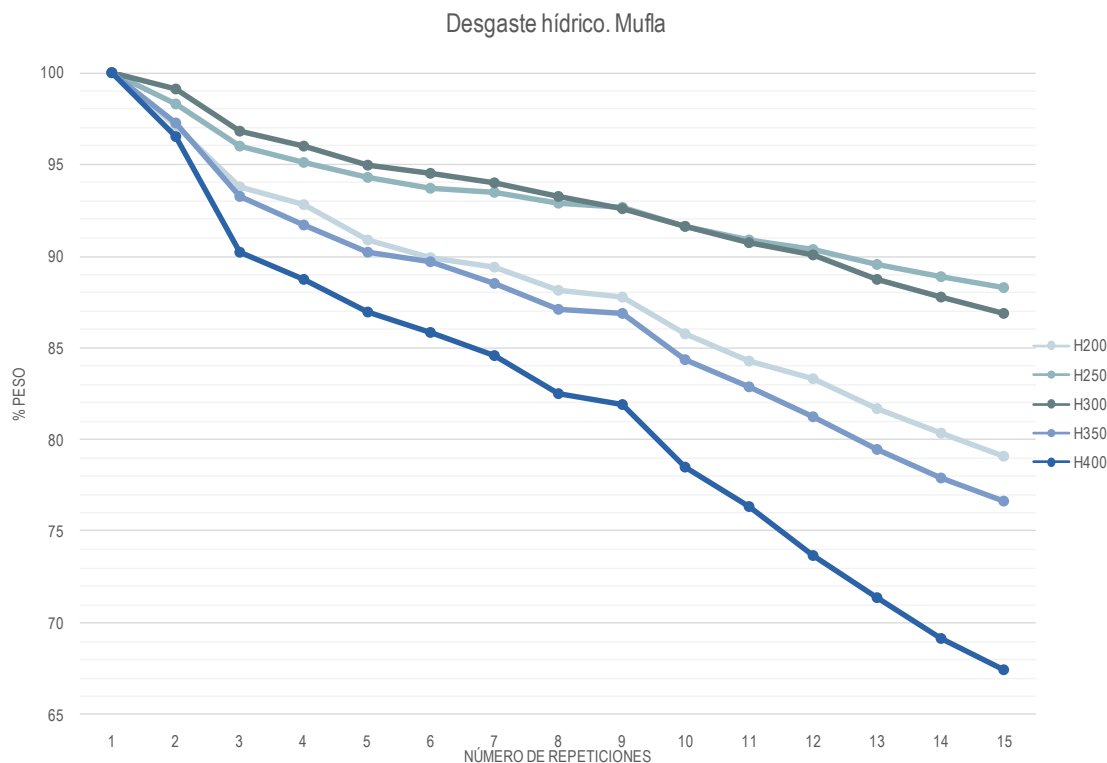


Figura 199. Pérdida de peso en porcentaje de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno de mufla a diferentes temperaturas, tras 21 días transcurridos. Los valores medidos se corresponden con los puntos en los gráficos. La curva mostrada en el gráfico es una extrapolación de estos valores sin descontar ni considerar el ganancia de peso producido durante el ensayo debido a la hidratación completa de la anhídrita.

Tabla 30. Pérdida de peso en porcentaje de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno de mufla a diferentes temperaturas, tras 21 días transcurridos. El resultado ya ha sido recalculado considerando la ganancia de peso de las muestras por la hidratación de la anhídrita durante el ensayo.

Muestra	Pérdida de peso total (%)
H200	20,9±0,0
H250	11,7±0,0
H300	13,1±0,2
H350	23,3±1,7
H400	32,5±1,0

7.3.5. Muestras de yeso hidratado procedente de las cocciones experimentales en los hornos tradicionales

Las muestras tras el proceso de hidratación procedentes de las cocciones experimentales en los hornos tradicionales se sometieron a las siguientes técnicas analíticas: análisis por difracción de rayos X (DRX) para determinar la composición mineralógica y el tamaño de cristalito de las diferentes fases minerales identificadas, microscopía electrónica de barrido (de alta resolución) de emisión de campo (FESEM) para determinar los cambios en la microestructura, porosimetría por intrusión de mercurio para analizar la porosidad y la distribución del tamaño de poros, ensayo mecánico a flexotracción y a compresión para determinar su resistencia mecánica, dureza superficial, y ensayo de desgaste hídrico acelerado para analizar la resistencia a la intemperie.

La hidratación durante 7 días en condiciones de laboratorio ($20\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ de humedad relativa) no permitió obtener unas muestras lo suficientemente cohesionadas como para poder ser desmoldadas en el caso del yeso cocido procedente del horno tradicional de Albarracín, por lo que únicamente se estudiaron y sometieron a las técnicas analíticas de resistencia mecánica, dureza superficial y desgaste hídrico acelerado las muestras confeccionadas con el material cocido en el horno de Navarrete (NBH, NMH y NAH) y las muestras de hidratación prolongada (ABH1:1, AMH1:1, AAH1:1) y (NBH1:1, NMH1:1, NAH1:1).

7.3.5.1. *Identificación de la fase mineral mediante análisis de difractograma de rayos X (DRX) de las muestras cocidas en los hornos tradicionales tras la hidratación*

Los análisis mediante DRX de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido de los hornos tradicionales reflejaron una correlación con las muestras cocidas previas a la hidratación. Las muestras hidratadas preparadas con material procedente del horno de Albarracín (ABH, AMH, AAH), que tras la cocción tenían un contenido de $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II de las tres zonas del horno estudiadas (zona alta, media y baja), no se hidrataron en absoluto (Tabla 31). La nula hidratación producida en estas muestras parece deberse a la tardía hidratación de la anhidrita II cocida a una temperatura de $\geq 800^{\circ}\text{C}$, que requiere tiempos de fraguado muy largos.

Se ha podido establecer una relación con lo sucedido en las muestras hidratadas con material cocido en el horno de mufla a una temperatura de $> 500^{\circ}\text{C}$ (apartado 7.3.4.1), que no se hidrataron en absoluto debido a su baja reactividad y también exhibieron una composición de $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II tras los 7 días de curado y una dosificación agua/yeso de 0,6 en peso.

Este hecho confirma que, efectivamente, en el horno de Albarracín se alcanzaron temperaturas superiores por encima de los 500°C, coincidiendo con los análisis DRX de las muestras tras la cocción, lo que permite explicar la escasa cohesión que presentaron las muestras hidratadas preparadas con el yeso cocido en el horno de Albarracín que no pudieron ser desmoldadas, manifestando una pauta similar a las muestras hidratadas con material procedente de la cocción en el horno de mufla a temperaturas de $\geq 500^\circ\text{C}$.

Tabla 31. Fases minerales (% en peso) de las diferentes muestras analizadas tras la hidratación procedentes de la cocción en el horno tradicional de Albarracín en la boca, zona media y zona alta, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante técnica analítica de difracción de rayos X. Muestras hidratadas con una relación agua/yeso de 0,6.

Hidratación	Tipo	Siglas	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Hidratación en laboratorio con agua/yeso de 0,6	Boca	ABH	<5	95	<5	<5	<5	<5
	Medio	AMH	<5	95	<5	<5	<5	-
	Alta	AAH	<5	95	<5	<5	<5	-

Las muestras hidratadas preparadas con el material procedente del horno de Navarrete se hidrataron parcialmente (previamente a la hidratación estas muestras presentaron un menor contenido de anhidrita II) (Tabla 32).

El contenido de basanita presente en las muestras tras la cocción se hidrató completamente, y la cantidad de anhidrita II (95%, 70% y 75% en peso previamente a la hidratación) también disminuyó ligeramente durante los 7 días de curado, hasta obtener un 75%, 45% y 55% en peso, en las zonas alta, medio y boca, respectivamente, resultados similares a los obtenidos en las muestras hidratadas procedentes de la cocción en el horno de mufla a temperaturas entre 300-400°C (apartado 7.3.4.1).

Tras la hidratación se obtuvo un material cohesionado que permitiera desmoldar las probetas para someterlas a las posteriores técnicas analíticas y de ensayo.

Tabla 32. Fases minerales (% en peso) de las diferentes muestras analizadas tras la hidratación procedentes de la cocción en el horno tradicional de Navarrete en la boca, zona media y zona alta, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante técnica analítica de difracción de rayos X. Muestras hidratadas con una relación agua/yeso de 0,6.

Hidratación	Tipo	Siglas	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Hidratación en laboratorio con agua/yeso de 0,6	Boca	NBH	<5	55	45	<5	<5	-
	Medio	NMH	<5	45	55	<5	<5	-
	Alta	NAH	<5	75	25	<5	<5	-

Considerando que no se pudieron obtener muestras coherentes en el caso del horno de Albarracín, posteriormente las muestras que se hidrataron con exceso de agua (en una relación agua/yeso de 1:1), que ofrecieron una hidratación parcial durante un periodo de curado de 40 días.

Las muestras preparadas con yeso cocido procedente del horno de Albarracín analizadas se hidrataron parcialmente (Tabla 33). Sorprendentemente, la muestra con un mayor contenido de yeso recién formado fue la procedente de la zona media del horno (AMH1:1) (75% en peso).

La muestra de la zona de la boca (ABH1:1) se hidrató ligeramente, resultado en un 15% de yeso en peso. Sin embargo, la muestra de la zona alta (AAH1:1) no se hidrató en absoluto, manteniendo todavía un contenido de $\geq 95\%$ en peso de anhidrita II (igual que sucedió con las muestras que se trataron de hidratar con una relación de agua/yeso de 0,6).

Estos resultados sugieren que la temperatura de cocción fue mayor en la zona alta; sin embargo, los análisis anteriores indicaron que en el horno de Albarracín se alcanzó una mayor temperatura en la boca. Esta discrepancia podría simplemente deberse a no utilizar exactamente el mismo material en los diferentes análisis, lo que parece indicar cierta heterogeneidad del material cocido incluso en una misma zona del horno (y en menor medida cierto error inherente a la técnica). En las zonas alta y boca se apreció una correlación con la composición mineralógica previa a la cocción y tras la hidratación.

Tabla 33. Fases minerales (% en peso) de las diferentes muestras analizadas tras la hidratación procedentes de la cocción en el horno tradicional de Albarracín en la boca, zona media y zona alta, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante técnica analítica de difracción de rayos X. Muestras hidratadas con una relación agua/yeso de 1:1 y una humedad relativa del 100% tras 8 días de curado.

Hidratación	Tipo	Siglas	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Hidratación en laboratorio con agua/yeso de 1:1	Boca	ABH1:1	<5	85	15	<5	<5	<5
	Medio	AMH1:1	<5	25	75	<5	<5	-
	Alta	AAH1:1	<5	95	<5	<5	<5	-

Las muestras preparadas con material procedente del horno de Navarrete mostraron una hidratación completa, con un porcentaje de $\geq 95\%$ de yeso en peso en las tres zonas del horno (NBH1:1, NMH1:1, NAH1:1) (Tabla 34), reforzando el hecho de que se alcanzó una menor temperatura de cocción y, por tanto, al tener un menor contenido de anhidrita II (y mayor contenido de basanita) tras la cocción, la hidratación completa es probable a lo largo del tiempo, como se ha podido comprobar en el apartado 7.3.4.1.

Tabla 34. Fases minerales (% en peso) de las diferentes muestras analizadas tras la hidratación procedentes de la cocción en el horno tradicional de Navarrete en la boca, zona media y zona alta, basado en el análisis semicuantitativo (± 5 wt%) mediante técnica analítica de difracción de rayos X. Muestras hidratadas con una relación agua/yeso de 1:1 y una humedad relativa del 100% tras 8 días de curado.

Hidratación	Tipo	Siglas	Basanita	Anhidrita	Yeso	Calcita	Cuarzo	Ilita
Hidratación en laboratorio con agua/yeso de 1:1	Boca	NBH1:1	<5	<5	95	-	-	-
	Medio	NMH1:1	<5	<5	95	<5	<5	-
	Alta	NAH1:1	<5	<5	95	<5	<5	-

7.3.5.2. Microscopía electrónica de barrido (FESEM) de las muestras cocidas en los hornos tradicionales tras la hidratación

Tras la hidratación en laboratorio se ha estudiado la evolución de la microestructura de las distintas muestras preparadas con yeso procedente de las cocciones tradicionales. Se pudo apreciar una evolución similar a la observada anteriormente en el horno de mufla con respecto a las muestras de yeso previas a la hidratación. En las muestras preparadas con yeso procedente del horno de Albarracín, este análisis permitió discernir con más precisión la temperatura que habían alcanzado las muestras previamente a la hidratación, ya que los resultados del análisis DRX del apartado anterior solamente pudieron determinar unos valores de temperatura de cocción $>400^\circ\text{C}$ (ya que las tres muestras del horno de Albarracín tenían un contenido de anhidrita II de $>95\%$). Gracias a la información obtenida de este análisis, se pudo corroborar la

misma tendencia observada en las microscopías tomadas tras la cocción, en las que se podía apreciar con claridad una temperatura más elevada alcanzada en la zona baja del horno (apartado 7.3.3.4).

En la zona alta se pudieron apreciar cristales con la morfología típica de pluma correspondiente a la anhidrita (Figura 200-AAH), propios de los 400-500°C, sin presencia de cristales de yeso recién formados ni de bordes redondeados, y lo mismo se puede observar en la zona media (Figura 200-AMH). Este hecho confirma que estas muestras no se habían hidratado.

En la boca se observó una desintegración de las partículas más grandes de anhidrita II en contacto con el agua (Figura 200-ABH), con bordes redondeados propios de la sinterización que sugieren una temperatura de cocción de unos 1.000-1.100°C, confirmando la tendencia esperada por ser la zona con una mayor temperatura alcanzada en el horno. No se pudo apreciar la formación de cristales de yeso tras la hidratación, ni de una estructura entrelazada, lo que podría explicar que no se pudieran obtener muestras con suficiente cohesión como para ser desmoldadas usando una relación agua/yeso de 0,6 y un curado “rápido”.

En las muestras preparadas con yeso procedente del horno de Navarrete, en la zona alta del horno (Figura 200-NAH) se observaron grandes agregados de anhidrita II, con la morfología típica de pluma, fragmentados parcialmente al entrar en contacto con el agua, junto con cristales de yeso de hábito acicular formados tras la hidratación (contenido de 25% en peso de yeso), equivalente a la muestra cocida a una temperatura de 400°C en el horno de mufla tras la hidratación.

En la zona media (Figura 200-NMH) y en la zona baja (Figura 200-NBH) se observó una estructura similar, con presencia de cristales de yeso recién formado, confirmando así lo obtenido en los análisis DRX, que indicaron una composición de yeso recién formado de 45-55% en peso, según la zona del horno, lo cual podría haber favorecido para formar unas muestras con suficiente cohesión.

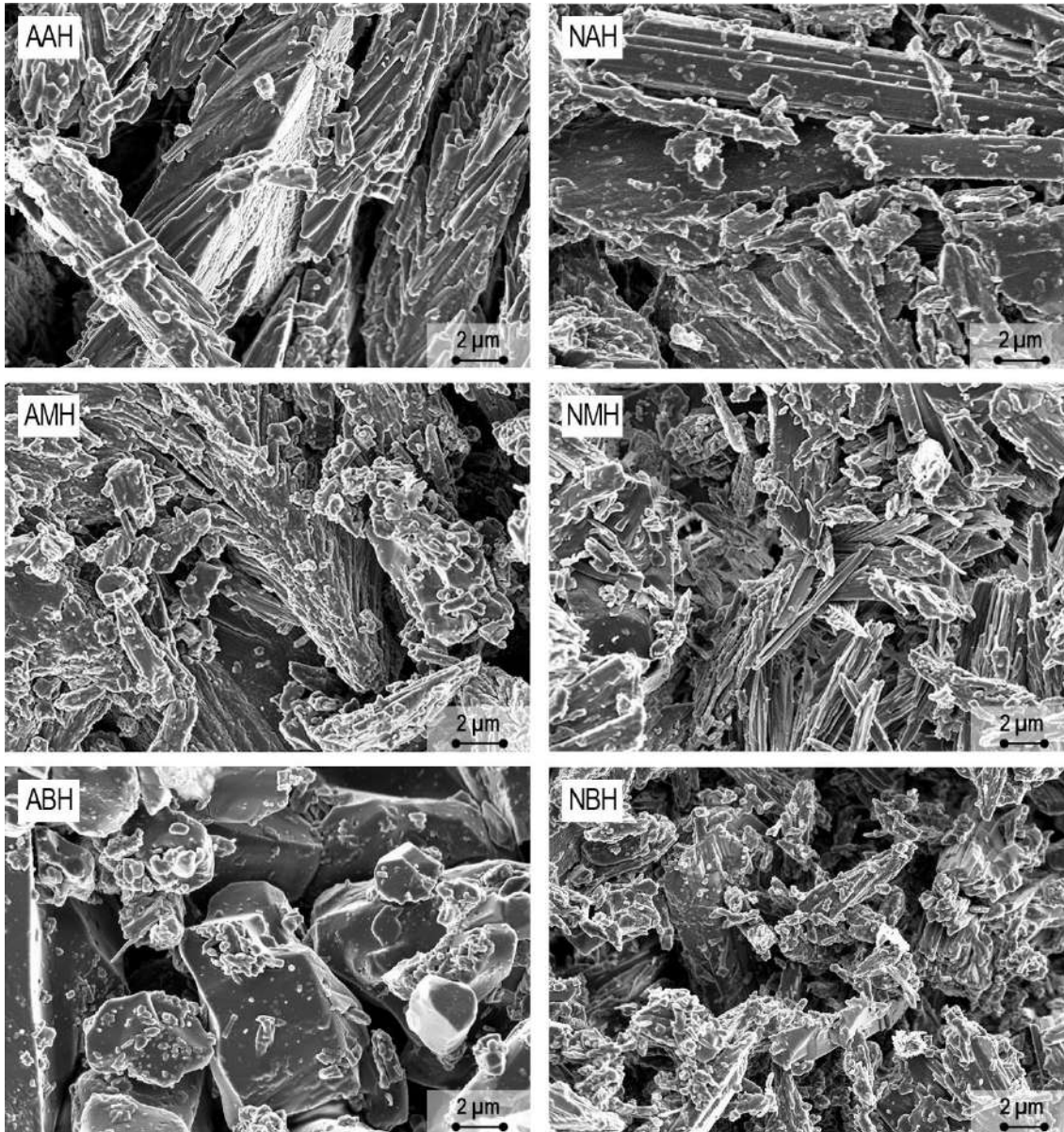


Figura 200. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Albarracín tras la hidratación, mostrando la evolución textural frente a la temperatura de calcinación: AAH: Albarracín alta o caramullo, donde se observa la presencia de cristales de anhidrita con morfología de pluma; AMH: Albarracín medio, mostrando cristales de anhidrita; ABH: Albarracín boca, mostrando grandes fragmentos originados por la desintegración de la anhidrita. NAH: Navarrete alta o caramullo; NMH: Navarrete medio; NBH: Navarrete boca; en las tres zonas del horno se pueden observar cristales de anhidrita con morfología de pluma fragmentados parcialmente junto con cristales de yeso recién formado de hábito acicular.

7.3.5.3. Porosidad de las muestras cocidas en los hornos tradicionales tras la hidratación

Las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en los hornos de Albarracín y Navarrete (Tabla 35, Figura 201) presentaron una porosidad similar (entre 35,4-51,7%) a las muestras hidratadas procedentes de la cocción en el horno de mufla.

No se ha podido establecer la correlación entre la composición mineralógica y su porosidad que parecía evidente en las muestras hidratadas con material extraído del horno de mufla, en las que se pudo determinar que una mayor temperatura de cocción que resultaba en una hidratación incompleta (y por tanto un mayor contenido en peso de anhídrita II tras la hidratación) implicaba directamente una mayor porosidad (Soroka y Sereda, 1968).

La porosidad abierta (35-52%) y el tamaño de poro mediano (1,4-10 μm) varían sustancialmente, aspectos que impiden establecer una relación con la composición mineralógica de las muestras y su ubicación dentro de los hornos. En cambio, este hecho parece estar directamente relacionado con la variabilidad de granulometría de las muestras, propia de una trituration tradicional, que resulta poco homogénea en comparación con las molindas industriales actuales.

La heterogeneidad textural se manifestó incluso en una misma muestra, y por ello los datos obtenidos de porosidad varían significativamente. Tras la rotura de las muestras a flexotracción se pudo observar una granuloclasificación positiva durante el proceso previo al fraguado, lo que significa que durante el estado líquido tras la hidratación y previamente al endurecimiento de las muestras, los granos más gruesos sedimentan más rápidamente y las capas superiores contienen yeso de grano más fino (Figura 202).

El cambio de granulometría es ciertamente responsable de las variaciones observadas. Probablemente el material de grano fino dé como resultado una menor porosidad, como lo sugieren los datos del MIP.

Casi todas las muestras tienen la mayor parte del volumen de poros en el rango de tamaño entre 1 y 10 micrómetros y un máximo secundario con poros de mayor diámetro >200 micrómetros. Probablemente todas las muestras contengan poros de tamaño superior a 400 micrómetros, que no pudieron ser determinados debido a que este es el límite superior de detección del equipo. Todas las muestras también tienen un volumen significativo de poros con un diámetro <1 micrómetro.

Por lo tanto, según estos resultados, parece probable asumir que el proceso de trituration y molienda tradicional, que se realiza de manera manual y a través del cual se obtiene un yeso molido con una gran variabilidad en su granulometría, tiene una importante repercusión en las propiedades finales del yeso hidratado, abriendo así nuevas líneas para futuras investigaciones que desarrollen la repercusión del proceso de trituration en el comportamiento del producto final obtenido.

Tabla 35. Porosidad y distribución del tamaño de los poros de las diferentes muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en los hornos tradicionales.

Muestra	Porosidad (%)	Tamaño de poro mediano (μm)
ABH*	-	-
AMH	37,7	6,6
AAH	49,5	7
NBH	35,4	10
NMH	49,5	1,4
NAH	51,7	1,8

* Resultado no disponible por falta de ensayo.

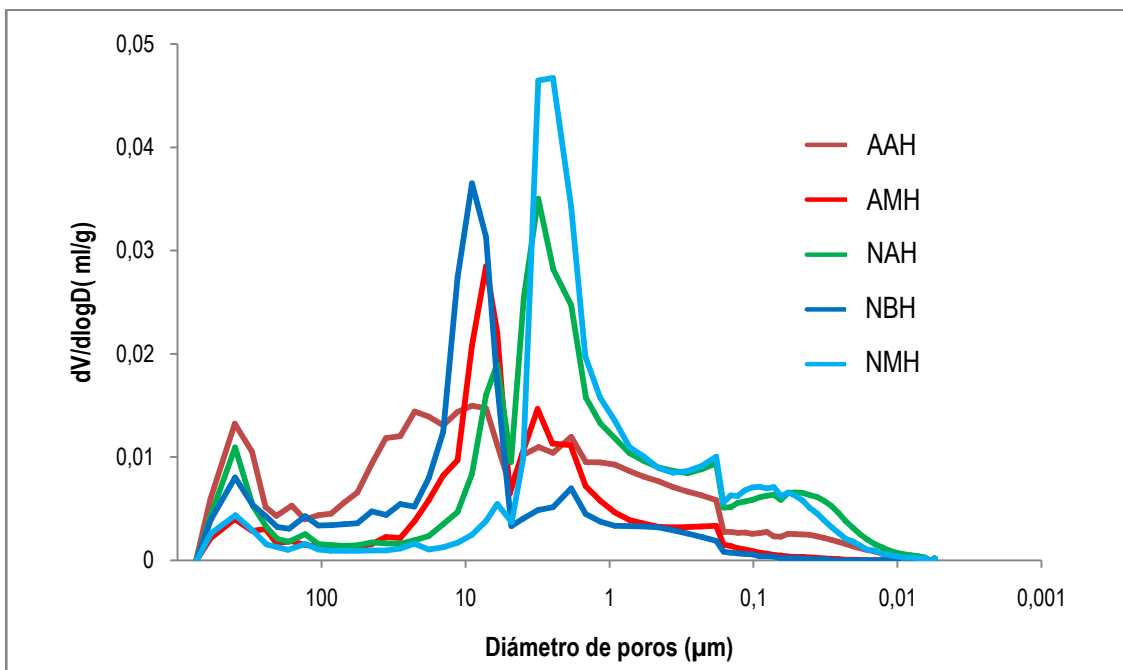


Figura 201. Distribución del tamaño de los poros de las diferentes muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en los hornos tradicionales.

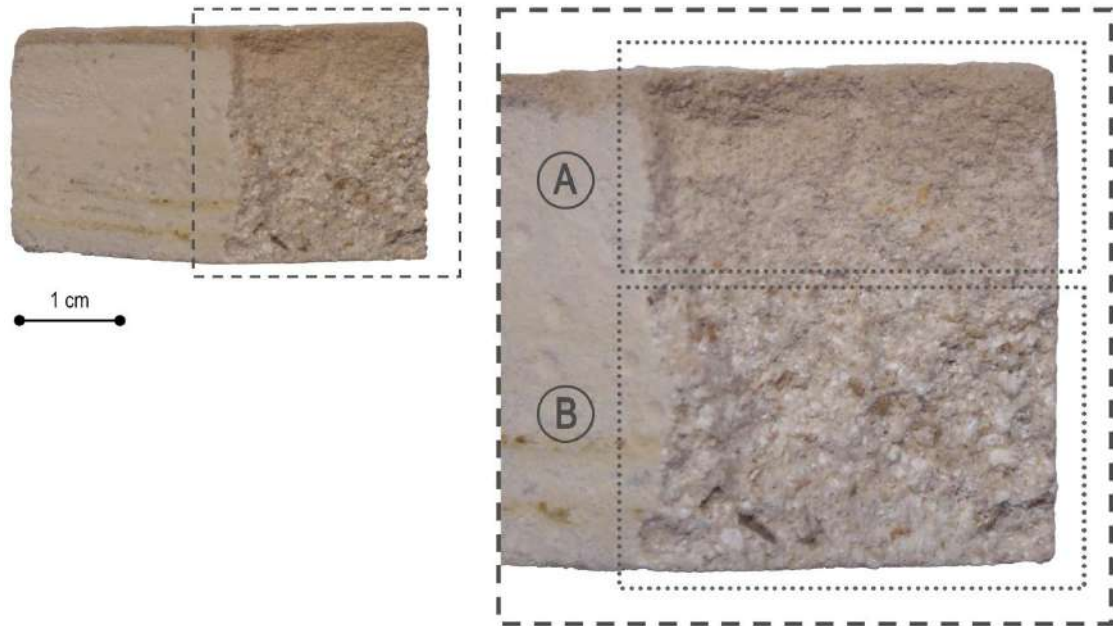


Figura 202. Una de las muestras tras la rotura causada por el ensayo a flexotracción en la que se aprecia: A) parte superior de la muestra con granos más finos, y B) parte inferior de la muestra con granos más gruesos debido a la sedimentación producida previamente al endurecimiento de la muestra.

7.3.5.4. Ensayo de resistencia mecánica: flexotracción de las muestras cocidas en los hornos tradicionales tras la hidratación

Las muestras preparadas con el material procedente de los hornos tradicionales, hidratadas en laboratorio con una relación agua/yeso 0,6 se analizaron a flexotracción y compresión. Solamente se pudieron ensayar las muestras que se confeccionaron con yeso procedente del horno tradicional de Navarrete, ya que las preparadas con yeso del horno tradicional de Albarracín no permitieron obtener un material suficientemente cohesionado como para desmoldar las probetas. Los ensayos reflejaron unos resultados de resistencia mecánica considerablemente inferiores a los obtenidos en las muestras preparadas con el material cocido en el horno de mufla.

Los ensayos se repitieron un total de 3 veces, ofreciendo en las gráficas el valor promedio con su correspondiente desviación media. Las gráficas completas con los 3 ensayos se pueden consultar en el Anexo X.

Las muestras preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete ofrecieron unos valores de resistencia a flexotracción entre $\sim 0,3$ MPa y $\sim 0,5$ MPa (Figura 203), obteniéndose el valor más elevado en la muestra de la zona media del horno (NMH).

Parece claro establecer una clara relación entre la resistencia mecánica y el contenido de yeso formado tras la hidratación. El valor más elevado se alcanzó en las muestras NMH y NBH (~0,5 MPa), que originalmente contenía un 70% de anhidrita II y un 30% de basanita tras la cocción. Tras la hidratación en laboratorio, eran las muestras que contenían la mayor cantidad de yeso, similar entre las dos muestras (55% y 45%, respectivamente). En cambio, la muestra NAH, que solamente contenía un 25% en peso de yeso recién formado, ofreció un valor de resistencia a flexotracción significativamente menor (~0,3 MPa).

Estos resultados coinciden con lo observado en las muestras hidratadas procedentes de la cocción en el horno de mufla, puesto que la muestra que alcanzó un mayor valor de resistencia a flexotracción (H250) era la muestra que contenía un mayor contenido de yeso tras la hidratación (>95% en peso) (Tabla 26), favoreciendo así una matriz entrelazada de los cristales de yeso responsable de la mayor resistencia mecánica.

Aunque generalmente, otros estudios han podido establecer una relación directa entre la porosidad y la resistencia mecánica (Soroka y Sereda, 1968; Liu et al., 2017), en este análisis no se ha podido establecer dicha relación, ya que cabría esperar que la muestra NMH con una porosidad más elevada (49,5%) reflejase una resistencia mecánica inferior. Nogueira et al. (2018) observaron que la presencia de poros grandes facilitaba la propagación de las microfisuras, lo que conducía a su conexión. Parece razonable suponer que tal fenómeno sería más significativo en muestras ricas en yeso, donde la hidratación retardada y el mojado-secado repetido (al curar con aspersión de agua) podrían romper la matriz rígida formada inicialmente por los cristales de yeso y resultar en una disminución importante en la resistencia a la flexotracción.

Puede establecerse una coincidencia entre los valores de resistencia a flexotracción de las muestras NBH, NMH con la muestra H300 (resistencia de ~0,5 MPa). La muestra NAH, cuya temperatura de cocción pareció haber sido superior a >400°C, ofreció una resistencia mecánica inferior a la H400 (~0,3 MPa), corroborando una clara relación en la temperatura de cocción de las muestras y la resistencia mecánica tras su hidratación.

Algunos estudios (Arredondo, 1980; Karni y Karni, 1995; Singh y Garg, 1996) señalan que un mayor tiempo de fraguado del yeso (es decir, con un mayor contenido de yeso formado tras la hidratación) genera un producto con una mayor resistencia mecánica. Podría relacionarse este hecho con la mayor hidratación que mostraron las muestras NMH y NBH y, consecuentemente, desarrollaron una mayor resistencia a flexotracción. Este hecho sugiere que un mayor tiempo de

fraguado de las muestras con un elevado contenido de anhidrita II y una escasa hidratación (NAH, e incluso las muestras AAH, AMH y ABH) podría proporcionar una mayor resistencia mecánica a largo plazo.

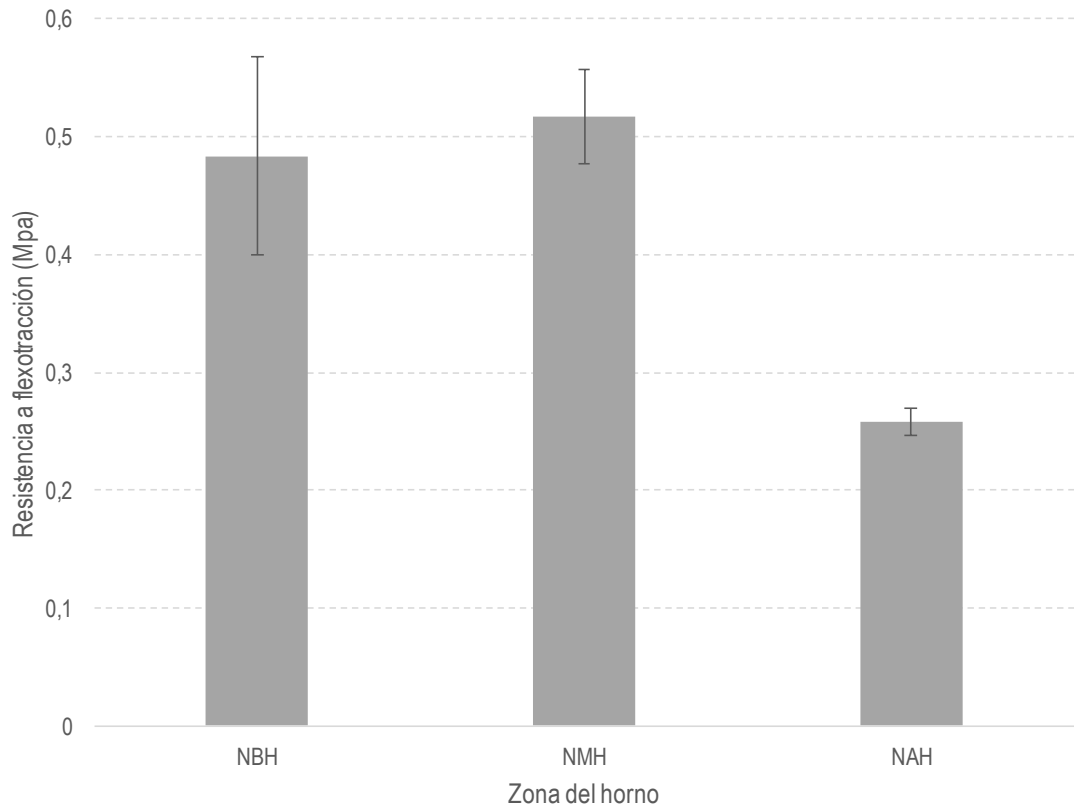


Figura 203. Resistencia a flexotracción de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete (NBH: zona baja o boca; NMH: zona media; NAH: zona alta o caramullo) (valor promedio con su correspondiente desviación media).

Los resultados del análisis a deformación de las muestras (Figura 204) han reflejado una menor elasticidad en la muestra preparada con el material procedente de la zona media del horno (NMH), con un valor de deformación de $\sim 0,05$ mm/mm, sugiriendo por tanto una muestra más rígida que admite una menor deformación hasta la rotura.

La relación entre resistencia y deformación de las muestras (Figura 205) que determina la elasticidad del material (σ/ϵ) ha mantenido la tendencia observada en las muestras preparadas con yeso cocido en el horno de mufla, con un valor de deformación más elevado para la muestra que presentó una mayor resistencia a flexotracción (NMH).

No obstante, los valores reflejados del módulo de elasticidad parecen contradecir a los aportados por Soroka y Sereda (1968) en lo concerniente a la relación inversa entre este parámetro y la porosidad.

Lewry y Williamson (1994) determinaron que la resistencia y la rigidez, debido al esqueleto de cristales entrelazados (Mikhail y Malek, 1971), depende del tamaño y forma de los cristales, la fuerza de unión entre cristales, y la cantidad de espacio vacío en el material fraguado originado por el exceso de agua (es decir, una mayor porosidad). Los cristales con morfología de aguja del dihidrato experimentan una nucleación y precipitan, creciendo rápidamente para formar una masa cristalina entrelazada (Anderson, 1976). La resistencia y una mayor fuerza de unión entre cristales está asociado a un hábito cristalino de agujas cortas y gruesas. Una mayor velocidad de precipitación del hemihidrato β produce un crecimiento más rápido del cristal de manera uniaxial, lo que disminuye su resistencia (Lewry y Williamson, 1994).

Este efecto podría haber ocurrido en la muestra NMH como consecuencia de su menor tamaño de cristalito frente a las muestras NBH y NAH, lo que se traducen en un incremento de su superficie específica y un aumento de la reactividad.

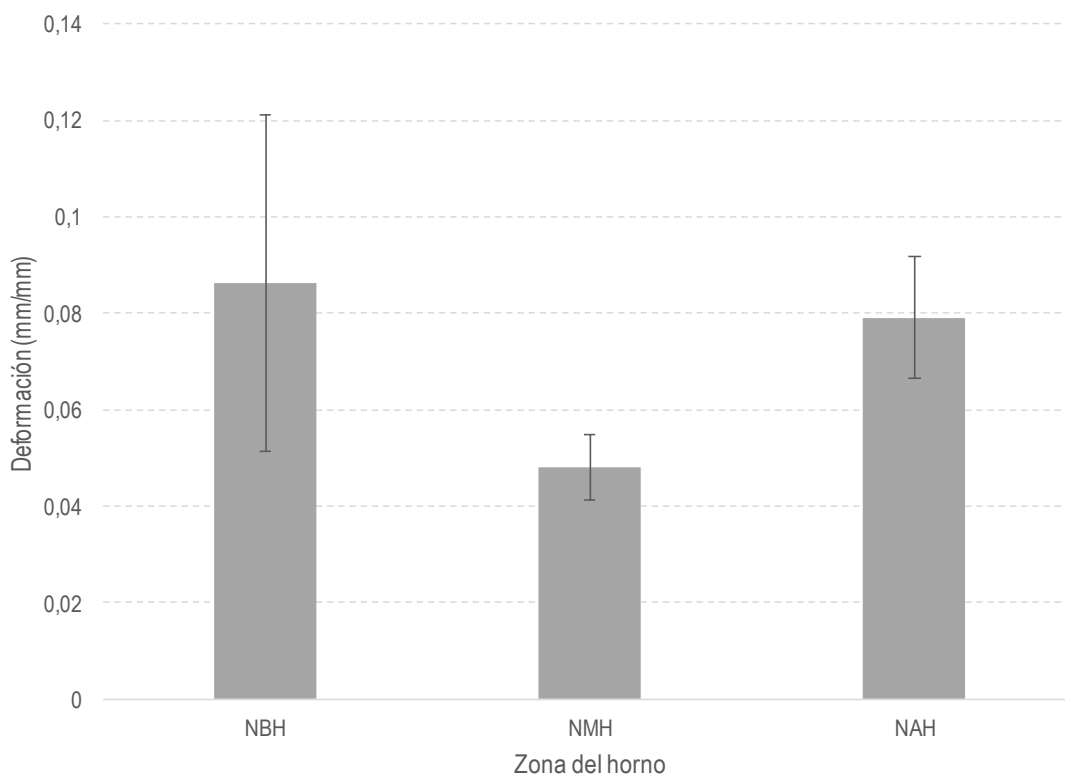


Figura 204. Deformación a flexotracción de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete (NBH: zona baja o boca; NMH: zona media; NAH: zona alta o caramullo) (valor promedio con su correspondiente desviación media).

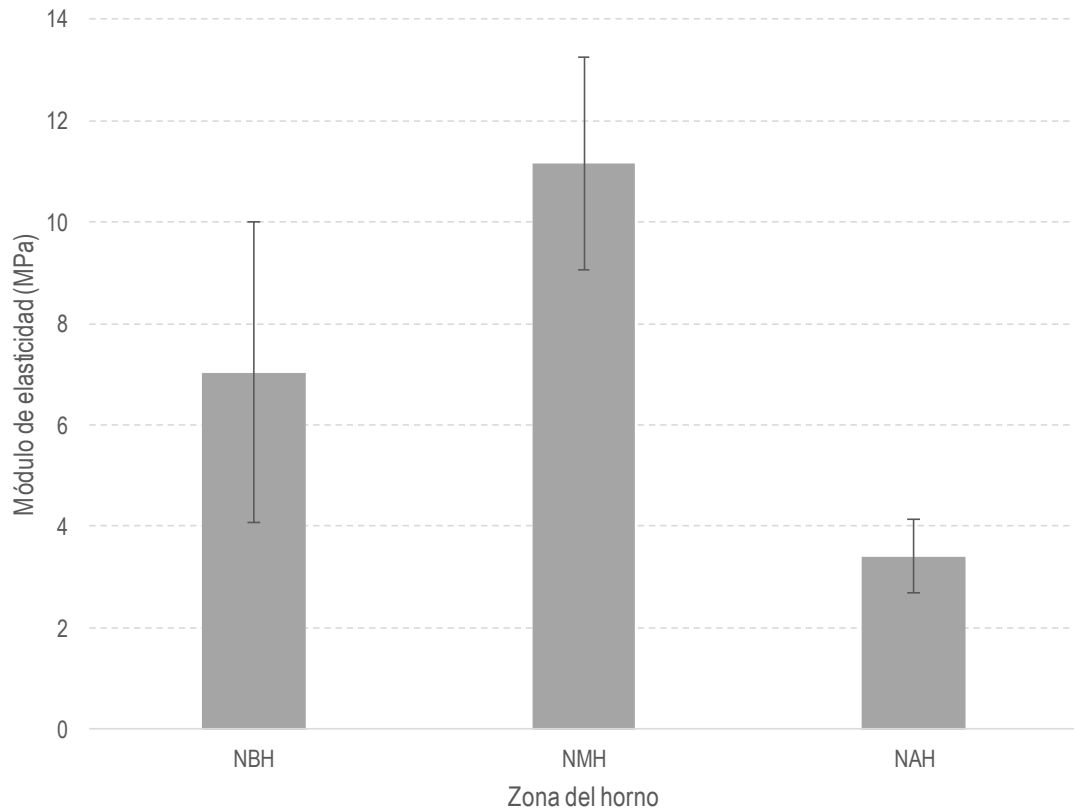


Figura 205. Módulo de elasticidad (σ/ϵ) a flexotracción de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete (NBH: zona baja o boca; NMH: zona media; NAH: zona alta o caramullo) (valor promedio con su correspondiente desviación media).

7.3.5.5. Ensayo de resistencia mecánica: compresión de las muestras cocidas en los hornos tradicionales tras la hidratación

Los valores de resistencia a compresión de las muestras analizadas oscilaron entre 2,0 y 3,7 MPa. En concreto, los valores de las muestras NMH y NBH fueron más cercanos a los de las muestras T350-T400 procedentes del horno de mufla (~4,5 MPa y ~3,5 MPa, respectivamente), siendo ligeramente inferiores, entre ~3,7 MPa y ~3,5 MPa (Figura 206). La muestra NAH, cuya temperatura de cocción en el horno fue de unos ~500°C según lo que se ha podido concluir con los análisis previos, presentó una resistencia a compresión notablemente inferior (~2 MPa).

Aunque los resultados son menores a los esperados (posiblemente debido a la deshidratación rápida de las muestras) son suficientemente aptos para resistir la mayoría de cargas transmitidas en una estructura tradicional como murallas, bóvedas, arcos de descarga, columnas y otras aplicaciones estructurales, que no suelen requerir de resistencias mayores a 0,5 MPa.

Queda nuevamente establecida la correlación entre la resistencia mecánica y el contenido de yeso formado tras la hidratación. El valor más elevado se corresponde con la muestra de la zona

media (NMH), que obtuvo el mayor contenido de yeso tras la hidratación (55%), y se sitúa en $\sim 3,7$ MPa, mientras que el valor más bajo pertenece a la muestra de la zona alta (NAH), que obtuvo el menor contenido de yeso (25%), y se sitúa en $\sim 2,0$ MPa. Estos valores son ligeramente inferiores a los alcanzados en el horno de mufla.

Estos hechos, ya comprobados en el ensayo de resistencia a flexotracción, concuerdan con la relación positiva entre una mayor resistencia mecánica y un mayor contenido de yeso formado tras un tiempo de fraguado más prolongado, según apuntan otros autores (Arredondo, 1980; Singh y Garg, 1996; Karni y Karni, 1995; Vegas et al., 2012).

Por lo tanto, y en la línea de los resultados obtenidos de las últimas investigaciones referentes al comportamiento mecánico de los yeso tradicionales (Elert et al., 2023b), la presente investigación constata que un tiempo de fraguado más prolongado podría contribuir a un mejor comportamiento mecánico de los morteros de yeso tradicionales (como el buen resultado que ofreció la aplicación experimental sobre el paramento de los hornos en el apartado 6.3.2.1), junto con adiciones de basanita que favorecieran la formación de una matriz de yeso entrelazada para obtener una mejor resistencia mecánica a corto plazo.

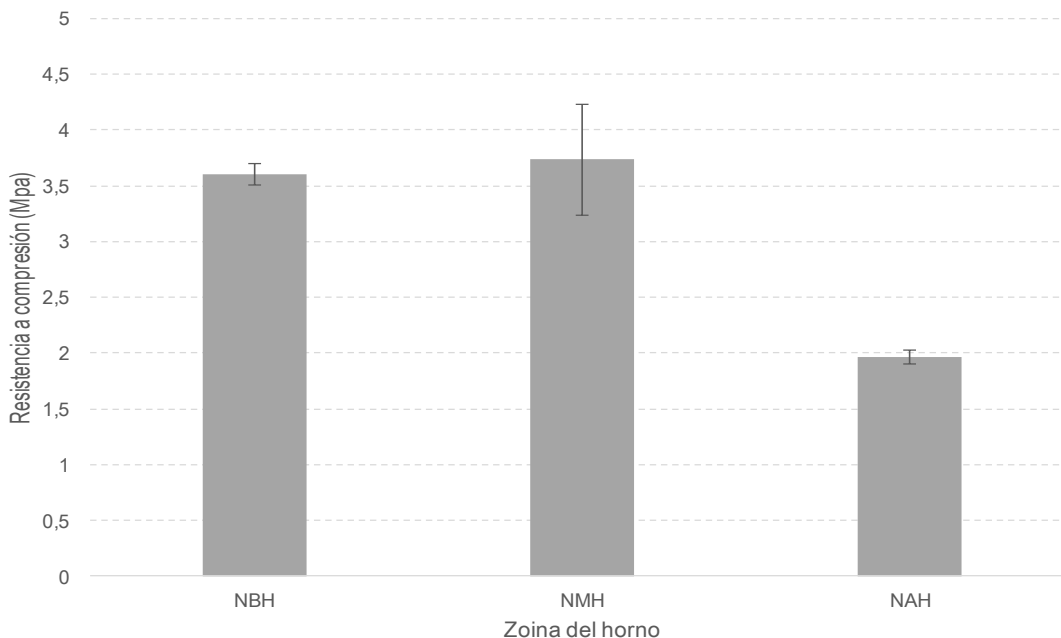


Figura 206. Resistencia a compresión de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete (NBH: zona baja o boca; NMH: zona media; NAH: zona alta o caramullo) (valor promedio con su correspondiente desviación media).

Las muestras preparadas con yeso procedente del horno tradicional de Navarrete presentaron la misma tendencia en la deformación al ensayo de compresión que se observó en el ensayo a

flexotracción (Figura 207). Este hecho parece indicar que la composición mineralógica de las muestras y la microestructura del material hidratado ofrecen un comportamiento equivalente frente a distintos esfuerzos mecánicos (tanto flexotracción como compresión).

Las muestras NBH y NAH ofrecieron una deformación equivalente a las muestras H300 y H350 ($\sim 0,12-0,15$ mm/mm). Se detectó la misma tendencia para la muestra NMH, que reflejó una deformación notablemente inferior ($\sim 0,08$ mm/mm), lo que implica una mayor rigidez de la muestra.

La muestra NMH, que contenía un mayor contenido de basanita tras la cocción (30% en peso), debido a su menor tamaño de cristalito (y consecuentemente una mayor superficie específica y reactividad), puede haber conducido a una mayor velocidad de precipitación produciendo un crecimiento más rápido del cristal de manera uniaxial (Lewry y Williamson, 1994), produciendo una mayor rigidez y una menor deformabilidad.

El estudio del módulo elástico de las diferentes muestras arroja unos valores que refuerzan esta afirmación. El valor más elevado ($\sim 49,6$ MPa) se obtuvo en la muestra NMH, que implica una mayor rigidez, y es coincidente con los resultados observados de deformación para las muestras sometidas a flexotracción.

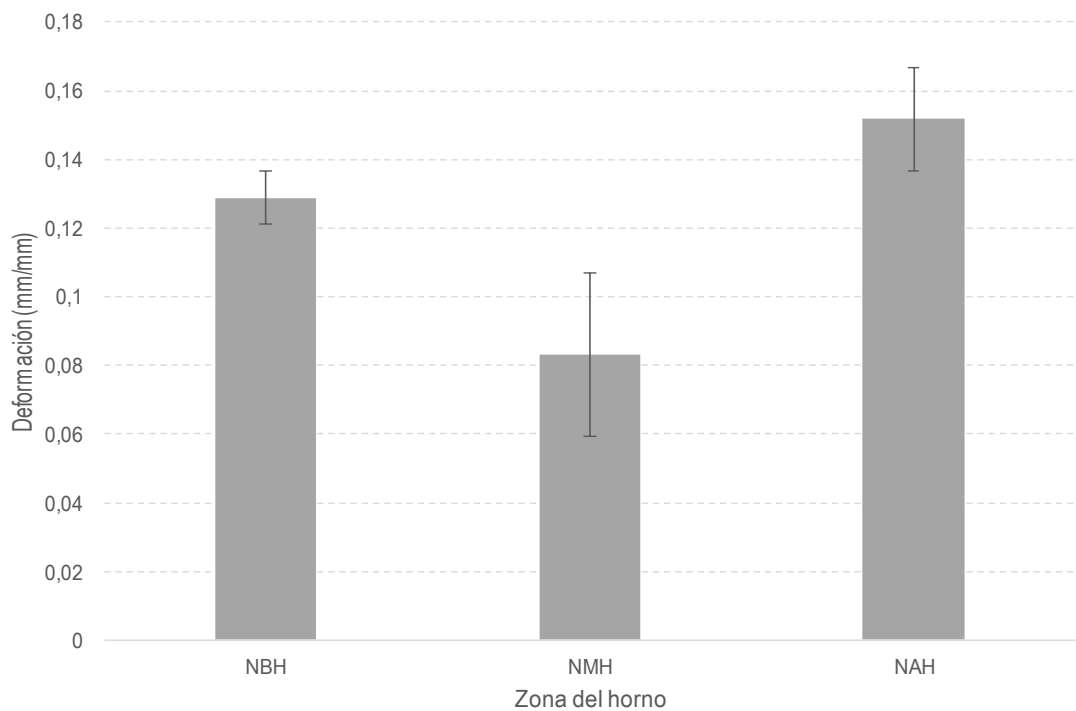


Figura 207. Deformación a compresión de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete (NBH: zona baja o boca; NMH: zona media; NAH: zona alta o caramullo) (valor promedio con su correspondiente desviación media).

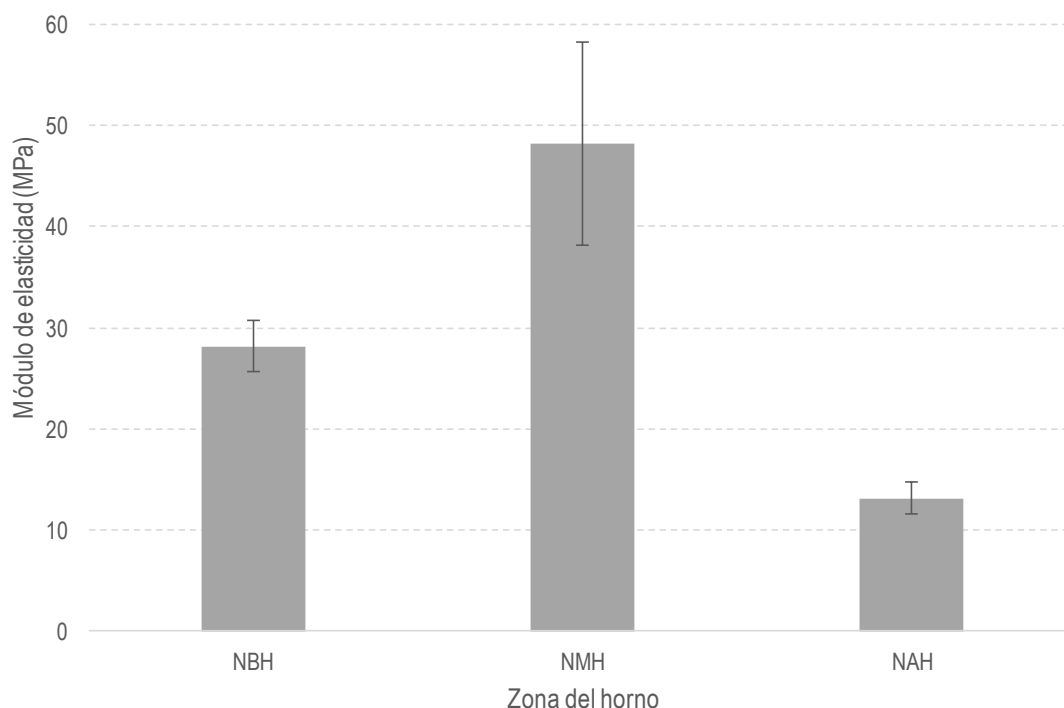


Figura 208. Módulo de elasticidad (σ/ϵ) a compresión de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete (NBH: zona baja o boca; NMH: zona media; NAH: zona alta o caramullo) (valor promedio con su correspondiente desviación media).

En conclusión, la composición mineralógica de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete pareció haber sido el factor decisivo en su comportamiento mecánico, revelando una pauta muy similar para el ensayo de flexotracción y el de compresión.

En concreto, la retardada hidratación de la anhidrita II durante los 7 días de curado ha ocasionado un peor comportamiento en estas muestras, frente a las muestras preparadas con material procedente de la cocción controlada a más baja temperatura que experimentaron en unos casos una hidratación completa (H250).

No se ha podido establecer una correspondencia que relacione la resistencia mecánica ni la deformación con la porosidad de las muestras.

La capacidad de deformación y el módulo de elasticidad observadas en los ensayos ponen de manifiesto una relación inversamente proporcional a las resistencias mecánicas, y dado que los valores de resistencia mecánica, aspecto muy importante para ser tenido en cuenta, debido a que en edificios históricos o incluso en aplicaciones de grandes superficies (paramentos y pavimentos) o incluso fachadas con grandes dilataciones-contracciones por efecto de la

incidencia solar (dilataciones térmicas) un material deformable puede ser más duradero que otro más resistente mecánicamente.

7.3.5.6. *Ensayo de dureza superficial de las muestras cocidas en los hornos tradicionales tras la hidratación*

El ensayo de dureza superficial no ofreció unos resultados concluyentes para las muestras AAH y ABH, ya que en general casi todas las repeticiones para estas muestras estuvieron por debajo de 170 (el valor admitido para este ensayo (Akbay y Ekincioğlu, 2022)). Esta observación refuerza la escasa cohesión ofrecida por estas muestras durante su desmoldado.

Las muestras NBH, NMH y NAH reflejaron una dureza superficial de ~220, inferior a las muestras H300-H350 (que comparten una composición mineralógica similar). En cambio, la dureza superficial se situó más cercana a la ofrecida por las muestras H200-H250.

En general, se ha establecido que una mayor porosidad ocasiona una menor dureza superficial (Soroka y Sereda, 1998; Blasco-López y Alejandro Sánchez, 2013). Sin embargo, no se ha podido detectar esta relación, ya que muestras con valores de porosidad muy diferentes (~40%) han reflejado valores de dureza superficial prácticamente idénticos.

Se ha podido comprobar que cantidades de yeso sin cocer o anhidrita II tienen un efecto positivo en la dureza superficial, ya que actuaron como un árido inerte. Al contrario, en estas muestras no se ha detectado tal contribución a la dureza superficial por parte de la anhidrita II presente en las probetas tras la hidratación (las probetas ABH, AMH y AAH presentaron un contenido de anhidrita II de $\geq 95\%$ en peso; las probetas NBH, NMH y NAH tenían un contenido de anhidrita II de 55%, 45% y 75% en peso, respectivamente).

Esta observación es coherente con los datos de Vegas et al. (2012), que indicaban que una hidratación retardada en la anhidrita II podría ocasionar una disrupción de la matriz de yeso entrelazada formada originalmente. Sin embargo, las últimas investigaciones que han profundizado en este aspecto apuntan a que en el caso concreto de las probetas de yeso tradicional tanto la anhidrita II como el yeso sin calcinar tienen un efecto disruptivo en la matriz, reduciendo la resistencia mecánica de las probetas, pero generando grandes placas que mejoraron el comportamiento a la dureza superficial (Elert et al., 2023b).

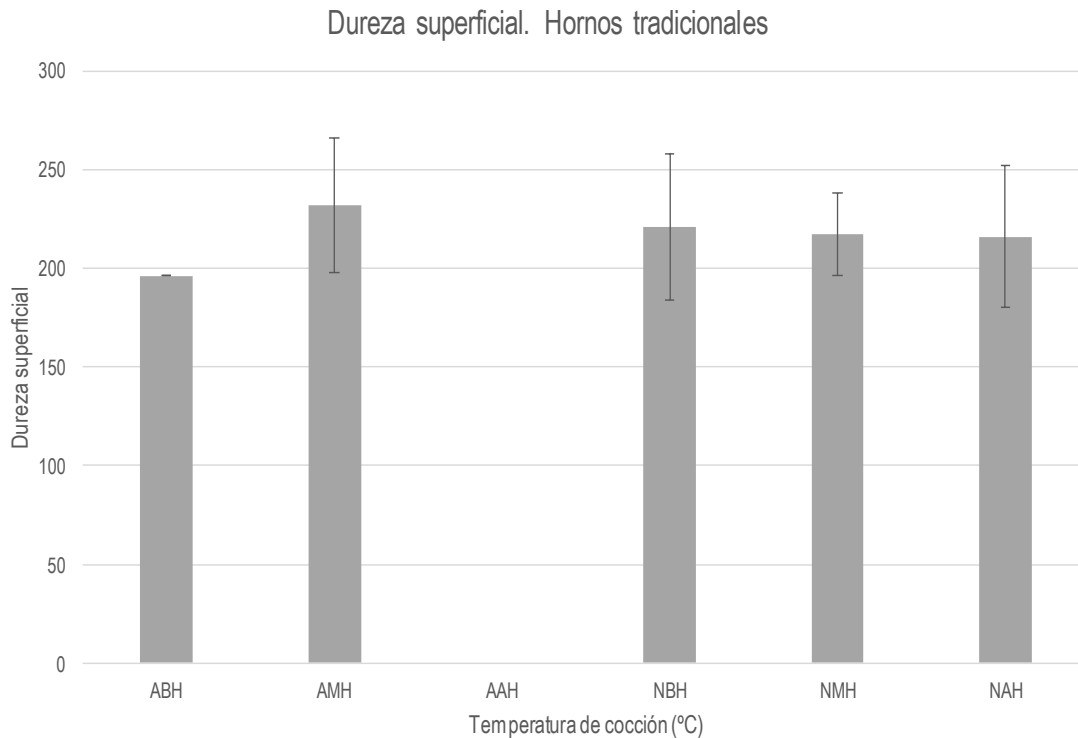


Figura 209. Dureza superficial de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido a diferentes temperaturas (ABH: Albarracín boca; AMH: Albarracín medio; AAH: Albarracín alta o caramullo; NBH: Navarrete boca; NMH: Navarrete medio; NAH: Navarrete alta o caramullo) (valor promedio con su correspondiente desviación media).

7.3.5.7. Ensayo de desgaste hídrico acelerado: “waterspraying” de las muestras cocidas en los hornos tradicionales tras la hidratación

Las probetas elaboradas con el yeso hidratado procedente de las cocciones experimentales se sometieron al ensayo de desgaste hídrico acelerado (Figura 210). Al igual que como sucedía en los ensayos de resistencia mecánica, las muestras preparadas con yeso procedente del horno de Albarracín no permitieron obtener un material suficientemente cohesionado como para poder desmoldar las probetas, por lo que solamente se presentan resultados para el horno de Navarrete.

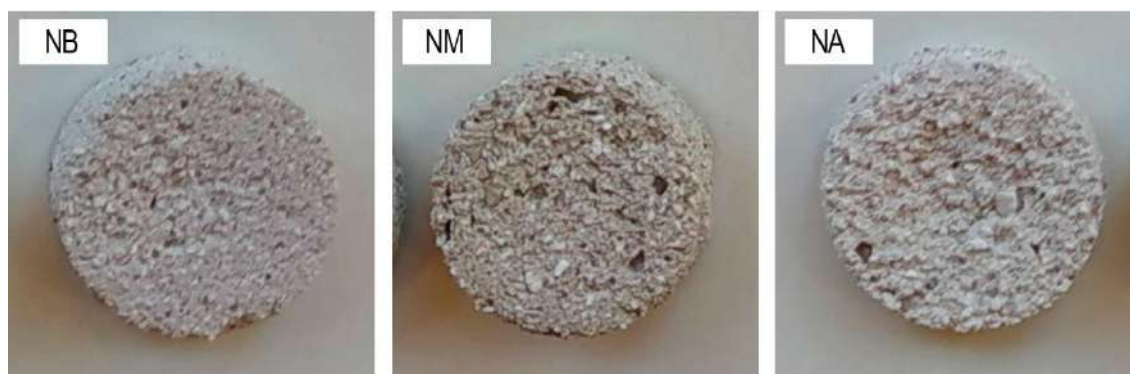


Figura 210. Muestras de los hornos tradicionales en formato “disco” de 2,5 cm de diámetro y 0,5 cm de grosor, tras el ensayo de aspersión de agua (NB: Navarrete boca; NM: Navarrete medio; NA: Navarrete alta o caramullo).

Se pudo detectar una correlación clara entre el contenido de yeso de las muestras formado tras la hidratación y la resistencia al desgaste hídrico acelerado.

Las muestras NMH y NBH reflejaron una menor pérdida de peso (~16%), que presentaron un contenido más elevado de yeso tras la hidratación (55% y 45%, respectivamente). Este hecho refuerza los valores obtenidos en el ensayo de la muestra H300, que sugiere que una cantidad de anhidrita II de ~40%, al tener más baja solubilidad que el yeso, puede compensar el menor contenido de aglutinante (Klimchouk, 1996).

La muestra NAH, que contenía un 75% de anhidrita II tras la hidratación, presentó una pérdida de peso considerablemente mayor (~29%), que es coincidente con la tendencia detectada para las muestras H350 y H400. Este hecho confirma que existe un límite en el contenido de anhidrita II para el cual ya no implica una mejora en la resistencia al desgaste hídrico.

Los resultados obtenidos en este ensayo de desgaste hídrico acelerado están relacionados con los valores reflejados de resistencia mecánica a flexotracción y compresión, puesto que la muestra NAH, que presentó unos valores significativamente menores de resistencia, sufrió una mayor pérdida de peso por desgaste hídrico. Probablemente, la elevada cantidad de anhidrita II sin hidratar en esta muestra (75% en peso) y el poco contenido de yeso recién formado tras la hidratación (25% en peso) fueron responsables de esta disminución de la resistencia al desgaste hídrico.

Por último, no se ha podido establecer una clara relación entre la porosidad y la resistencia al desgaste hídrico de las muestras. Aparentemente, la muestra NMH debería haber reflejado la mayor pérdida de peso debido a su elevada porosidad.

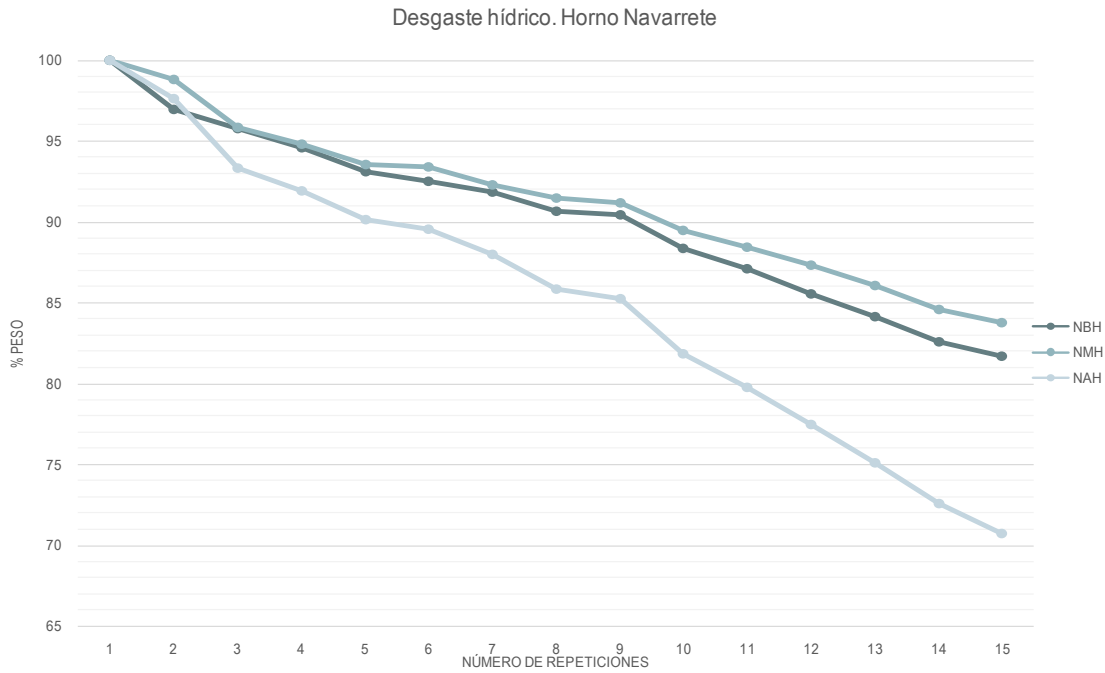


Figura 211. Pérdida de peso en porcentaje de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete, tras 21 días transcurridos (NBH: parte baja o boca; NMH: parte media; NAH: parte alta o caramullo). Los valores medidos se corresponden con los puntos en los gráficos. La curva mostrada en el gráfico es una extrapolación de estos valores sin descontar ni considerar el ganancia de peso producido durante el ensayo debido a la hidratación completa de la anhidrita.

Tabla 36. Pérdida de peso en porcentaje de las muestras hidratadas preparadas con yeso cocido en el horno tradicional de Navarrete, tras 21 días transcurridos (NBH: parte baja o boca; NMH: parte media; NAH: parte alta o caramullo) El resultado ya ha sido recalculado considerando la ganancia de peso de las muestras por la hidratación de la anhidrita durante el ensayo.

Muestra	Pérdida de peso total (%)
NBH	18,3±0,1
NMH	16,3±0,6
NAH	29,3±0,1

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS

Esta investigación ha servido, entre otros objetivos, para ayudar a romper o difuminar la barrera de comunicación entre la comunidad científica y la sociedad, mediante actividades que han favorecido la transferencia de los conocimientos desarrollados sobre el yeso tradicional.

En este enfoque, la materialización de los resultados tangibles ha permitido servir como un ejemplo visible, y que unido a distintos canales de difusión: charlas, ponencias, cursos, talleres y jornadas activas, entrevistas, participación en reportajes de prensa y televisión local, etc., posibilita que el conocimiento adquirido sobre el yeso tradicional a partir de la investigación científica esté disponible para los actores intervinientes en la toma de decisiones de las obras, para el conjunto de la sociedad y también en los ámbitos particulares.

Esta transferencia de conocimientos desde el ámbito científico se ha organizado desde un enfoque multidisciplinar para poder alcanzar al mayor número de personas posible y con temáticas y grados de desarrollo de la información adaptadas al tipo de público. En este sentido se distinguen tres canales de difusión según el ámbito al que va dirigido:

- **Ámbito universitario:** Organización de charlas, conferencias, jornadas. Contribuciones en congresos, cursos. Difusión en aulas universitarias dirigidas a los alumnos de los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica de Granada, así como el Máster Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico de la Universidad de Granada.
- **Ámbito profesional:** acercando la información a los Arquitectos y Arquitectos Técnicos Colegiados y en activo a través de cursos organizados en los Colegios Oficiales tanto de Arquitectos como de Arquitectos Técnicos, además de publicaciones en libros de acceso habitual para los perfiles técnicos.
- **Ámbito social/ciudadano:** Más de 500 alumnos han recibido formación directa a través de un gran número de cursos, talleres y jornadas de difusión y formación, incluyendo itinerarios guiados por municipios. Son actividades que han sido organizadas para todo tipo de público siendo en su mayoría gratuitas.

El listado detallado de las actividades realizadas queda recogido en el Anexo VI, pero la repercusión de la difusión de esta transferencia de conocimientos cobra un impacto mucho mayor al calculable objetivamente, debido a la intensa presencia en medios de comunicación como prensa, radio o televisión local, recogido en el Anexo VII.

CONCLUSIONES

Esta extensa investigación ha permitido dar un paso muy significativo en el proceso de conocimiento y entendimiento del yeso tradicional como material de construcción en la arquitectura, resolviendo satisfactoriamente los cuatro Objetivos Específicos planteados a través de un exhaustivo análisis realizado con una metodología concreta, multidisciplinar y específica para cada uno de los objetivos planteados. Tras este proceso, se han generado unos resultados que se estudian desde un enfoque transversal en las presentes conclusiones, verificando el gran abanico de posibilidades que este material puede ofrecer en el campo de la arquitectura, y especialmente en el ámbito de restauraciones e intervenciones en el Patrimonio.

Para este estudio, se ha realizado una revisión bibliográfica y estudiado un incalculable volumen de publicaciones, de las que se han seleccionado y utilizado directamente en el trabajo 116 publicaciones locales (de accesibilidad limitada y un enfoque más etnográfico que científico) y 378 publicaciones científicas. Además, se ha realizado un intenso trabajo de campo que ha consistido en visitas a los 150 municipios de la Comunidad Autónoma de Aragón que han formado parte del presente estudio; visitas a 61 antiguas canteras; entrevistas semiestructuradas a 88 trabajadores, fabricantes y propietarios de canteras (actualmente en funcionamiento y antiguas); y aplicaciones experimentales incluyendo 2 cocciones en hornos tradicionales y 10 ejecuciones de técnicas tradicionales con yeso en obras de rehabilitación y obra nueva.

Ante la diversidad de casuísticas de los municipios estudiados (poblacionales, económicas, climatológicas, geológicas, etc.), se ha demostrado una gran versatilidad y adaptabilidad del yeso como material de construcción (pavimentos, fachadas, en fábricas de ladrillo o tierra, e incluso en aplicaciones estructurales), posicionándolo como un material protagonista en la arquitectura tradicional en Aragón por encima de otros materiales tradicionales mucho más valorados y estudiados en la actualidad como la cal. Su utilización se ha identificado con independencia de la altitud, topografía, climatología del municipio, o de la edad geológica de los yacimientos.

Los resultados del trabajo de campo han permitido demostrar que el yeso tradicional se utilizó habitualmente en Aragón en exteriores, bien como elemento de revestimiento de fachadas con predominio en un 95% de los municipios estudiados en la arquitectura popular y un 75% en la arquitectura monumental, o en elementos decorativos, con un uso en el 75% de los casos estudiados en detalles de ventanas y huecos, y en más de un 40% en cornisas y detalles decorativos. Las múltiples fachadas y elementos decorativos de yeso documentadas durante las visitas de campo mantenían un estado de conservación relativamente bueno, conservando gran

parte del revestimiento original e incluso ornamental, pese a la evidente falta de mantenimiento, detectada en muchos casos.

También fue muy habitual la aplicación del yeso tradicional en interiores, usándose como revestimiento, en un 95% de los casos estudiados en la arquitectura popular y en un 70% en la arquitectura monumental. En el caso concreto de la arquitectura monumental, el yeso tradicional se utilizó además en elementos decorativos, con un uso en el 45% de los casos estudiados en detalles de ventanas y molduras de paredes y techos. El uso en pavimentos se ha documentado en más del 35% de municipios visitados en la arquitectura popular y en un 10% en la arquitectura monumental. Estos datos pueden encontrarse subestimados por la limitada accesibilidad al interior de los edificios durante las visitas de campo.

Las aplicaciones estructurales y en morteros también fueron muy habituales en el pasado, habiéndose documentado morteros de yeso para juntas de adobe en un 35% de los municipios, juntas en muro de piedra en un 65% de los municipios, forjados en un 45% de los municipios y pilares embebidos en muro en un 35% de los municipios.

En la utilización del yeso, se han podido documentar tendencias similares entre la arquitectura popular y la arquitectura monumental, que tan solo se desvirtúan mínimamente en los casos de los muros portantes y elementos decorativos. Debido a las posibilidades económicas e intencionalidad simbólica de la arquitectura monumental, le permitió introducir materiales nobles (como la piedra en sillares, mampuestos o ladrillos cerámicos) que no se encuentran disponibles para la arquitectura popular, minimizando los valores porcentuales, pero incrementando los valores en aplicaciones decorativas (en exteriores o interiores), que se detectaron en el 50% de los casos en la arquitectura monumental frente a un 5% de la arquitectura popular.

El yeso tradicional se utilizó en menor medida según la cercanía a afloraciones rocosas (que por lo general distan del carácter geológico sedimentario que requiere el proceso de formación del yeso). En el Pirineo y otras zonas montañosas, donde las construcciones están realizadas predominantemente con mampostería y vigas de madera, dada la amplia disponibilidad de estos recursos, el yeso se empleó con una demanda inferior, limitado su uso al rejuntado de piedras, pavimentos y revestimientos interiores y exteriores; en cambio, en áreas cercanas al valle del Ebro las afloraciones rocosas son casi inexistentes y la disponibilidad de madera es más escasa, por lo que el yeso tradicional se utilizó con mayor profusión para absorber usos propios de elementos estructurales (muros de carga, columnas, pilares, nervaduras, bóvedas y escaleras) además de mantener las aplicaciones anteriormente citadas en pavimentos y revestimientos interiores y exteriores. No obstante, algunas aplicaciones de yeso tradicional como los

revestimientos de fachada se han podido documentar tanto en exposiciones muy adversas a climas fríos y lluviosos en municipios del alto Pirineo hasta municipios de climas desérticos como Lanaja (Huesca), en pleno Desierto de Monegros, por lo que estos factores no parecen ser determinantes en la utilización del yeso tradicional, al menos en esta aplicación concreta.

La investigación realizada a través de la documentación bibliográfica histórica y el trabajo de campo mediante las visitas, entrevistas y aplicaciones experimentales, ha permitido establecer una hipótesis cronológica de la utilización y los cambios tecnológicos del proceso de fabricación del yeso tradicional en Aragón. Aunque varios asentamientos celtíberos, romanos y visigodos fueron localizados en proximidad directa a grandes afloramientos yesíferos, no se pudo documentar un uso significativo ni predominante del yeso tradicional. La eclosión y globalización del extenso uso del yeso como material de construcción parece haber estado directamente relacionado con la llegada de una gran cantidad de migrantes islámicos (procedentes especialmente de Oriente Medio y en concreto de descendencia yemení) a mediados del siglo X, con tal afluencia que se duplicó la población de Aragón con la intención de afianzar el control político-religioso, consolidar el islam, sofocar las rebeliones y levantamientos contra el poder musulmán ya establecido, por lo que en este periodo se establece un cambio radical en el que se importaron vestimentas, costumbres y técnicas constructivas, lo que supuso una ruptura con las tradiciones previas que seguían la herencia romana, y requiriendo de nuevos barrios y municipios que se construyeron según las técnicas constructivas y tradiciones importadas de sus lugares de origen, influenciando notablemente la tecnología de construcción, la arquitectura local y promoviendo enormemente las relaciones interculturales en todo el sur del Mediterráneo y el Cercano y Medio Oriente, donde el uso arquitectónico del yeso tenía una larga tradición predominante.

Respecto al proceso de fabricación del yeso tradicional en Aragón, y su evolución, partimos de que la primera referencia bibliográfica concreta al tipo de hornos y herramientas data de unos grabados del año 1570 de Juanelo Turriano, pero este eslabón aparentemente aislado contiene la suficiente información para establecer una hipótesis cronológica en la que parece asumible que la técnica de fabricación permaneciese inalterada desde el siglo XI hasta 1570, que se sostiene en: (I) en los grabados se mantenían las terminologías y apelativos de procedencia musulmana vinculada a los moriscos, (II) los sistemas de producción descritos en los grabados son coincidentes con los sistemas de producción existentes aun hoy en día en Oriente Medio. Y otra hipótesis cronológica se basa en la investigación bibliográfica y el trabajo de campo evidenciando fehacientemente que la tecnología y el proceso de fabricación documentado desde

1570 sufrió muy pocos cambios o ninguno en Aragón hasta comienzos de la segunda mitad del siglo XX (y que ha podido ser documentada minuciosamente como resultado experimental), concluyendo que en el 70% de los municipios investigados se mantuvieron el mismo tipo de horno, terminología y herramientas para la cocción. Este hecho implica también que la mayoría de los edificios estudiados en los municipios visitados y las muestras tomadas para su estudio fueron construidos con un yeso tradicional elaborado según la técnica documentada, por lo que la idoneidad, versatilidad y aptitud del yeso tradicional fabricado a través de la misma, están ampliamente contrastadas empíricamente.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, el continuo desarrollo tecnológico experimentado en Aragón afectó también al sistema de fabricación del yeso, introduciendo cambios en busca de la optimización productiva y el beneficio empresarial hasta su completa industrialización (proceso que continúa aun hoy en día con investigaciones en aditivos químicos), lo que dio lugar a un extendido uso de hornos rotatorios modernos y técnicas de procesamiento automatizadas, dejando olvidadas para las nuevas generaciones las técnicas tradicionales, y causando así una ruptura en la transferencia del conocimiento tradicional.

Se ha podido comprobar que los métodos de fabricación del yeso no evolucionaron de manera homogénea en los municipios aragoneses, y existieron factores relacionados con la demanda de yeso que fueron clave para la evolución de la tecnología del yeso. La demografía del entorno tuvo un papel importante en la aceleración de la industrialización y la innovación, así los entornos con mayor población y mejor comunicados por las vías de transporte sufrieron una mayor experimentación en nuevos procesos y tecnologías, y mayor tendencia a la pre-industrialización a partir de la década de 1940. Por el contrario, los municipios más alejados y con menor demanda, que permanecieron aislados por disponer de una accesibilidad limitada o precaria con malas carreteras o vías de comunicación, mantuvieron prácticamente intacto el proceso de elaboración hasta los años 70 y, por lo tanto, las visitas de documentación a las 61 antiguas canteras/yeserías permitieron obtener mucha información dado que los restos de la actividad todavía eran visibles. El caso más notorio es el municipio de Albarracín (Teruel), donde hoy en día, todavía continúa fabricando yeso artesanal a escala semiindustrial la última persona en España, siendo un yeso muy solicitado para intervenciones estructurales en el Patrimonio, pavimentos y revestimientos de fachadas.

El proceso de elaboración de yeso tradicional constaba de tres fases bien diferenciadas: extracción, cocción y trituración/molienda. Se pudo identificar que la extracción se realizaba en mayor medida en explotaciones de minas abiertas con extracción manual, utilizando barrenas y

picos junto con barrones para hacer palanca, aunque a partir de la década de 1930 se comenzó a introducir el uso de dinamitas y posteriormente maquinaria (retroexcavadoras, volquetes, etc.) que facilitaron notablemente la extracción y manipulación de las piedras de yeso.

La cocción se llevaba a cabo generalmente en dos tipologías de hornos: el horno circular (tipo A) y el rectangular (tipo B), aunque fue este último el más usado en la mayoría de los municipios. Durante la década de 1940 se comenzó a experimentar con hornos de mayor tamaño y materiales más resistentes al fuego, hasta llegar al desarrollo de los hornos cilíndricos rotatorios, lo que provocó un drástico descenso en la rentabilidad de los primeros. Se ha podido constatar que la cocción tradicional, generalmente duraba entre 12 y 14 horas, se producía a una temperatura superior a 1.100°C, y lo más frecuente fue el empleo de leña de arbusto como material de combustión (principalmente aliaga). Generalmente se utilizaba una relación de 1:3 entre el material de combustión y la piedra sin cocer colocada en el horno. Naturalmente, la industrialización de los métodos tradicionales también obligó a cambiar el material de combustión, comenzándose a introducir carbón de baja calidad colocado por tongadas, lo que permitía una cocción completa de toda la carga del horno sin necesidad de mano de obra destinada a suministrar constantemente combustible, hasta dar paso al gas, combustible más frecuente en la actualidad.

En el proceso tradicional, era crucial asegurar un adecuado grado de cocción para facilitar la molienda o triturado. Sin embargo, resultaba prácticamente imposible obtener un material homogéneo debido a que la temperatura que se alcanza en el interior de un horno tradicional no es homogénea, por lo que las piedras de yeso pueden alcanzar diferentes grados de cocción dependiendo de su ubicación en el horno y de su grosor, pudiéndose producir una cocción incompleta en el interior de las piedras más grandes de yeso, además de la influencia de la acción de las llamas y el efecto chimenea.

Por ello, determinar el final de la cocción era un trabajo crucial. Tras finalizar la cocción, el material resultante se dejaba enfriar durante 3-7 días para su posterior triturado, por métodos manuales, usando mazos de madera, "algaderas", rulos y carros hasta la aparición de las trituradoras mecánicas. Uno de los factores más decisivos en el proceso de industrialización del yeso fue la implementación de trituradoras mecánicas, que facilitaban el triturado del yeso aunque tuviese un grado de cocción menor. El cribado se realizaba manualmente con tamices de 6 mm, y el producto obtenido tenía una granulometría heterogénea y sensiblemente variable, con presencia de partículas finas y algunas gruesas que exigían un segundo cribado en algunas aplicaciones específicas (como revestimientos con espesores inferiores a 2 cm) para evitar

generar “cometas”, que son unas marcas similares a rayas producidas por el efecto de la presión con la llana al arrastrar las partículas más gruesas del yeso.

Se trataba de un producto multifásico que contenía principalmente anhidrita, pequeñas porciones de basanita y trazas variables de minerales accesorios que incluían cuarzo, calcita y minerales arcillosos (ilita). La industrialización del proceso del yeso tuvo un efecto drástico en la calidad final del yeso, dando como resultado un producto homogéneo y de grano fino que contiene principalmente basanita.

Las aplicaciones experimentales en obra con yeso tradicional realizadas durante todo el proceso de investigación conforman una fase de la investigación que se inició en 2016 con las dos cociones tradicionales en Navarrete del Río (Teruel), pero que ha continuado activa hasta la redacción misma de este trabajo y que seguirá prolongándose en el futuro con el rigor científico propio de la presente investigación, obteniendo, entre otras, cuatro importantes aportaciones: (I) documentar minuciosamente el proceso de aplicación, preservando el conocimiento de los “maestros artesanos” en las dosificaciones y el proceso de aplicación; (II) datos de rendimientos de trabajo, tiempos de aplicación y valores de viabilidad económica que permiten enriquecer las bases de datos actuales, para rellenar la gran laguna en los técnicos a la hora de proyectar posibilitando la utilización del yeso tradicional en obra pública; (III) contradecir de manera notable la formación impartida según los planes académicos con los que se forma en la actualidad a los actores intervinientes en la arquitectura y la rehabilitación, en la creencia de que el yeso es solo apto para revestimientos interiores, desaconsejando su uso en exteriores, pavimentos y aplicaciones estructurales, generando una desconfianza hacia este material y errando en la base formativa que tanto pone en riesgo la preservación de nuestro Patrimonio; y (IV) favorecer que la sociedad, los planes académicos y las normativas reconozcan correctamente el papel que el yeso tradicional desempeñó en el pasado y puede desempeñar hoy en día en la arquitectura.

Uno de los factores que afecta en mayor medida a la calidad final de la aplicación de yeso ya hidratado y colocado en obra es la relación de amasado agua/yeso, que se ha constatado habitualmente entre los 0,5 y 0,65 en volumen (correspondiente a 0,44 y 0,58 en peso, respectivamente), en función del tiempo de aplicación y según la experiencia del aplicador, ya que, por lo general, los aplicadores lo consideran como un factor poco trascendente en las propiedades finales. Sin embargo, es un aspecto muy importante puesto que una pequeña cantidad de agua puede resultar en una hidratación incompleta, mientras que una excesiva cantidad provoca una elevada porosidad. Por este motivo, resulta fundamental estandarizar un sistema de amasado que garantice la homogeneidad final y la adecuada relación agua/yeso

posible, adaptando entre otros factores los horarios de trabajo para evitar las horas de alta exposición solar, lo que requeriría incrementar la cantidad de agua.

El estudio de los rendimientos de trabajo y tiempos de aplicación mostró que algunas técnicas ejecutadas con yeso tradicional, como la escalera tabicada y la bóveda de yeso-paja, resultaron ser más ventajosas económicamente que las alternativas contemporáneas, mientras que otras aplicaciones, como los pavimentos de yeso, los revestimientos de fachada o los rejuntados de ladrillo, obtuvieron costes similares.

Además de los aspectos económicos, durante el proceso de toma de decisiones sobre los materiales a utilizar pueden existir otros criterios en los que el yeso tradicional ofrece ventajas, como la concienciación ecológica que el yeso ofrece por su escaso impacto ambiental (el yeso requiere una menor temperatura de cocción, no libera CO_2 durante la deshidratación para formar basanita ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) y/o anhidrita (CaSO_4), el proceso de molienda precisa de una menor energía y su reciclaje es relativamente sencillo por calcinación). Criterios estéticos, de confort, funcionales, higrotérmicos o la búsqueda de mantener la identidad constructiva local; y otros propios de las intervenciones de rehabilitación, como la compatibilidad de los materiales y la integración.

Las referencias bibliográficas existentes en la actualidad acerca de las propiedades físico-mecánicas del yeso tradicional son reducidas, aunque se está acelerando el interés por este material en los últimos años, y recientemente unos pocos autores han contribuido y aportado datos a esta casuística. Sin embargo, hasta el momento no se habían realizado estudios sistemáticos que relacionen la composición mineralógica con características texturales (porosidad, morfología y grado de entrelazamiento de los cristales, tamaño de cristalito y presencia de fases no hidratadas) y el rendimiento del yeso (dureza y resistencia al desgaste hídrico).

Para llenar este vacío y relacionar los resultados sobre la tecnología del yeso combinado de la investigación, mejorar el conocimiento actual sobre la tecnología del yeso y permitir la futura formulación de morteros y revoques de conservación compatibles a base de yeso se ha desarrollado el último objetivo de la presente investigación que se centra en evaluar la influencia de la temperatura de cocción en la evolución textural y mineralógica del yeso natural calcinado y sus productos de hidratación, considerando la posible formación de fases hidráulicas. De esta manera, resulta muy útil combinar los resultados de las técnicas analíticas desarrolladas en laboratorio con la información obtenida durante el trabajo de campo.

En la presente investigación se han analizado muestras extraídas de canteras tradicionales, pertenecientes a afloramientos yesíferos cercanos al municipio de Navarrete del Río (Calamocha, Teruel). En los yesos extraídos de la cantera histórica y que se emplearon para la cocción, se podía identificar visualmente la presencia de minerales accesorios en las vetas siguiendo los planos de sedimentación. Sin embargo, la composición mineralógica determinó la presencia de yeso (>90% en peso), sin apenas minerales accesorios, como cal o arcillas, en proporción suficiente como para poder generar unas fases y/o propiedades hidráulicas significativas en el producto final, lo que difiere con las hipótesis aportadas por otros autores.

La monitorización de las cocciones experimentales “in situ” en los hornos tradicionales muestra que la distribución de temperaturas en el interior es muy diversa y heterogénea (entre 250 y 1.100°C) con una distribución que no guarda una relación lineal de distribución de calor con el foco emisor, y de la cual a la piedra de yeso penetra una temperatura efectiva equivalente a una cocción que oscila entre los 200°C y los 800°C, resultando en un producto multifásico.

Las cocciones en laboratorio, realizadas a temperatura controlada revelaron que los resultados del producto multifásico de los hornos tradicionales dependerán de la temperatura alcanzada y estarán compuestos por una fase predominante de yeso sin cocer en zonas de temperatura inferior a 150°C, mientras que a 200-250°C el material contiene principalmente basanita. La cocción a más de 300°C resulta en un elevado contenido de anhidrita II ($\geq 75\%$ en peso), y a más de 500°C la anhidrita II es la única fase presente.

Las mediciones del tamaño de cristalito (basados en los análisis DRX) resultaron útiles para evaluar el grado de sinterización de la anhidrita II, mostrando un sinterización pronunciada a más de 600°C, llegando hasta los 800°C según los confirmado en SEM y proporcionando información más precisa sobre la morfología del yeso según la temperatura de cocción (ya que los análisis DRX no permitieron discriminar mayor precisión de resultados por encima de la temperatura de 500°C). Estos resultados fueron decisivos para establecer relaciones y evidenciar que algunas piedras de yeso cocidas en el horno tradicional alcanzaron temperaturas de hasta 1.000°C.

Se ha podido comprobar que la composición mineralógica y el grado de sinterización de la anhidrita II de los yesos resultantes de la cocción influyen directamente sobre la cinética de hidratación, siendo más lento conforme aumenta la temperatura de cocción. Los ensayos realizados para promover la hidratación completa a largo plazo con el yeso procedente de la cocción controlada en el horno de mufla han proporcionado información adicional sobre la cinética de hidratación de las diferentes fases del yeso. Así, las muestras preparadas con yeso cocido a una temperatura de <250°C, con una relación agua/yeso de 0,6 en peso y curados en

condiciones de laboratorio, que contenían originalmente basanita, resultaron en una hidratación completa (>95% de yeso en peso) en menos de una hora, lo que generó una matriz entrelazada de cristales de yeso en su microestructura. Las muestras preparadas con yeso calcinado a 300-400°C, originalmente con un 70-80% de anhidrita II, lograron una hidratación limitada de anhidrita II en las primeras 24 horas, resultando en un contenido de 55-30% de yeso, respectivamente. En cambio, los yesos cocidos a más de 500°C tuvieron una hidratación muy limitada (<5% de yeso en peso) tras las primeras 24 horas. Sorprendentemente, incluso el yeso calcinado a 700°C, con un contenido de prácticamente el 100% en peso de anhidrita II, se hidrató finalmente, aunque tardó 40 días para obtener un 95% en peso de yeso. En cambio, el yeso material a 800°C, con una reactividad extremadamente baja como consecuencia de la sinterización, mostró que tras 2 meses de curado solamente se había alcanzado el 50% de la hidratación.

Esta influencia de la temperatura de cocción en la hidratación, produjo que como resultado, solo se pudieron obtener muestras de yeso coherentes con yeso calcinado entre 200 y 400°C, que contenían suficiente basanita para producir una matriz continua tras la hidratación en condiciones ambientales, y las muestras cocidas a temperaturas superiores a 400°C ocasionaron notables dificultades para poder elaborar las probetas con una resistencia suficiente que permitiese su manipulación durante el proceso de estudio a través de las técnicas analíticas, al igual que sucedió con el yeso obtenido del horno tradicional de Albarracín, debido al menor grado de hidratación que obtuvieron estas muestras, ya que todavía contenían un >95% de anhidrita II y no permitieron la formación de una matriz de cristales de yeso entrelazada.

Estos resultados demuestran que el material cocido en un horno tradicional dispone de la suficiente heterogeneidad de temperaturas alcanzadas que permite obtener un producto multifásico, donde una parte del material cocido a baja temperatura desarrolla un papel fundamental con la adquisición de resistencia en el corto plazo mediante un proceso de hidratación rápido propio de la basanita, pero las piedras cocidas a una mayor temperatura experimentan un proceso de hidratación lenta propio de la anhidrita, por lo que en una fachada, un pavimento que experimenta ciclos de lluvia o procesos de fregado periódicos posibilita una mejora de la hidratación completa en un menor tiempo. Y aunque los resultados muestran la prevalencia dañina del carácter disruptivo de la matriz cristalina establecida por la basanita, dada la heterogeneidad del material resultante en una cocción tradicional, se abren nuevas líneas de investigación evaluando pormenorizadamente si mayores cantidades de basanita podría generar

una matriz lo suficientemente resistente como para que la hidratación retardada de la anhidrita II resulte positiva en las propiedades finales.

Los estudios adicionales sobre la cinética de hidratación también demostraron que la presencia de cantidades muy bajas (1% en peso) de anhidrita II, y especialmente de yeso sin cocer (por una incorrecta cocción o por adiciones), aceleraron la hidratación de la basanita fomentando una cristalización por siembra, actuando no solamente como un mero agregado inerte. Por lo tanto, la presencia final de ambas fases (yeso sin cocer y anhidrita II) debería ser evitada si se requiriese de aplicaciones constructivas con un fraguado lento, pero beneficiosa en los casos que se desee un fraguado rápido a pesar de la reducción en la trabajabilidad y que se ha verificado un efecto adverso para la resistencia final.

La hidratación retardada de la anhidrita II fue la causa de la baja resistencia mecánica y resistencia a la intemperie (experimentada en las muestras preparadas con yeso cocido a más de 300°C) pero podría, al menos en parte, prevenirse prolongando el proceso de curado (por ejemplo, evitando un secado prematuro de las muestras) para facilitar la formación del aglomerante de yeso. El hecho de que la anhidrita II solo alcance una hidratación parcial en estos revoques conduce a un aumento de la relación agua/aglutinante, porque la anhidrita II sin hidratar actúa como un agregado. Esto explica por qué los albañiles experimentados a menudo ajustaban el contenido de agua de la pasta en el caso del yeso de alta cocción para obtener un yeso denso y resistente, que incluso podría mejorar con el tiempo debido a los continuos procesos de disolución-cristalización, lo que lleva a una formación adicional de yeso y provocando una reducción de la porosidad.

Se observó una mayor dureza superficial y resistencia al desgaste hídrico acelerado en presencia de grandes cantidades de anhidrita II (con un umbral admisible <50% en peso) y yeso sin cocer. Esto resultó sorprendente, ya que pequeñas cantidades de grandes granos de yeso sin cocer con morfología de placa parecían causar una disrupción en la matriz de cristales de yeso y tenían un efecto negativo en la resistencia mecánica y a la intemperie. Probablemente, los cambios morfológicos (por ejemplo, la presencia de más cristales con morfología de placa con una elevada relación de pico de Bragg 020/ $\bar{1}$ 21) inducidos por la presencia de yeso sin cocer fueron responsables de la mejorada dureza superficial, pero no contribuyeron a una matriz de yeso entrelazada, esencial para la resistencia mecánica a compresión y flexotracción y la resistencia a la intemperie. En el caso de la anhidrita II, la mejora de la dureza superficial probablemente estuvo relacionada con su mayor dureza Mohs (3-3,5) en comparación con la del yeso (2).

Esto sugiere que los materiales de construcción sostenibles podrían ser diseñados sustituyendo una parte importante de basanita por anhidrita, aunque las mejoras en la dureza superficial tendrían que ser equilibradas con la trabajabilidad y con la adición de ciertos componentes inorgánicos como el óxido de magnesio (MgO), que puede favorecer el retraso del fraguado mejorando la resistencia mecánica. Se plantea así una futura línea de investigación de materiales sostenibles basados en yeso con aditivos inorgánicos que ayuden a controlar el fraguado, aunque debe estudiarse en detalle ya que el magnesio conlleva riesgos como la formación de sulfato de magnesio (MgSO_4), que es una sal muy dañina.

La capacidad de deformación (módulo elástico) observadas en los ensayos ponen de manifiesto una relación inversamente proporcional a las resistencias mecánicas, y dado que los valores de resistencia mecánica (aunque han resultado menores a los esperados, posiblemente debido a la deshidratación rápida de las muestras) son suficientemente aptos para resistir la mayoría de cargas transmitidas en una estructura tradicional como murallas, bóvedas, arcos de descarga, columnas y otras aplicaciones estructurales, que no suelen requerir de resistencias mayores a 0,5 MPa, permite abrir una línea de investigación que no persiga únicamente materiales resistentes sino deformables y flexibles para adaptarse a los movimientos habituales de los edificios históricos o al estrés y resiliencia que sufren las fachadas o pavimentos debido a las dilataciones térmicas.

Sería aconsejable realizar estudios adicionales para evaluar el efecto de la hidratación retardada de la anhidrita II con respecto a posibles cambios de volumen (considerando el volumen molar un 60% mayor del yeso ($74,23 \text{ cm}^3/\text{mol}$) comparado con el de la anhidrita ($45,64 \text{ cm}^3/\text{mol}$) podría causar una expansión perjudicial o bien una densificación beneficiosa) en los morteros de yeso fraguados, y cómo estos cambios afectarán a la resistencia mecánica y a la intemperie con el tiempo.

El estudio de la evolución mineralógica tras la cocción y la hidratación, ha permitido distinguir entre el yeso sin cocer y el yeso recién formado tras la hidratación, debido a las diferencias en la relación de intensidad de pico de Bragg $020/\bar{1}21$ (teniendo el primero una relación de pico de 3,1-7,2, y el segundo de 1,0-1,1). La reducción de la relación de pico es consistente con la reducción de la superficie relativa de las $(0\ 1\ 0)$ caras debido a los cambios en el hábito cristalino de placa del yeso sin cocer a hábito acicular al yeso formado tras la hidratación. Además, se ha podido observar una clara relación entre el tamaño de cristalito de la anhidrita II y su temperatura de calcinación, generando un mayor tamaño de cristalito a temperaturas más elevadas, lo que podría ser útil para determinar la temperatura de los morteros y revocos de yesos históricos con

elevadas cantidades de anhídrita estudiando el tamaño de sus cristales. Podría ser un método para poder determinar la temperatura de cocción de los morteros históricos con alto contenido en anhídrita II, aunque se debería seguir investigando para determinar cómo influyen en el tamaño de cristalito los posibles procesos de disolución-precipitación.

Sería aconsejable realizar estudios adicionales enfocados en mezclas artificiales de fases de sulfato de calcio debería extenderse para lograr un mayor entendimiento relacionado con el efecto de las adiciones de yeso sin calcinar y anhídrita II, el desarrollo microtextural de los morteros fraguados y la morfología de los cristales de yeso.

Para este fin, podrían aplicarse técnicas adicionales analíticas, tales como microscopía confocal y mediciones de ángulo de contacto, para lograr una mayor comprensión en las propiedades de la superficie de los morteros, incluyendo rugosidad y humectabilidad. Los resultados del estudio propuesto podrían facilitar el diseño de mezclas optimizadas para aplicaciones específicas, incluidos materiales de restauración compatibles con materiales adecuados. porosidad y resistencia mecánica, y resistencia mejorada a la intemperie.

Dado que la predicción general para el año 2040 es que la demanda de yeso para la construcción se mantenga casi igual a los 57 millones de toneladas demandados en el año 2020, y la demanda para el uso en la agricultura se incremente 10 y 30 millones de toneladas, el sector de fabricación de yeso experimentará un auge que podría posibilitar la apertura de nuevas líneas de producción encaminadas a usos específicos, por lo que la investigación realizada desempeña un papel clave a través del desarrollo de los objetivos resueltos.

Esta investigación ha resultado pionera, profundizando en varios aspectos del yeso tradicional pues ha posibilitado la documentación y el estudio fidedigno del proceso de elaboración y aplicación en obra del yeso tradicional en un área extensa y representativa como es la Comunidad Autónoma de Aragón, aportando los estudios sistemáticos de sus características (composición mineralógica, la microestructura y la reactividad) relacionándolas con las propiedades mecánicas y la resistencia a la intemperie.

Por otro lado, los resultados tangibles representan un primer ejemplo de aplicación directa experimental de los resultados teóricos obtenidos, al permitir que la investigación realizada se materialice y perdure traspasando los límites del papel y de los textos, trascendiendo y promoviendo un impacto positivo en la curiosidad y transmisión efectiva del conocimiento a la sociedad, puesto que son aplicaciones que motivan un mayor interés por este material.

Muestra de este reconocimiento al interés y a la calidad del trabajo son los premios otorgados a algunas de las aplicaciones experimentales realizadas, habiendo realizado proyectos como el ganador del Primer Premio Terra Ibérica 2019; ganador del Premio Construcción Sostenible 2018 (Categoría Nacional), finalista en el Premio de Arquitectura Ricardo Magdalena 2017 y 2023, y seleccionada como una de las 40 mejores construcciones del mundo por el TERRAFIBRA Award 2021, formando parte de la exposición itinerante TERRAFIBRA, además de formar parte en la exposición permanente del Pavillon de l' Arsenal de París, Francia.

Además, para generar una transferencia real de conocimientos de esta investigación y sus resultados, más allá de las publicaciones científicas (artículos, capítulos de libros y congresos), se han desarrollado diversas jornadas de formación y divulgación con una asistencia superior a 500 alumnos, fomentando el conocimiento e interés sobre el yeso tradicional entre arquitectos, arquitectos técnicos, restauradores, historiadores, etc., además de una repercusión indirecta incalculable por la presencia en prensa y TV local.

En el corto plazo, los hallazgos de esta investigación contribuyen a un mejor entendimiento y conocimiento del proceso de fabricación y puesta en obra del yeso tradicional, así como de sus propiedades físico-químicas, favoreciendo su correcta conservación y reintroducción como un material sostenible para su utilización en la obra nueva o bien para intervenciones compatibles sobre el Patrimonio Arquitectónico construido con yeso; además, abren oportunidades para el desarrollo de materiales sostenibles mediante el diseño optimizado de mezclas a base de las distintas fases del sulfato cálcico (yeso, basanita y anhidrita) para aplicaciones específicas.

En el medio y largo plazo, dadas las similitudes en tipología de hornos y sistemas constructivos observadas entre los municipios investigados en el presente estudio centrado en Aragón obteniendo resultados del máximo detalle y de gran singularidad que, según la bibliografía de referencia y las características comunes con los sistemas de fabricación tradicional observados en otras regiones de España (Cataluña, Valencia, Murcia, Andalucía, Madrid, Castilla la Mancha...), así como en otros países europeos (Francia y Alemania) y Oriente Medio, podrían otorgarle a la presente investigación y a los resultados obtenidos en este trabajo una capacidad de extrapolación, aplicación, interés y repercusión a un ámbito territorial mucho más amplio que el abarcado por Aragón, y que puede alcanzar el ámbito internacional.

BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS, LIBROS Y ARTÍCULOS

AA.VV. (2011) *Libro de calidad del “Yeso de Albarracín”*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Abenza Ruiz, B. (2009) Aplicación del yeso en exteriores: análisis de dosificaciones en laboratorio y estudio de campo en la ciudad de Cuenca. *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Celebrada el 21-24 octubre 2009. Valencia, 1-10.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) (2009) *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 1: Definiciones y especificaciones* UNE-EN 13279-1:2009 [en línea]. Madrid: Asociación Española de Normalización. Disponible en: <<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0043416>> [Consultado 26-10-2022].

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) (2014a) *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo* UNE-EN 13279-2:2014 [en línea]. Madrid: Asociación Española de Normalización. Disponible en: <<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0052932>> [Consultado 26-10-2022].

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) (2014b) *Yesos de construcción y escayolas de construcción. Otros métodos de ensayo* UNE-EN 102042:2014 [en línea]. Madrid: Asociación Española de Normalización. Disponible en: <<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0052916>> [Consultado 26-10-2022].

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) (2020) *Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido* UNE-EN 1015-11:2020 [en línea]. Madrid: Asociación Española de Normalización. Disponible en: <<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0063703>> [Consultado 26-10-2022].

AgroBioHeat (2020) *Ficha técnica de la paja* [en línea]. Disponible en: <https://agrobioheat.eu/wpcontent/uploads/2020/10/AgroBioHeat_factsheet_straw_es.pdf> [Consultado 06-10-2023].

Akbay, D. y Ekincioğlu, G. (2022) Estimating the brittleness values of carbonated rocks with Shore, Schmidt, and Leeb hardness values. *Environmental Earth Sciences*, 81 (7), 206.

Alejandro Sánchez, F. J. (1998) Los morteros en la antigüedad. En: *La técnica de la arquitectura en la antigüedad*. Ed. por Graciani García, A. Sevilla: Universidad de Sevilla, 79-96.

Alloza Izquierdo, R. y Marzo Berna, P. (2005) Los morteros antiguos. *Kausis: revista de la escuela taller de restauración de pintura mural de Aragón II*, (3), 46-52.

Almagro Gorbea, A. (1976) Las torres beréberes de la Marca Media. Aportaciones a su estudio. *Cuadernos de la Alhambra*, 12, 279-305.

- Almagro Gorbea, A. (1983) La puerta emiral de Calatayud. En: Homenaje al Prof. Martín Almagro Basch. Ed. por Almagro Basch, M. Ministerio de Cultura, 95-105.
- Almagro Gorbea, A. (1986) El yeso, material mudéjar. *Actas del III Simposio de mudejarismo*. Celebrada el 20-22 septiembre 1984. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses.
- Almagro Gorbea, A. (1991) Arquitectura mudéjar de Teruel. En: *Teruel mudéjar: patrimonio de la humanidad*. Ed. por Borrás Gualis, G. M. Zaragoza: Caja de Ahorros y Monte Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja, 157-200.
- Almagro Gorbea, A. (2001) Un aspecto constructivo de las bóvedas en al-Andalus. *Al-Qantara. AQ. Revista de estudios árabes*, 22, 147-170.
- Almagro Gorbea, A. (2010) *Planimetría de la Cartuja de la Asunción de Nuestra Señora de Granada*. Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.
- Almagro Gorbea, A. (2016) La mezquita de Tremecén, joya de la arquitectura almorávide. En: *Argelia-España puentes en la historia*. Ed. por Manuel Cid, J. Madrid: ETC Ediciones, 122-137.
- Álvarez Barrientos, J. (1988) Música y medicina: Francisco Xabier Cid y su "Tarantismo observado en España" (1787). *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares*, 43, 39-46.
- Álvarez Galindo, J. I., Martín Pérez, A. y García Casado, P. (1995) Historia de los morteros. *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 13, 52-59.
- Amagard (2023) *Rocalla Gris Nevada* [en línea]. Disponible en: https://www.amagard.com/es/gravas-aridos-decorativos/rocallas-y-bolos-decorativos/rocalla-gris-nevada/package/AMAESMINIBROCGN/ean/8719214595531?gclid=CjwKCAjwwb6lBhBJEiwAbuVUSm1ua2Rg7iShGYQfEKJWMV7PhKtO9qES6QC9qCwyaWmzarTyn55DBoCvXMQAvD_BwE [Consultado 13-07-2023].
- Amatriaín, A. (2016) El misterio del 'súper yeso' de Teruel. Aragón es uno de los lugares con mayor Patrimonio Histórico construido en yeso. Pero nadie conoce la fórmula que antaño le dio tanta resistencia a ese material, *Heraldo de Aragón* [en línea], 28 septiembre 2016. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/teruel/2016/09/28/varios-edificios-teruel-hechos-solo-yeso-encabezan-una-investigacion-cientifica-1078712-2261128.html> [Consultado 11-05-2020].
- American Mineralogist Crystal Structure Database (2023) *American Mineralogist Crystal Structure Database* [en línea]. Disponible en: <http://ruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php> [Consultado 19-07-2023].
- Anderson, J. N. (1976) *Applied Dental Materials. 5th Edition*. Londres: Blackwell.
- Angeleri, F. B., Cardoso, S. R. F. y Santos, P. S. (1982) As gipsitas brasileiras e sua aplicação como gesso na indústria cerâmica. Descrição dos métodos utilizados para seu estudo e caracterização. *Cerâmica, São Paulo*, 28 (156), 471-479.

- Angeleri, F. B. y Cardoso, S. R. F. (1983) Brazilian gypsum and its application as plaster of Paris in the ceramic industry. Experimental methods used for study and characterization: II, DTA. *Cerâmica, São Paulo*, 29 (157), 23-8.
- AOCDF (L'Association Ouvrière des Compagnons du Devoir et du Tour de France) (1994) *La plâtrerie, le staff et le stuc*. Paris: Librairie du Coompagnonnage.
- Aquilano, D., Otálora, F., Pastero, L. y García-Ruiz, J. M. (2016) Three study cases of growth morphology in minerals: Halite, calcite and gypsum. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 62 (2), 227-251.
- Aranda, B., Guillou, O., Lanos, C., Daiguebonne, C., Freslon, S., Tessier, C., ... y Baux, C. (2016) Effect of multiphasic structure of binder particles on the mechanical properties of a gypsum-based material. *Construction and Building Materials*, 102, 175-181.
- Arauzo Ayre, C. M. (2019) *Vitrificación superficial de relaves por fundición puntual como técnica de sellado y recubrimiento de depósitos mineros*. Tesis doctoral. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Arens, P. (2002) *Untersuchung und Entwicklung von Gipsmörteln für den Außenbereich unter besonderer Berücksichtigung der Wasserresistenz*. Tesis doctoral. Siegen: Universität-Gesamthochschule Siegen.
- Arredondo, F. (1980) *Estudio de materiales: II El yeso*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.
- Arredondo, F. (1991) *Yesos y cales*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Artoli, G., Secco, M. y Addis, A. (2019) The Vitruvian legacy: Mortars and binders before and after the Roman world. *EMU Notes Mineral*, 20, 151-202.
- Astudillo León, S., Jara Cobos, N., Albuja Arias, D., Peñaherrera Palacios, S. C., Cabrera Calderón, N. y Morocho Campos, H. (2022) Disminución del gradiente de temperaturas en la cámara de cocción de un horno artesanal para la quema de ladrillos y tejas. *XV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*. Celebrada el 22-24 noviembre 2022. Madrid.
- ATEDY (Asociación Técnica y Empresarial del Yeso) (2023) *Manual de ejecución - Revestimientos con yeso* [en línea]. Disponible en: <<https://atedy.es/wp-content/uploads/2023/03/Manual-Revestimientos-con-yeso-enero-2023.pdf>> [Consultado 17-10-2023].
- Ayuntamiento de Zuera (s.f.) *Historia urbanística de Zuera* [en línea]. Disponible en: <<https://www.ayunzuera.com/areas/urbanismo-old/historia-urbanistica-de-zuera/>> [Consultado 19-02-2022].
- Azimi, G., Papangelakis, V. G. y Dutrizac, J. E. (2007) Modelling of calcium sulphate solubility in concentrated multi-component sulphate solutions. *Fluid Phase Equilibria*, 260 (2), 300-315.

- Bain, J. A. y Morgan, D. J. (1969) The role of thermal analysis in the evaluation of impure clay deposits as mineral raw materials. *Clay Minerals*, 8 (2), 171-192.
- Ballirano, P., Maras, A., Meloni, S. y Caminiti, R. (2001) The monoclinic I 2 structure of bassanite, calcium sulphate hemihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5 \text{H}_2\text{O}$). *European Journal of Mineralogy*, 13 (5), 985-993.
- Ballirano, P. y Melis, E. (2009) Thermal behaviour and kinetics of dehydration in air of bassanite, calcium sulphate hemihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5 \text{H}_2\text{O}$), from X-ray powder diffraction. *European Journal of Mineralogy*, 21 (5), 985-993.
- Barahona Rodríguez, C. (1990) *Acabados exteriores con revestimientos continuos en la restauración de edificios*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Barahona Rodríguez, C. (2000) *Técnicas para revestir fachadas*. Madrid: Munilla-Lería.
- Barnés, H. G. (2021) La hambruna española fue borrada de la historia: ¿y si mató más que la guerra? El historiador Miguel Ángel del arco recuerda que los años cuarenta no fueron un periodo de escasez, sino una hambruna en toda regla comparable a las de Grecia, Holanda o Ucrania, *El Confidencial* [en línea], 16 febrero 2021. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/cultura/2021-02-16/gran-hambruna-espanola-muertos-guerra_2945088/ [Consultado 25-04-2023].
- Beard, G. (1983) *Stucco and decorative plasterwork in Europe*. Thames & Hudson Ltd.
- Bel-Anzué, P., Sáez Pérez, M., Almagro Gorbea, A. y Rodríguez-Navarro, C. (2016) Monitoring the traditional gypsum calcination process. *5th International Conference Youth in Conservation of Cultural Heritage*. Celebrada el 21-23 septiembre 2016. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.
- Bel-Anzué, P., Almagro Gorbea, A., Sáez Pérez, M. y Rodríguez-Navarro, C. (2017) Influence of the calcinations process in traditional gypsum with structural behaviour. *Ge-conservación*, 11, 79-85.
- Bel-Anzué, P. y Elert, K. (2021) Changes in traditional building materials: the case of gypsum in Northern Spain. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13 (10), 117.
- Bel-Anzué, P., González Sánchez, B., Elert, K. y Navarro Ezquerro, A. (2022) Procesos de fabricación tradicional. En: *El yeso en la Arquitectura histórica*. Ed. por Sanz Arauz, D. y Sepulcre Aguilar, A. Madrid: UPM-Press, 41-52.
- Bel-Anzué, P., Elert, K., Gisbert Aguilar, J. y Sanz Sabugo, J. (2024-en publicación) Los rascacielos de tierra y yeso en Aragón: el caso de Moros. En: *La restauración y la rehabilitación de la arquitectura de tierra en la Península Ibérica*. Ed. por Mileto, C. y Vegas, F. TC Cuadernos / Argumentum.
- Bennett, J. W. y Wolff, K. H. (1955) Toward communication between sociology and anthropology. *Yearbook of Anthropology*, 329-351.
- Bentur, A. (2002) Cementitious materials—Ninemillennia and a new century: Past, present, and future. *Journal of materials in civil engineering*, 14 (1), 2-22.

- Bernabé Pons, L. F. (2011) Los recientes estudios de moriscología: de Mikel de Epalza a Soledad Carrasco Urgoiti. *Revista anthropos: Huellas del conocimiento*, 233, 169-177.
- Bernabeu Aubán, J., Aura Tortosa, J. E. y Badal García, E. (1993) *Al oeste del Edén. Las primeras sociedades agrícolas en la Europa mediterránea*. Síntesis.
- Berzosa Alonso-Martínez, C. (1976) *Análisis estructural del crecimiento económico español (1950-1959)*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Bezou, C., Mutin, J. C. y Nonat, A. (1990) Identification des phases sous-hydratées du sulfate de calcium. *Journal de chimie physique*, 87, 1257-1284.
- Bezou, C., Christensen, A. N., Cox, D., Lehmann, M. y Nonat, A. (1991) Structures cristallines de $\text{CaSO}_4, 0,5\text{H}_2\text{O}$ et $\text{CaSO}_4, 0,6\text{H}_2\text{O}$. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre*, 312 (1), 43-48.
- Bezou, C., Nonat, A., Mutin, J. C., Christensen, A. N. y Lehmann, M. S. (1995) Investigation of the crystal structure of $\gamma\text{-CaSO}_4$, $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$, and $\text{CaSO}_4 \cdot 0,6 \text{H}_2\text{O}$ by powder diffraction methods. *Journal of Solid State Chemistry*, 117 (1), 165-176.
- Bier, L. (1993) The sasanian palaces and their influence in early Islam. *Ars orientalis*, 23, 57-66.
- Blasco-López, F. J y Alejandro Sánchez, F. J. (2013) Porosity and surface hardness as indicators of the state of conservation of Mudéjar plasterwork in the Real Alcázar in Seville. *Journal of Cultural Heritage*, 14 (2), 169-173.
- Blezard, R. G. (2003) The history of calcareous cements. En: *Lea's chemistry of cement and concrete*. Ed. por Hawlett, P. Butterworth-Heinemann, 1-23.
- Blount, C. W. y Dickson, F. W. (1969) The solubility of anhydrite (CaSO_4) in $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ from 100 to 450°C and 1 to 1000 bars. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 33 (2), 227-245.
- Bock, E. (1961) On the solubility of anhydrous calcium sulphate and of gypsum in concentrated solutions of sodium chloride at 25°C, 30°C, 40°C, and 50°C. *Canadian journal of chemistry*, 39 (9), 1746-1751.
- Brown Birabén, M., Martínez Fernández, R. y Mas Gómez, M. (2014) El horno de ESTEPA: Calor sin leña. En: *Construcción con tierra, patrimonio y vivienda. Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2013*. Ed. por Sainz Guerra, J. L. y Jové Sandoval, F. Valladolid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 377.
- Brunello, V., Bersani, D., Rampazzi, L., Sansonetti, A. y Tedeschi, C. (2020) Gypsum based mixes for conservation purposes: Evaluation of microstructural and mechanical features. *Materiales de Construcción*, 70 (337), 207-207.
- Bruquetas Galán, R. (1994) El trabajo de la yesería en España. En: *La obra en yeso policromado de los Corral de Villalpando*. Ed. por Gómez Espinosa, T. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 75-83.

- Buick, R. y Dunlop, J. S. R. (1990) Evaporitic sediments of early Archaean age from the Warrawoona Group, North Pole, Western Australia. *Sedimentology*, 37 (2), 247-277.
- Bumanis, G., Vitola, L., Pundiene, I., Sinka, M. y Bajare, D. (2020) Gypsum, Geopolymers, and starch—Alternative binders for bio-based building materials: A review and life-cycle assessment. *Sustainability*, 12 (14), 5666.
- Burg Hohn, J., López Blázquez, M. y Monjo Carrió, J. (1976) *El yeso en España y sus aplicaciones constructivas*. Madrid: Ediciones del Castillo – Asociación de Investigación de la construcción.
- Bustamante Montoro, R., González, F., Lasheras Merino, F. y Sanz Arauz, D. (2005) Revestimiento de los patios madrileños, soluciones y alternativas. *I Jornadas de investigación en construcción*. Celebrada el 4 junio 2005. Madrid.
- Caballero Zoreda, L., Fernández Mier, M., Guarás González, B., Rubinos Pérez, A., María Aranz, A., López, P. y Uzquiano Ollero, P. (1999) Notas sobre el complejo productivo de Melque (Toledo): prospección del territorio y análisis de Carbono 14, polínicos, carpológicos y antracológicos y de morteros. *Archivo español de arqueología*, 72 (179-180), 199-239.
- Cabrera Garrido, J. M. (1991) Materiales de reparación: sus mecanismos de actuación y criterios de selección (limpieza y protección de fachadas). *Jornadas sobre Restauración y Conservación de Monumentos*. Celebrada el 24-25 abril 1989. Madrid: Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 89-100.
- Callebaut, K., Elsen, J., Van Balen, K. y Viaene, W. (2001) Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael's Church (Leuven, Belgium): Natural hydraulic lime or cement? *Cement and Concrete Research*, 31 (3), 397-403.
- Camarini, G., dos Santos Lima, K. D. y Pinheiro, S. M. (2016) Investigation on gypsum plaster waste recycling: An eco-friendly material. *Green Materials*, 3 (4), 104-112.
- Cañada Juste, A. (1980) Los Banu Qasi (714-924), *Príncipe de Viana*, 41 (158-159), 5-96.
- Cao, W., Yi, W., Peng, J., Li, J. y Yin, S. (2022) Recycling of phosphogypsum to prepare gypsum plaster: Effect of calcination temperature. *Journal of Building Engineering*, 45, 103511.
- Cardell Fernández, C. y Navarrete Aguilera, C. (2006) Pigment and plasterwork analyses of Nasrid polychromed lace workstucco in the Alhambra (Granada, Spain). *Studies in conservation*, 51 (3), 161-176.
- Carreño Márquez, I. J., Menéndez Méndez, E., Esparza Ponce, H. E., Fuentes Cobas, L., García Rovés, R., Castillo Sandoval, I. y Montero Cabrera, M. E. (2018) Naica's giant crystals: deterioration scenarios. *Crystal Growth & Design*, 18 (8), 4611-4620.
- Castellón Guillén, F. J. (2021) *Exposición a fuego y caracterización de revestimientos de yeso convencionales y revestimientos de yeso desarrollados con residuos*. Tesis Doctoral. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

- CEDEX (Centro de Estudios de Experimentación de Obras Públicas) (2022) 1852-1890 *Expansión de la industria del cemento artificial* [en línea]. Disponible en: <http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/C325.php?id_tema=83> [Consultado 05-07-2023].
- Chaix-Pluchery, O., Pannetier, J., Bouillot, J. y Niepce, J. C. (1987) Structural prereactional transformations in $\text{Ca}(\text{OH})_2$. *Journal of solid state chemistry*, 67 (2), 225-234.
- Chandara, C., Azizli, K. A. M., Ahmad, Z. A. y Sakai, E. (2009) Use of waste gypsum to replace natural gypsum as set retarders in portland cement. *Waste management*, 29 (5), 1675-1679.
- Chang, L. L. Y., Howie, R.A. y Zussman J. (1996) *Rock-forming minerals Vol. 5B. Non-silicates: sulphates, carbonates, phosphates, halides*. Londres: Longman.
- Charola, A. E. y Centeno, S. A. (2002) Analysis of gypsum-containing lime mortars: possible errors due to the use of different drying conditions. *Journal of the American institute for conservation*, 41 (3), 269-278.
- Chen, J., Yan, B., Li, H., Li, P. y Guo, H. (2018) Vitrification of blast furnace slag and fluorite tailings for giving diopside-fluorapatite glass-ceramics. *Materials Letters*, 218, 309-312.
- Choi, J. Y., Lee, T., Cheng, Y. y Cohen, Y. (2019) Observed crystallization induction time in seeded gypsum crystallization. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 58 (51), 23359-23365.
- Choisy, A. (2006) *Arte de construir en Egipto*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Christensen, A. N., Jensen, T. R. y Hanson, J. C. (2004) Formation of ettringite, $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$, AFt, and monosulfate, $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{O}_6(\text{SO}_4)\cdot 14\text{H}_2\text{O}$, AFm-14, in hydrothermal hydration of Portland cement and of calcium aluminum oxide—calcium sulfate dihydrate mixtures studied by in situ synchrotron X-ray powder diffraction. *Journal of solid state chemistry*, 177 (6), 1944-1951.
- Christensen, A. N., Olesen, M., Cerenius, Y. y Jensen, T. R. (2008) Formation and transformation of five different phases in the $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ system: crystal structure of the subhydrate $\beta\text{-CaSO}_4\cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ and soluble anhydrite CaSO_4 . *Chemistry of Materials*, 20 (6), 2124-2132.
- Colleparidi, M. (2003) A state-of-the-art review on delayed ettringite attack on concrete. *Cement and concrete Composites*, 25 (4-5), 401-407.
- Corral Lafuente, J. L. y Peña Gonzalvo, J. L. (1986) *La cultura islámica en Aragón*. Zaragoza: Diputación Provincial de Zaragoza.
- Creswell, K. A. C. (1969) *Early Muslim architecture, Vol. I, Umayyads A.D. 622-750*, Part I & II. Oxford: Oxford University Press.
- Cuadrat Prats, J. M. (2005) El clima de Aragón. En: *Geografía física de Aragón (Aspectos generales y temáticos)*. Ed. por Peña Monné, J. L., Longares Aladrén, L. A. y Sánchez

- Fabre, M. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, 15-26.
- Cumen (2023) *Cumen S.L. Mortero de cal; estucos auténticos; jabelgas. Cal Hidráulica* [en línea]. Disponible en: <<https://morterosdecal.com/cal-hidraulica>> [Consultado 22-07-2023].
- da Silveira Paulo, M., do Rosário Veiga, M. y De Brito, J. (2007) Gypsum coatings in ancient buildings. *Construction and Building Materials*, 21 (1), 126-131.
- Dantas, H., Mendes, R., Pinho, R., Soledade, L., Paskocimas, C., Lira, B. ... y Santos, I. (2007) Characterization of gypsum using TMDSC. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 87 (3), 691-695.
- Dariz, P., Jakob, C., Ectors, D., Neubauer, J. y Schmid, T. (2017) Measuring the Burning Temperatures of Anhydrite Micrograins in a High-Fired Medieval Gypsum Mortar. *Chemistry Select*, 2 (28), 9153-9156.
- Dariz, P. y Schmid, T. (2019) Phase composition and burning history of high-fired medieval gypsum mortars studied by Raman microspectroscopy. *Materials Characterization*, 151, 292-301.
- Davey, N. (1961) Limes and Cements, and Mortar and Concrete. En: *History of Building Materials*. Ed. por Davey, N. Londres: Phoenix House, 97-127.
- Davila, F. J. y John, V. M. (2014) Formación de etringita tardía en elementos de construcción. *Revista Colombiana de Materiales*, (5), 231-237.
- de Ceballos, A. R. (2014) Reconsideración de la iglesia del noviciado de San Luis de Sevilla, a la luz del tratado jesuita Andrea Pozzo. En: *La Compañía de Jesús y las artes. Nuevas perspectivas de investigación*. Ed. por Álvaro Zamora, M. I. y Ibáñez Fernández, J. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 315-336.
- Decreto 60/2002, de 19 de febrero, del Gobierno de Aragón, por el que se declara Bien de Interés Cultural, en la categoría de Monumento, la denominada «Cartuja de Nuestra Señora de las Fuentes» de Sariñena (Huesca). *Boletín Oficial de Aragón*, 6 de marzo de 2002, núm. 28, 2369-2370 [en línea]. Disponible en: <<https://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=406301560706&type=pdf>> [Consultado 02-11-2023].
- Decreto de 22 de abril de 1949 sobre protección de los castillos españoles. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de mayo de 1949, núm. 125, 2058-2059 [en línea]. Disponible en: <<https://www.boe.es/datos/pdfs/BOE//1949/125/A02058-02059.pdf>> [Consultado 02-11-2023].
- del Ramo Jiménez, A. y Guillén Mondéjar, F. (2021) *Región de Murcia Digital. Las Rocas: Marga* [en línea]. Disponible en: <https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c.365,m.108&r=ReP-8167-DETALLE_REPORTAJESABUELO> [Consultado 20-07-2023].
- del Río Merino, M. (2004) Aplicaciones del yeso y la escayola en la edificación. Nuevas aplicaciones. *Informes de la Construcción*, 56 (493), 53-60.

- del Río Merino, M., Santa Cruz Astorqui, J., Villoria Sáez, P., Santos Jiménez, R. y González Cortina, M. (2018) Eco plaster mortars with addition of waste for high hardness coatings. *Construction and building materials*, 158, 649-656.
- del Río Merino, M., Vidales-Barriguete, A., Piña-Ramírez, C., Vitiello, V., Santa Cruz-Astorqui, J. y Castelluccio, R. (2022) A review of the research about gypsum mortars with waste aggregates. *Journal of Building Engineering*, 45, 103338.
- Deady, K. W. (2011) *Ancient Egypt: Beyond the Pyramids*. Capstone.
- Deutsch, Y., Nathan, Y. y Sarig, S. (1994) Thermogravimetric evaluation of the kinetics of the gypsum-hemihydrate-soluble anhydrite transitions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 42 (1), 159-174.
- Doleželová, M., Krejsová, J. y Vimmrová, A. (2018) Influence of fine aggregate on some properties of gypsum mortars. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 379 (1), 12005.
- Eckel, E. C. (2005) *Cements, limes, and plasters: their materials, manufacture, and properties*. Donhead Publishing.
- Elert, K., Rodríguez-Navarro, C., Pardo, E. S., Hansen, E. y Cazalla, O. (2002) Lime mortars for the conservation of historic buildings. *Studies in Conservation*, 47 (1), 62-75.
- Elert, K., Pardo, E. S. y Rodríguez-Navarro, C. (2015) Influence of organic matter on the reactivity of clay minerals in highly alkaline environments. *Applied Clay Science*, 111, 27-36.
- Elert, K., Alaminos, R. A., Benavides-Reyes, C. y Burgos-Ruiz, M. (2023a) The effect of lime addition on weathering resistance and mechanical strength of gypsum plasters and renders. *Cement and Concrete Composites*, 139, 105012.
- Elert, K., Bel-Anzué, P. y Burgos-Ruiz, M. (2023b) Influence of calcination temperature on hydration behavior, strength, and weathering resistance of traditional gypsum plaster. *Construction and Building Materials*, 367, 130361.
- Elsen, J. (2006) Microscopy of historic mortars—a review. *Cement and concrete research*, 36 (8), 1416-1424.
- EPSEB (Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona) (2022) *Grado en Arquitectura Técnica y Edificación* [en línea]. Disponible en: <https://www.upc.edu/es/grados/arquitectura-tecnica-y-edificacion-barcelona-epseb> [Consultado 28-10-2022].
- Erbs, A., Nagalli, A., de Carvalho, K. Q., Mymrin, V., Passig, F. H. y Mazer, W. (2018) Properties of recycled gypsum from gypsum plasterboards and commercial gypsum throughout recycling cycles. *Journal of cleaner Production*, 183, 1314-1322.
- Erdem, E. (1997) Effect of various additives on the hydration of perlite-Gypsum plaster and perlite Portland cement pastes. *Turkish Journal of Chemistry*, 21, 209-214.

- Eremin, A. V., Pustovgar, A. P., Pashkevich, S., Ivanova, I. y Golotina, A. (2016) Determination of calcium sulfate hemihydrate modification by X-ray diffraction analysis. *Procedia engineering*, 165, 1343-1347.
- Eremin, A. V. y Pustovgar, A. P. (2012) Modern approach to X-Ray diffraction analysis of gypsum binders. *Stroitel'nye Materialy*, 7, 62-66.
- Escavy Fernández, J. I., Herrero Fernández, M. J. y Arribas Mocochoa, M. E. (2012) Gypsum resources of Spain: Temporal and spatial distribution. *Ore Geology Reviews*, 49, 72-84.
- Escavy Fernández, J. I. (2013) *Estudio geoeconómico de formaciones yesíferas de la España peninsular con potencial de explotación minera para aplicaciones industriales*. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Espinosa, P. C. (1859) *Manual de construcciones de albañilería*. Madrid: Wentworth Press.
- ETS (Escuela Técnica Superior de Edificación UPM) (2022) *Grado en Edificación. Plan de Estudios (Guías docentes)* [en línea]. Disponible en: <https://www.edificacion.upm.es/grado_en_edificacion> [Consultado 28-10-2022].
- ETSAB (Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona) (2022) *Grado en Estudios de Arquitectura, Plan 2014. Guía docente 2022. Listado de asignaturas* [en línea]. Disponible en: <<https://etsab.upc.edu/es/estudios/garqetsab/guia-docente>> [Consultado 28-10-2022].
- ETSAM (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid) (2022) *Grado en Fundamentos de Arquitectura. Guías de aprendizaje* [en línea]. Disponible en: <<https://etsam.aq.upm.es/v2/es/estudios/grado/grado-en-fundamentos-de-la-arquitectura/curso-2022-2023/guias-de-aprendizaje>> [Consultado 28-10-2022].
- EU European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Blengini, G., El Latunussa, C., Eynard, U., Torres De Matos, C., Wittmer, D. y Georgitzikis, K. (2020) *Study on the EU's list of critical raw materials (2020): final report*. Publications Office. Disponible en: <<https://data.europa.eu/doi/10.2873/11619>> [Consultado 19-01-2023].
- EUPLA (Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia) (2022) *Grado en Arquitectura Técnica. Plan 422* [en línea]. Disponible en: <https://estudios.unizar.es/estudio/asignaturas?anyoacademico=2022&estudio_id=20220142¢ro_id=175&plan_id_nk=422&sort=curso> [Consultado 28-10-2022].
- Falcón Márquez, T. (2017) Leonardo de Figueroa, maestro mayor del Hospital de la Caridad de Sevilla. *Laboratorio de arte*, 29, 329-358.
- Farnsworth, M. (1925) The Hydration of Anhydrite. *Industrial & Engineering Chemistry*, 17 (9), 967-970.
- Fernandes Cordon, H. C., Carvalho Cagnoni, F. y Furlan Ferreira, F. (2019) Comparison of physical and mechanical properties of civil construction plaster and recycled waste gypsum from São Paulo, Brazil. *Journal of Building Engineering*, 22, 504-512.

- Fernández, J. L., González, E. L., Brown, S. A. y Batic, O. R. (2004) Evolución de la Porosidad de Pastas de Cemento Portland por la Incorporación de una Puzolana Natural. *Información tecnológica*, 15 (5), 37-40.
- Ferroussat de Castelbon, E. H. (1776) *Réflexions sur la mauvaisequalité du plâtre et sur sa cause*. Hachette Livre BNF.
- Freire, T., Santos Silva, A., do Rosário Veiga, M. y Brito, J. D. (2009) Characterization of a 19th century decorated gypsum plaster piece: The role of microscopy. *12th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*, 416-427.
- Freire, M. T., do Rosário Veiga, M., Santos Silva, A. y de Brito, J. D. (2019a) Studies in ancient gypsum based plasters towards their repair: Physical and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 202, 319-331.
- Freire, M. T., Santos Silva, A. y do Rosário Veiga, M. (2019b) Stucco marble in the Portuguese architecture: first insights in mineralogical, physical and mechanical properties. *Proceedings of the 5th Historic Mortars Conference*. Celebrada el 19-21 junio 2019. Pamplona: RILEM Publications S.A.R.L., 211-225.
- Freire, M. T., Santos Silva, A., do Rosário Veiga, M., Barrocas Dias, C. y Manhita, A. (2020) Stucco marble in the Portuguese architecture: multi-analytical characterisation. *International Journal of Architectural Heritage*, 14 (7), 977-993.
- Freyer, D. y Voigt, W. (2003) Crystallization and phase stability of CaSO_4 and CaSO_4 -based salts. *Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly*, 134 (5), 693-719.
- Furlan, V. y Bissegger, P. (1975) Histoire et essais d'analyse scientifique. *Revue suisse d'Art et d'Archéologie*, 32, 1-14.
- Galwey, A. K. y Brown, M. E. (1999) *Thermal decomposition of ionic solids: chemical properties and reactivities of ionic crystalline phases*. Elsevier Science.
- Gárate Rojas, I. (1993) *Artes de la cal*. Madrid: Munilla-Lería.
- Gárate Rojas, I. (1999) *Artes de los yesos. Yaserías y estucos*. Madrid: Munilla-Lería.
- García Grinda, J. L. (1988) *Arquitectura Popular de Burgos. Crítica y Teoría de la Arquitectura popular. Tipos y caracterización de la arquitectura rural autóctona castellano-leonesa. El caso burgalés*. Burgos: Colegio Oficial de Arquitectos de Burgos.
- García Herrero, M. C. (2008) Actividades laborales femeninas a finales de la Edad Media: registros iconográficos. En: *Arte y vida cotidiana en época medieval*. Ed. por Lacarra Ducay, M. C. Zaragoza: Institución Fernando el Católico, 17-48.
- García Santos, A. (1988) *Comportamiento mecánico de yeso reforzado con polímeros sintéticos*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Garganté, M., Manteca, F. y Oliva, J. (2001) Arquitectura civil. En: *Inventari del Patrimoni Arqueològic, arquitectònic i artístic de la Segarra. Vol. III*. Ed. por Garganté, M., Manteca, F. y Oliva, J. Segarra: Fundació Jordi Cases i Llebot, 53-89.

- Gartner, E. M. (2009) Cohesion and expansion in polycrystalline solids formed by hydration reactions—The case of gypsum plasters. *Cement and Concrete Research*, 39 (4), 289-295.
- Gaspar, D. (1993) Morteros de cal y yeso. Durabilidad y Aplicaciones. *III Jornadas sobre conservación y tratamiento de la piedra en monumentos y en la construcción*.
- Gauzin-Müller, D. y Vissac, A. (2021) *TerraFibra architectures*. Pavillon de l'Arsenal. Barcelona: Ingoprint. ISBN 978-2-35487-063-8.
- Genoves Pedraza (2023) *Genoves Pedraza S.C. Explotación agrícola* [en línea]. Disponible en: <https://www.agriaffaires.es/usado/paja-y-forraje/43750921/alfalfa.html> [Consultado 14-07-2023].
- Geraldo, R. H., Pinheiro, S. M., Silva, J. S., Andrade, H. M., Dweck, J., Gonçalves, J. P. y Camarini, G. (2017) Gypsum plaster waste recycling: A potential environmental and industrial solution. *Journal of Cleaner Production*, 164, 288-300.
- Ghorab, H. Y., Ragai, J. y Antar, A. (1986) Surface and bulk properties of ancient Egyptian mortars. Part I: X-ray diffraction studies. *Cement and concrete research*, 16 (6), 813-822.
- Gómez, M. y Andrade, C. (1988) Corrosión del acero desnudo y galvanizado en yeso. *Materiales de Construcción*, 38, 212.
- Gómez, A. y Gómez, K. (2019) *Muestreo estadístico para docentes y estudiantes*. Independently published.
- González Sánchez, B., Navarro Ezquerra, A. y Rosell Amigó, J. R. (2020) ¿Qué es el yeso tradicional? El estudio del yeso de Ribera d'Ondara a partir de la monitorización de un horno tradicional. *Actas de la III Jornada de Doctorado del programa de Tecnología de la Arquitectura, de la Edificación y del Urbanismo (TAEU)*. Celebrada el 26 noviembre 2020. Barcelona, 30-35.
- Gonzalez Yunta, F. (2007) La técnica tradicional del esgrafiado en morteros de cal, un recurso publicitario actual. *I Jornada Nacional de Investigación en Edificación*. Celebrada el 10-11 mayo 2007. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Grimsley, G. P. (1904) *The gypsum of Michigan and the plaster industry*, R. Smith Printing Company.
- Guiral Pelegrín, C. y Martín Bueno, M. (1996) *Bilbilis I. Decoración pictórica y estucos ornamentales*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- Guixeras, M. y Argano, S. (2010) Por qué la cal: cuál, cuándo y cómo. *Revista UNICUM de la Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, 8, 207-212.
- Haneklaus, N., Barbossa, S., Basallote, M. D., Bertau, M., Bilal, E., Chajduk, E. ... y Zakrzewska-Kołodziej, G. (2022) Closing the upcoming EU gypsum gap with phosphogypsum. *Resources, Conservation and Recycling*, 182, 106328.

- Hao, J., Cheng, G., Hu, T., Guo, B. y Li, X. (2021) Preparation of high-performance building gypsum by calcining FGD gypsum adding CaO as crystal modifier. *Construction and Building Materials*, 306, 124910.
- Hawthorne, F. C. y Ferguson, R. B. (1975) Anhydrous sulphates; II, Refinement of the crystal structure of anhydrite. *The Canadian Mineralogist*, 13 (3), 289-292.
- Hernández Olivares, F., Aguado, V., Menéndez, E. y Villanueva Domínguez, L. (1997) Sintering of natural anhydrite-glass composite. *Journal of the European Ceramic Society*, 17 (5), 743-748.
- Herrero, M. J., Escavy Fernández, J. I. y Bustillo, M. (2013) The Spanish building crisis and its effect in the gypsum quarry production (1998-2012). *ResourcesPolicy*, 38 (2), 123-129.
- Holmes, S. y Wingate, M. (1997) *Building with lime: A practical introduction*. ITDG Publishing.
- Hošťálková, M., Vavřínová, N. y Longauerová, V. (2019) Mechanical properties of the gypsum composite reinforcement with wooden fibers. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 10 (1), 15-21.
- Hou, H., Powers, L. J., Lawler, J. y Tureyen, K. (2015) Thauasite sulfate attack: case studies and implications. En: *Thirty-seventh International Conference on Cement Microscopy. Seattle, Washington (USA), 3-7 mayo 2015*. Seattle: International Cement Microscopy Association (ICMA).
- Huerta Fernández, S. (2019) Guastavino Tile Vaults. The Long Migration of a Building Technique. En: *Migration und Baukultur. Transformation des Bauens durch individuelle und kollektive Einwanderung*. Ed. por: Kilper, H. Madrid: E.T.S. Arquitectura (UPM), 183-201.
- IDEAragón (2022a) *Atlas de Aragón. Población total municipal* [en línea]. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/poblacion/poblacion-residente/poblacion-total-municipal> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022b) *Atlas de Aragón. Unidades de relieve* [en línea]. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/medio-natural/medio-fisico/unidades-de-relieve> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022c) *Atlas de Aragón. Geomorfología* [en línea]. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/medio-natural/medio-fisico/geomorfologia> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022d) *Atlas de Aragón. Promedios estacionales de precipitaciones* [en línea]. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/medio-natural/climatologia/promedios-estacionales-de-precipitaciones> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022e) *Atlas de Aragón. Valores de densidad de población 2001-2011* [en línea]. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/poblacion/densidad-de-poblacion/variacion-de-densidad-de-poblacion-2001-2011> [Consultado 9-01-2022].

- IDEAragón (2022f) *Atlas de Aragón. Núcleos de población* [en línea]. Disponible en: <<https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/asentamientos-humanos/nucleos-de-poblacion/nucleos-de-poblacion>> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022g) *Atlas de Aragón. Densidad de población* [en línea]. Disponible en: <<https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/poblacion/densidad-de-poblacion/densidad-de-poblacion>> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022h) *Atlas de Aragón. Altitud máxima por municipios* [en línea]. Disponible en: <<https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/medio-natural/medio-fisico/altitud-maxima-por-municipios>> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022i) *Atlas de Aragón. Altitud mínima por municipios* [en línea]. Disponible en: <<https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/medio-natural/medio-fisico/altitud-minima-por-municipios>> [Consultado 9-01-2022].
- IDEAragón (2022j) *Atlas de Aragón. Pendiente media* [en línea]. Disponible en: <<https://idearagon.aragon.es/atlas/Aragon/info/medio-natural/medio-fisico/pendiente-media>> [Consultado 9-01-2022].
- Igea Romera, J. (2011) *Caracterización de los materiales de construcción del Mudéjar aragonés. Diseño de nuevos morteros para su aplicación en restauración*. Tesis doctoral. Zaragoza Universidad de Zaragoza.
- Igea Romera, J., Martínez-Ramírez, S., Lapuente, P. y Blanco-Varela, M. T. (2013) Assessment of the physico-mechanical behaviour of gypsum-lime repair mortars as a function of curing time. *Environmental earth sciences*, 70 (4), 1605-1618.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España) (2022a) *Panorama minero 2018-20: yeso y alabastro*.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España) (2022b) *Mayores productores mundiales de yeso* [en línea]. Disponible en: <<https://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/YESO%202019.pdf>> [Consultado 13-01-2023].
- INE (Instituto Nacional de Estadística) (2021a) *Cifras de Población Censo 2021. Población según municipio y sexo* [en línea]. Disponible en: <<https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?tpx=55200&L=0>> [Consultado 28-09-2023].
- INE (Instituto Nacional de Estadística) (2021b) *Cifras de Población Censo 2021. Población según comunidad autónoma y provincia y sexo* [en línea]. Disponible en: <<https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?tpx=55198&L=0>> [Consultado 28-09-2023].
- Irassar, E. F., Bonavetti, V. L. y Menéndez, G. (2010) Cementos con material calcáreo: formación de thaumasita por ataque de sulfatos. *Revista de la Construcción*, 9 (1), 63-73.
- Iucci, M. E., Volzone, C., Morosi, M. y Zagorodny, N. (2010) Aporte del análisis textural por porosimetría de mercurio a la caracterización de la cerámica ordinaria del sitio El Molino (Dpto. de Belén, Catamarca). En: *La arqueometría en Argentina y*

- Latinoamérica*. Ed. por Bertolino, S., Cattáneo, R. y Izeta A. D. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades, 67-72.
- Jiao, J., Shen, X., Ding, H., Lu, D. y Li, D. (2022) Study on the hydration and properties of multiphase phosphogypsum synergistically activated by sodium sulfate and calcium sulfate whisker. *Construction and Building Materials*, 355, 129225.
- Jiménez Rivero, A., Sathre, R. y García Navarro, J. (2016) Life cycle energy and material flow implications of gypsum plasterboard recycling in the European Union. *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 171-181.
- Jones, W. R. (2006) *Dictionary of industrial archaeology*. Sutton Publishing Limited.
- Jorge Corbín, V. (2013) *Caracterización energética de Ulex Parviflorus en el término municipal de Siete Aguas*. Trabajo Final de Carrera. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Karni, J. y Karni, E. Y. (1995) Gypsum in construction: origin and properties. *Materials and Structures*, 28 (2), 92-100.
- Kawiak, T. (1991) Gypsum mortars from a twelfth-century church in Wislica, Poland. *Studies in conservation*, 36 (3), 142-150.
- Kelley, K. K., Southard, J. C. y Anderson, C. T. (1941) *Thermodynamic properties of gypsum and its dehydration products (Vol. 625)*. Washington: US Government Printing Office.
- Kemp, S. J., Lewis, A. L. y Rushton, J. C. (2022) Detection and quantification of low levels of carbonate mineral species using thermogravimetric-mass spectrometry to validate CO₂ drawdown via enhanced rock weathering. *Applied Geochemistry*, 146, 105465.
- Kingery, D.W., Vandiver, P. B. y Prickett, M. (1988) The beginnings of pyrotechnology, part II: production and use of lime and gypsum plaster in the Pre-Pottery Neolithic Near East. *Journal of Field archaeology*, 15 (2), 219-243.
- Klein, C. y Hurlbut, C. S. (1996) *Manual de Mineralogía. Volumen 1. Basado en la obra de J. D. Dana*. Editorial Reverté.
- Klimchouk, A. (1996) The dissolution and conversion of gypsum and anhydrite. *International Journal of Speleology*, 25 (3), 2.
- Koper, A., Prałat, K., Ciemnicka, J. y Buczkowska, K. (2020) Influence of the Calcination Temperature of Synthetic Gypsum on the Particle Size Distribution and Setting Time of Modified Building Materials. *Energies*, 13 (21), 5759.
- Kostov, I. y Kostov, R. I. (1999) *Crystal Habits of Minerals. Bulgarian Academic Monographs (I)*. Sofia: Academic Publishing House & Pensoft Publishers.
- Kuntze, R. A. (2009) *Gypsum: connecting science and technology*. Newburyport: ASTM International.
- La Spina, V., Mileto, C. y Vegas, F. (2013) The historical renderings of Valencia (Spain): An experimental study. *Journal of cultural heritage*, 14 (3), S44-S51.

- La Spina, V. (2014) La calcinación industrial del yeso según la tratadística histórica. *Anuario de Jóvenes Investigadores*, 7, 111-113.
- La Spina, V., Fratini, F., Cantisani, E., Mileto, C. y Vegas, F. (2014) The ancient gypsum mortars of the historical façades in the city center of Valencia (Spain). *Period Mineral*, 82 (3), 443.
- La Spina, V. (2015) *Vestigios de yeso. Los revestimientos continuos históricos en las fachadas de la Valencia intramuros: estudio histórico, caracterización y propuestas de conservación*. Tesis doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- La Spina, V. (2016) *Estudio del yeso tradicional en España. Yacimientos, canteras, hornos y la arquitectura tradicional, su estado de conservación y propuestas de itinerarios visitables para su revalorización y difusión (Informe)*. Madrid: Instituto del Patrimonio Cultural de España, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- La Spina, V. y Grau Giménez, C. J. (2017) La evolución de la producción del yeso tradicional hasta los años 70 del siglo XX en Gestalgar, València (España). En: *Actas del Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de la historia de la construcción. Donostia-San Sebastián, 3-7 octubre 2017*. Ed. por Huerta, S. Fuentes, P. y Gil Crespo. I. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 849-858.
- La Spina, V. (2019) Estudio del Yeso Tradicional en España: Yacimientos, canteras, hornos y la arquitectura tradicional, su estado de conservación y propuestas de itinerarios visitables para su revalorización y difusión. Fase I y II. En: *Anuario 2: 2018-2019: docencia, innovación e investigación*. Ed. por García León, J., Carcelén González, R. y Sanz Alacrón, J. P. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 30.
- La Spina, V. y Grau Giménez, C. J. (2020) Uses of gypsum in Spanish architectural heritage: Typologies and some unique construction techniques. *International Journal of Architectural Heritage*, 14 (2), 176-195.
- La Vaca Tuerta (s.f.) *Guía de combustibles* [en línea]. Disponible en: <https://www.lavacatuerta.com/pdf/docs/guia-de-combustibles-solidos.pdf> [Consultado 25-07-2023].
- Lajo, R. y Surroca, J. (1990) *Léxico de Arte*. Madrid: Akal.
- Lanas, J., Bernal, J. P., Bello, M. A. y Galindo, J. A. (2004) Mechanical properties of natural hydraulic lime-based mortars. *Cement and concrete research*, 34 (12), 2191-2201.
- Lanas, J. y Álvarez, J. I. (2006) Preparación y ensayos de morteros de cal de nueva factura para su empleo en restauración del patrimonio. *V Jornada de Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio*. Celebrada el 15 septiembre 2006. Buenos Aires: Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT).
- Layr, K. y Hartlieb, P. (2019) Market analysis for urban mining of phosphogypsum. *BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 164 (6), 245-249.

- Le Dantec, T. (2016) Gypsum external renderings of Paris: history and fabrication. En: *Further Studies in the History of Construction: Proceedings of the Third Conference of the Construction History Society*. Ed. por Campbell, J. W. P., Bill, N. y Pan, Y. Construction History Society, 59-72.
- LeroyMerlin (2023a) *Aceite de linaza MPL 5L* [en línea]. Disponible en: <<https://www.leroymerlin.es/productos/pintura/productos-para-tratamiento-de-madera/limpieza-y-mantenimiento-de-madera/aceite-de-linaza-mpl-5l-81959946.html>> [Consultado 09-07-2023].
- LeroyMerlin (2023b) *Suelo exterior efecto cemento gris Esplendor 60x60 cm GRESPANIA* [en línea]. Disponible en: <<https://www.leroymerlin.es/productos/ceramica/suelos-ceramicos/suelos-para-exterior/suelo-exterior-efecto-cemento-gris-esplendor-60x60-cm-grespania-83022899.html>> [Consultado 22-07-2023].
- Lenz, R. (2006) Die Wiederentdeckung einer verlorenen Materialkultur: Hochbrand-Gipsböden in Sachsen-Anhalt zwischen Konservierung, Restaurierung und Rekonstruktion. *Pavimentazioni storiche: uso e conservazione: XXII Convegno Scienza e Beni Culturali di Bressanone (Brixen)*. Celebrada el 11-14 julio 2006. Bressanone, 355-361.
- Lenz, R. y Sobott, R. (2008) Beobachtungen zu Gefügen historischer Gipsmörtel. En: *Gipsmörtel im Historischen Mauerwerk und an Fassaden*. Ed. por Auras, M. y Zier, H.-W. München: WTA Publications, 23-34.
- Leñas Artal (2023) *Jaula leñera con 1000 kg. (aprox.) de leña de roble* [en línea]. Disponible en: <<https://xn--venta-lea-s6a.es/productos/>> [Consultado 13-07-2023].
- Lewry, A. J. y Williamson, J. (1994) The setting of gypsum plaster. *Journal of materials science*, 29 (23), 6085-6090.
- Ley 16/1985. Ley de 25 de junio de 1985, del Patrimonio Histórico Español. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de junio de 1985, núm. 155, 12534 [en línea]. Disponible en: <<https://www.boe.es/buscar/pdf/1985/BOE-A-1985-12534-consolidado.pdf>> [Consultado 20-07-2023].
- Li, X. y Zhang, Q. (2021) Dehydration behaviour and impurity change of phosphogypsum during calcination. *Construction and Building Materials*, 311, 125328.
- Liu, D., Šavija, B., Smith, G. E., Flewitt, P. E., Lowe, T. y Schlangen, E. (2017) Towards understanding the influence of porosity on mechanical and fracture behaviour of quasi-brittle materials: experiments and modelling. *International journal of fracture*, 205 (1), 57-72.
- Liu, K., Han, S., Gao, W., Tang, Y. N., Han, X., Liu, Z. ... y Du, H. (2021) Changes of mineralogical properties and biological activities of gypsum and its calcined products with different phase structures. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 1-14.

- Livingston, R., Wolde-Tinsae, A. y Chaturbahai, A. (1991) The use of gypsum mortar in historic buildings. En: *Structural repair and maintenance of historical buildings II. General studies, materials and analysis*. Ed. por Brebbia, C. A., Domínguez, J. y Escrig, F. S. Computational Mechanics Publications, 157-165.
- Lucas, A. y Harris, J. R. (1989) *Ancient Egyptian materials and industries*. Londres: Histories & Mysteries of Man.
- Lushnikova, N. y Dvorkin, L. (2016) Sustainability of gypsum products as a construction material. En: *Sustainability of Construction Materials*. Ed. por Khatib, J. Woodhead Publishing, 643-681.
- Mahler, D. B. y Bruce Ady, A. (1960) An explanation for the hygroscopic setting expansion of dental gypsum products. *Journal of dental research*, 39 (3), 578-589.
- Malinowski, R., Slatkine, A. y Ben Yair, M. (1962) Durability of roman mortars and concretes for hydraulic structures at Cesarea and Tiberias. En: *RILEM Symposium on the Durability of Concrete held in Prague, 1961*. Ed. por Legget, R. F. NRC Publications Archive Record, 531-544.
- Malinowski, R. y Garfinkel, Y. (1991) Prehistory of concrete. *Concrete International*, 13 (3).
- Marco, L. N. (2002) Blancos “montes negros”. *Trébede: Mensual aragonés de análisis, opinión y cultura*, (65), 6-8.
- Margalé Herrero, R. (2002) Los Peirones de las comarcas del Jiloca y Campo de Daroca. En: *Los peirones en las comarcas del Jiloca y Campo de Daroca*. Ed. por Benedicto Gimeno, E. y Esteban Guillén, P. Zaragoza: INO Reproducciones, 9-12.
- Margalha, M. G., Appleton, J., Carvalho, F., Veiga, R., Silva, S. y de Brito, J. (2008) Traditional lime kilns-industry or archaeology. *HMC08. 1st Historical Mortars Conference: Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility*. Celebrada el 24-26 septiembre 2008. Lisboa.
- Marín Sánchez, R. (2011) Bóvedas de crucería con nervios prefabricados de yeso y ladrillo aplantillado. En: *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Santiago de Compostela, 26 - 29 octubre 2011*. Ed. por Huerta, S., Gil, I., García, S. y Taín, M. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 841-850.
- Marín Sánchez, R. (2014) *Uso estructural de prefabricados de yeso en la arquitectura levantina de los siglos XV y XVI*. Tesis doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Marín Sánchez, R. y Zaragoza Catalán, A. (2017) En los inicios de la experimentación de la albañilería moderna: Las escaleras de yeso en la arquitectura valenciana de los siglos XIV al XVI. *Archivo de arte valenciano*, (98), 35-51.
- Marín Sánchez, R. y Zaragoza Catalán, A. (2020) Entrevigados de casetones y bovedillas de yeso premoldeado (siglos XV-XVI). En: *Da traça à edificação: a arquitetura dos séculos XV e XVI em Portugal e na Europa. Estudos sobre tardogótico*. Ed. por Grilo, F., Balsa de Pinho, J. y Nunes da Silva, R. J. Theya Editores, 863-880.

- Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A. y Russo, U. (2006) Influence of firing conditions on ceramic products: experimental study on clay rich in organic matter. *Applied Clay Science*, 31 (1-2), 1-15.
- Marlet, C. (2018) Gypsum sourcing: forthcoming challenges and recommendations. Symposium on availability of raw materials from secondary resources: a key aspect of circular economy. *Symposium on the Availability of raw materials from secondary sources - a key aspect of circular economy*. Celebrada el 24 abril 2018. Ginebra (Suiza): Palais des Nations.
- Marshall, W. L., Slusher, R. y Jones, E. V. (1964) Aqueous Systems at High Temperatures XIV. Solubility and Thermodynamic Relationships for CaSO₄ in NaCl-H₂O Solutions from 40 to 200°C., 0 to 4 Molal NaCl. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 9, 187.
- Martias, C., Joliff, Y. y Favotto, C. (2014) Effects of the addition of glass fibers, mica and vermiculite on the mechanical properties of a gypsum-based composite at room temperature and during a fire test. *Composites Part B: Engineering*, 62, 37-53.
- Martin, J. D. (2004) X Powder©. A software package for powder X-ray diffraction analysis. DL GR-1001/04. ISBN 84-609-1497-6.
- Martín-Bueno, M. A., Sáenz Preciado, J. C. y Uribe Agudo, P. (2004). Excavaciones arqueológicas en Bilbilis (Calatayud-Zaragoza). Informe preliminar de la campaña de 2003. *Salduie: Estudios de prehistoria y arqueología*, (4), 473-488.
- Martinet, G. (1991) Les mortiers d'époque pharaonique à Karnak. *Bull. liaison Labo. P. et Ch*, 172, 157.
- Martinet, G., Deloye, F. X. y Golvin, J. C. (1992) Caractérisation des mortiers pharaoniques du temple d'Amon à Karnak. *Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées*, 181, 39-45.
- Matschei, T., Lothenbach, B. y Glasser, F. P. (2007) The AFm phase in Portland cement. *Cement and concrete research*, 37 (2), 118-130.
- Maturén, V. E. (2009) The Early Iron Age upper and middle Ebro group. Cabezo Morrudo (Rodén, Zaragoza) within the frame of the "Eastern middle Ebro sub-group". *Salduie*, (9), 97-118.
- MCUD (Ministerio de Cultura y Deporte) (2023) *Registro General de Bienes de Interés Cultural (muebles e inmuebles)* [en línea]. Disponible en: <<https://datos.gob.es/es/peticiones-datos/registro-general-de-bienes-de-interes-cultural-muebles-e>> [Consultado 20-07-2023].
- Mees, F. y Stoops, G. (2003) Circumgranular bassanite in a gypsum crust from eastern Algeria—a potential palaeosurface indicator. *Sedimentology*, 50(6), 1139-1145.
- Mena, M. y Orera, E. (2016) Como silenciosos vigías del paisaje. Más de 2000 peirones jalonan el territorio aragonés, catalogados uno a uno por el matrimonio Taulés-Margalé, *Cadena SER* [en línea], 18 enero 2016. Disponible en:

<https://cadenaser.com/emisora/2016/01/14/radio_zaragoza/1452768290_978959.html>
> [Consultado 21-04-2023].

- Merlet, J. D. (1986) Revestimientos aplicables sobre soportes de yeso. *Informes de la Construcción*, 38 (382), 19-22.
- Middendorf, B. (2002) Physico-mechanical and microstructural characteristics of historic and restoration mortars based on gypsum: current knowledge and perspective. *Geological Society, London, Special Publications*, 205 (1), 165-176.
- Mielenz, R. C., Schieltz, N. C. y King, M. E. (1953) Thermogravimetric analysis of clay and clay-like minerals. *Clays and Clay Minerals*, 2, 285-314.
- Mikhail, R.Sh. y Malek, R. I. A. (1971) Microstructure of hardened gypsum pastes. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*, 21 (10), 277-282.
- Mileto, C., Vegas, F. y La Spina, V. (2011) Is Gypsum External Rendering Possible? The Use of Gypsum Mortar for Rendering Historic Façades of Valencia's City Centre. *Advanced Materials Research*, 250, 1301-1304.
- MINETUR (Ministerio de Industria, Energía y Turismo) (2012) *Estadística Minera de España 2012* [en línea]. Secretaría General Técnica. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. Disponible en: <<https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/DatosBibliotecaConsumer/2012/anual%202012.pdf>> [Consultado 25-06-2019].
- Mirwald, P. W. (2008) Experimental study of the dehydration reactions gypsum-bassanite and bassanite-anhydrite at high pressure: Indication of anomalous behavior of H₂O at high pressure in the temperature range of 50-300°C. *The Journal of Chemical Physics*, 128 (7), 074502.
- Monesma, E. (dir.) (1990) *El yeso (Bidio VHS)* [vídeo]. Huesca: Pyrene P.V.
- Monesma, E. (dir.) (1997) *Los yeseros (Bidio VHS)* [vídeo]. Huesca: Pyrene P.V.
- Mottana, A., Crespi, R. y Liborio, G. (1980) *Guía de minerales y rocas*. Barcelona: Grijalbo.
- MTED (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) (2022) *Estadística Minera de España 2020* [en línea]. Secretaría General Técnica. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. Disponible en: <<https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/DatosBibliotecaConsumer/2020/Estadistica-Minera-Anual-2020.pdf>> [Consultado 20-01-2023].
- Muñoz Portero, M. J. (2020) Procesamiento de materiales conglomerantes: cal, yeso y cemento. Universitat Politècnica de València.
- Murat, M. y Arnaud, Y. (1977) Étude des caractéristiques texturales et morphologiques des sulfates de calcium naturels (gypse et anhydrite). En: *Calcium sulfates and derived materials. Proceedings of the International R.I.L.E.M. symposium*. RILEM Publications SARL.

- Murphy, E., Michiels, T. y Trelstad, D. (2021) Forging the link among shape, formwork, and mortar assemblies in Guastavino vaulting. En: *History of Construction Cultures Volume 1*. Ed. por Mascarenhas-Mateus, J. y Paula Pires, A. CRC Press, 149-154.
- Navarro, A., Cardellach, E., Cañadas, I. y Rodríguez, J. (2013) Solar thermal vitrification of mining contaminated soils. *International Journal of Mineral Processing*, 119, 65-74.
- Navarro Ezquerro, A. y Julià Macias, M. (2019) El guix tradicional. *L'Informatiu del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona*, (360), 80-83.
- Navarro Palazón, J. (1985) El despoblado islámico de Siyāsa (Cieza). *Revista de Arqueología*, 53, 30-43.
- Navarro Palazón, J. y Jiménez Castillo, P. (1995) La decoración almohade en la arquitectura doméstica: la casa nº 10 de Siyāsa. En: *Casas y Palacios de Al-Andalus. Siglos XII y XIII*. Ed. por Navarro Palazón, J. Barcelona: Legado Andalusi, 117-137.
- Newman, E. S. (1941) Behavior of calcium sulfate at high temperatures. *J Res Nat Bur Stand*, 27, 191-196.
- Ngu, C. N. (2004) Calcination of gypsum plasterboard under fire exposure. *Fire Engineering Research Report*, 04.
- Nicholson, P. (1993) The firing of pottery. En: *An introduction to ancient Egyptian pottery*. Ed. por Arnold, D. y Bourriau, J. Mainz am Rhein: Philipp von Zabern, 103-120.
- Nicholson, P. (2010) Kilns and firing structures. *UCLA Encyclopedia of Egyptology*, 1 (1).
- Nogueira, R., Pinto, A. P. F. y Gomes, A. (2018) Design and behavior of traditional lime-based plasters and renders. Review and critical appraisal of strengths and weaknesses. *Cement and Concrete Composites*, 89, 192-204.
- Obramat (2023a) *Yeso rápido Diez Ibáñez 20 kg* [en línea]. Disponible en: <https://www.obramat.es/yeso-rapido-diez-iba-ez-20-kg-10844946.html> [Consultado 08-07-2023].
- Obramat (2023b) *Cal hidráulica natural NHL-3,5 17 kg* [en línea]. Disponible en: <https://www.obramat.es/cal-hidraulica-natural-nhl-3-5-17-kg-10557680.html> [Consultado 08-07-2023].
- Obramat (2023c) *Big bag grava 4-20 mm 1000 kg* [en línea]. Disponible en: <https://www.obramat.es/big-bag-grava-4-20-mm-1000-kg-aprox-10770214.html> [Consultado 09-07-2023].
- OEC (Observatory of Economic Complexity) (s.f.) *Gypsum* | OEC – *The Observatory of Economic Complexity* [en línea]. Disponible en: <https://oec.world/en/profile/hs/gypsum> [Consultado 10-01-2023].
- Ortí Cabo, F., Rosell Ortiz, L. y Salvany i Duran, J. M. (1992) Depósitos evaporíticos en España: aspectos geológicos y recursos. En: *Recursos minerales de España*. Ed. por García

- Guinea, J. y Martínez Frías, J. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, 1171-1209.
- Oudbashi, O. y Shekofte, A. (2008) Traditional methods of gypsum production in province of Khuzestan, south west of Iran. *HMC08, Historical Mortars Conference: Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility*. Celebrada el 24-26 septiembre 2008. Lisboa: Laboratorio Nacional de Engenharia Civil.
- Panofsky, E. (2016) *Los primitivos flamencos*. Ediciones Cátedra.
- Pardo, M. (1885) *Materiales de construcción*. Madrid: Imprenta y fundición de Manuel Tello.
- Parras Guijarro, D. J., Montejo Gámez, M., Ramos Martos, N. y Sánchez, A. (2006) Analysis of pigments and coverings by X-ray diffraction (XRD) and micro Raman spectroscopy (MRS) in the cemetery of Tutugi (Galera, Granada, Spain) and the settlement convento 2 (Montemayor, Córdoba, Spain). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 64 (5), 1133-1141.
- Partridge, E. P. y White, A. H. (1929) The solubility of calcium sulfate from 0 to 200. *Journal of the American Chemical Society*, 51 (2), 360-370.
- Pedreno-Rojas, M. A., Flores-Colen, I., De Brito, J. y Rodríguez-Linán, C. (2019) Influence of the heating process on the use of gypsum wastes in plasters: Mechanical, thermal and environmental analysis. *Journal of Cleaner Production*, 215, 444-457.
- Pedrosa, H. C., Mendoza Reales, O., Dias Reis, V., das Dores Paiva, M. y Rego Fairbairn, E. M. (2020) Hydration of Portland cement accelerated by CSH seeds at different temperatures. *Cement and Concrete Research*, 129, 105978.
- Pérez Belanche, M. (2007) Los peirones. En: *Comarca de las Cuencas Mineras*. Ed. por: Alberto Moralejo, S. y Royo Lasarte, J. Diputación General de Aragón, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, 193-200.
- Pértega Díaz, S. y Pita Fernández, S. (2003) Cálculo del poder estadístico de un estudio. *Cad Atención Primaria*, 10, 59-63.
- Pesce, G., Ball, R., Serrapede, M. y Denuault, G. (2014) In situ monitoring of pH changes in concrete and lime mortars. *34th Cement and Concrete Science Conference*. Celebrada el 16 septiembre 2014. Sheffield: School of Civil Engineering & Surveying, 105-108.
- Pesqué Lecina, J. M. (2009) *Secastilla: recuerdos y vivencias*. Huesca: Diputación Provincial de Huesca. ISBN 978-84-92749-02-7.
- Picazo Millán, J. V. y Rodanés Vicente, J. M. (2005) Excavaciones arqueológicas en el Cabezo de la Cruz (La Muela, Zaragoza): campaña 2004. *Saldvie: Estudios de prehistoria y arqueología*, (5), 295-320.
- Picazo Millán, J. V. y Rodanés Vicente, J. M. (2009) *Los poblados del Bronce Final y Primera Edad del Hierro. Cabezo de la Cruz. La Muela. Zaragoza*. Gobierno de Aragón, Departamento de Educación, Cultura y Deporte.

- Picazo Millán, J. V., Rodanés Vicente, J. M., Angás Pajas, J. y Uribe Agudo, P. (2019) Documentación superficial de yacimientos arqueológicos del Bronce Final y Primera Edad del Hierro mediante drones o RPAS. Su aplicación en El Cabezo Morrudo (Rodén-Fuentes de Ebro, Zaragoza). En: *Re_Visiones sobre Arte, patrimonio y tecnología en la era digital*. Ed. por Foradada Baldellou, C. y Irala-Hortal, P. Zaragoza: IAACC Pablo Serrano, Gobierno de Aragón, 41-51.
- Pina Martínez, C. M., Becker, U. y Fernández-Díaz, L. (2000) Crecimiento epitaxial de yeso sobre anhidrita: Estudio in situ mediante microscopía de fuerza atómica (AFM). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe: Revista de xeoloxía galega e do hercínico peninsular*, 25, 31-33.
- Pinheiro, S. M. y Camarini, G. (2015) Characteristics of gypsum recycling in different cycles. *International Journal of Engineering and Technology*, 7 (3), 215.
- Posnjak, E. (1938) The system $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$. *Am. J. Sci.* 35, 247-272.
- Poppe, S., Holohan, E. P., Rudolf, M., Rosenau, M., Galland, O., Delcamp, A. y Kervyn, M. (2021) Mechanical properties of quartz sand and gypsum powder (plaster) mixtures: Implications for laboratory model analogues for the Earth's upper crust. *Tectonophysics*, 814, 228976.
- Portland Cement Association (2001) *Ettringite formation and the performance of concrete (PCA R&D serial No. 2166)*. Cornell University: Portland Cement Association.
- Posey, E. y Posey, J. (1983) Using Calcination of Gypsum Wallboard to Reveal Burn Patterns. *Fire and Arson Investigator Journal of the International Association of Arson Investigators*, 1, 25-26.
- Prasad, P. S. R., Pradhan, A. y Gowd, T. N. (2001) In situ micro-Raman investigation of dehydration mechanism in natural gypsum. *Current Science*, 1203-1207.
- PrecioCentro (2023) *Centro Online Marzo 2023* [en línea]. Disponible en: <https://preciocentro.com/base-de-precios/acceso-on-line> [Consultado 21-07-2023].
- Pritzel, C., Kowald, T., Sakalli, Y. y Trettin, R (2017) Binding materials based on calcium sulphates. En: *Cementitious materials: Composition, properties, application*. Ed. por Pöllmann, H. De Gruyter.
- Pritzel, C., Emami, M., Afflerbach, S., Killian, M. y Trettin, R. (2022) Formation of α -Hemihydrate Inside of a Gypsum Crystal during the Dehydration Process. *Crystals*, 12 (12), 1780.
- Ragai, J. (1988) Surface and bulk properties of Ancient Egyptian mortars, Part IV: Thermal studies. *Cement and concrete research*, 18 (2), 179-184.
- RD Real Decreto 10568/1985. Orden de 31 de mayo de 1985 por la que se aprueba el Pliego general de condiciones para la recepción de yesos y escayolas de las obras de construcción RY-85. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de junio de 1985, núm. 138, 17487-17489 [en línea]. Disponible en:

<<https://www.boe.es/boe/dias/1985/06/10/pdfs/A17487-17489.pdf>> [Consultado 4-11-2022].

- Regidor, P., Maltseva, O., Palomo, Á. y Fernández-Jiménez, A. (2019) Efecto del contenido de C3A en los cementos híbridos. *Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja*.
- Regourd, M., Kerisel, J., Deletie, P. y Haguenaer, B. (1988) Microstructure of mortars from three Egyptian pyramids. *Cement and Concrete Research*, 18 (1), 81-90.
- Regueiro, M. y Calvo Sorando, J. P. (1997) El yeso: Geología y yacimientos en España. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y vidrio*, 36 (6), 563-570.
- Reichl, C., Schatz, M. y Zsak, G. (2014) World mining data. Minerals Production Inter-National Organizing Committee for the World Mining Congresses, 32 (1), 1-261.
- Riba Arderiu, O. y Macau Vilar, F., (1962) *Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España*. Madrid: Servicio Geológico de Obras Públicas.
- Ridge, M. J. y Surkevicius, H. (1962) Influence of some conditions of calcination on the reactivity of calcium sulphate hemihydrate. *Journal of Applied Chemistry*, 12 (10), 425-432.
- Rivas-Mercury, J. M., Aza Moya, A. H. D., Turrillas, X. M. y Pena, P. (2003) Hidratación de los cementos de aluminatos de calcio (Parte I). *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 42 (5), 269-276.
- Rodríguez Labrado, G. (2017) La Siberia Española, *Diario de Castilla-La Mancha* [en línea], 31 marzo 2017. Disponible en: <<https://www.dclm.es/opiniones/3088/la-siberia-espanola>> [Consultado 05-07-2023].
- Rodríguez-Navarro, C. y Doehne, E. (1999) Salt weathering: influence of evaporation rate, supersaturation and crystallization pattern. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 24 (3), 191-209.
- Rodríguez-Navarro, C., Cultrone, G., Sanchez-Navas, A. y Sebastian, E. (2003) TEM study of mullite growth after muscovite breakdown. *American Mineralogist*, 88 (5-6), 713-724.
- Rodríguez-Navarro, C. (2012) Binders in historical buildings: traditional lime in conservation. *Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía (SEM)*, 9, 91-112.
- Rovira, J. O. (2003) Historia del reino visigodo español. Rialp.
- Rubio Domene, R. F. (2010) *Yeserías de la Alhambra: técnica y conservación*. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada.
- Rull Pérez, F., Acosta Echevarría, A. y Alía Robledo, J. M. (1989) Estudio de la deshidratación del yeso mediante espectroscopía infrarroja. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 12, 161-168.
- Saenz Bello, J. T. (2019) *Dosificación de un mortero con cal viva y cal apagada*. Tesis doctoral. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

- Sanciolo, P., Ostarcevic, E., Atherton, P., Leslie, G., Fane, T., Cohen, Y. ... y Gray, S. (2012) Enhancement of reverse osmosis water recovery using interstage calcium precipitation. *Desalination*, 295, 43-52.
- Sanjuan Fernández, C. (s.f.) *Patología + Rehabilitación + Construcción. ¿Qué son los caliches?* [en línea]. Disponible en: <<https://www.patologiasconstruccion.net/2016/04/que-son-los-caliches/>> [Consultado 22-07-2023].
- Sanz Arauz, D. y Villanueva Domínguez, L. (2004) Albarracín y el yeso rojo. *Informes de la Construcción*, 56 (493), 47-52.
- Sanz Arauz, D. (2009) *Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Sanz Arauz, D. y Villanueva Domínguez, L. (2009) Evolución de los morteros históricos de yeso al exterior en la España Central. En: *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción: Valencia, 21-24 de octubre de 2009*. Ed. por Huerta, S., Marín, R., Soler, R. y Zaragoza, A. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 1329-1336.
- Sanz Arauz, D. y Sepulcre Aguilar, A. (2022) *El yeso en la Arquitectura histórica*. Madrid: UPM Press.
- Scherer, G. W. (1990) Theory of drying. *Journal of the American Ceramic Society*, 73 (1), 3-14.
- Schlütter, F., Kaiser, W. y Juling, H. (2010) High fired gypsum mortar for screeds, terrazzo and masonry repair on historic monuments. Production, properties and simple applications. En: *Proceedings of the 2nd Historic Mortars Conference HMC2010*. Ed. por Juling, H. Bagnaux: RILEM Publications SARL, 1169-1180.
- Schmid, T., Jungnickel, R. y Dariz, P. (2019) Raman band widths of anhydrite II reveal the burning history of high-fired medieval gypsum mortars. *Journal of Raman Spectroscopy*, 50(8), 1154-1168.
- Schmid, T., Jungnickel, R. y Dariz, P. (2020) Insights into the CaSO₄-H₂O system: A Raman-spectroscopic study. *Minerals*, 10 (2), 115.
- Schofield, P. F., Knight, K. S. y Stretton, I. C. (1996) Thermal expansion of gypsum investigated by neutron powder diffraction. *American Mineralogist*, 81 (7-8), 847-851.
- Sebastián, M. E. (1985) El gremio de albañiles de Zaragoza (1775-1806). *Artigrama: Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza*, (2), 161-176.
- Segura, C. (2019) La torre que mil años después cae a trozos. La fortificación medieval de Ivorra se está desmoronando tras una restauración que costó 530.000 euros, *El País* [en línea], 22 junio 2019. Disponible en: <https://elpais.com/ccaa/2019/06/22/catalunya/1561232400_199912.html> [Consultado 26-11-2019].
- Sempere, E. (1999) Catalogación de arcillas-técnicas y acabados de la alfarería Hispano Portuguesa. *Boletín de la sociedad española de Cerámica y Vidrio*, 38 (4), 369-376.

- Servicio Geológico Mexicano (2017) *Museo virtual. Información complementaria. Magma* [en línea]. Disponible en: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion_complementaria/Magma.html#> [Consultado 08-07-2023].
- Seufert, S., Hesse, C., Goetz-Neunhoeffer, F. y Neubauer, J. (2009) Quantitative determination of anhydrite III from dehydrated gypsum by XRD. *Cement and Concrete Research*, 39 (10), 936-941.
- Shaw, I. (2000) *The Oxford History of Ancient Egypt*. Oxford: Oxford University Press.
- Simonet, F. J. (1897) *Historia de los mozárabes en España*. Madrid: Turner.
- Singh, M. y Garg, M. (1996) Relationship between mechanical properties and porosity of water-resistant gypsum binder. *Cement and Concrete Research*, 26 (3), 449-456.
- Singh, M. (2005) Role of phosphogypsum impurities on strength and microstructure of selenite plaster. *Construction and building materials*, 19 (6), 480-486.
- SIPCA (2019) *Casa Salas. Huesca – La Litera / La Llitera – San Esteban de Litera* [en línea]. Disponible en: <<http://www.sipca.es/censo/1-INM-HUE-009-205-012/Casa/Salas.html#.ZD-3o3ZBwQ8>> [Consultado 19-04-2023].
- Smith, C. B. (2004) *How the Great Pyramid was built*. Smithsonian Books.
- SNIP (Syndicat National des Industries du Plâtre) (1982) *Le plâtre, physico-chimie, fabrication et emplois*. París: Eyrolles.
- Somsegarra (2020) *Enretiren el revestiment exterior de la Torre d'Ivorra. El morter de guix utilitzat en el revestiment realitzat en les actuacions del 2014 no s'ha adherit bé als murs i provoca desprendiments* [en línea]. Disponible en: <<https://www.somsegarra.cat/patrimoni/noticia/6088/enretiren-el-revestiment-exterior-de-la-torre-divorra>> [Consultado 26-04-2023].
- Soroka, I. y Sereda, P. J. (1968) Interrelation of hardness, modulus of elasticity, and porosity in various gypsum systems. *Journal of the American Ceramic Society*, 51 (6), 337-340.
- Souto Lasala, J. A. (1992) El poblamiento del término de Zaragoza (siglos VIII-X): los datos de las fuentes geográficas e históricas. *Anaquel de estudios árabes*, 3, 113-152.
- Steinbrecher, M. (1992) Gipsestrich und –mörtel: Alte Techniken wiederbeleben. *Bausubstanz* 8, 10, 59-61.
- Suárez, S., Roca, X. y Gasso, S. (2016) Product-specific life cycle assessment of recycled gypsum as a replacement for natural gypsum in ordinary Portland cement: application to the Spanish context. *Journal of cleaner production*, 117, 150-159.
- Tarback, E. J. y Lutgens, F. K. (2005) *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. 8ª edición*. Madrid: Pearson Educación S.A. ISBN 84-205-4400-0.
- Taylor, H. F. W., Famy, C. y Scrivener, K. L. (2001) Delayed ettringite formation. *Cement and concrete research*, 31 (5), 683-693.

- Territorio Mudéjar (2019) *Pueblo Viejo de Rodén, Fuentes de Ebro* [en línea]. Disponible en: <<https://www.territoriomudejar.es/patrimonio/pueblo-viejo-de-roden-fuentes-de-ebro/>> [Consultado 19-04-2023].
- Tiemann, H., Sötje, I., Jarms, G., Paulmann, C., Epple, M. y Hasse, B. (2002) Calcium sulfate hemihydrate in statoliths of deep-sea medusae. *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions*, (7), 1266-1268.
- Torres Balbás, L. (1949) *Arte almohade. Arte nazarí. Arte mudéjar*. Madrid: Editorial Plus-Ultra.
- Turriano, J. (1996) *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas de Juanelo Turriano*. Fundación Juanelo Turriano.
- UNAV (Universidad de Navarra) (2022) *Grado en Estudios de Arquitectura. Plan de estudios* [en línea]. Disponible en: <<https://www.unav.edu/web/grado-en-estudios-de-arquitectura/plan-de-estudios>> [Consultado 28-10-2022].
- Unizar (Universidad de Zaragoza) (2022) *Oferta de estudios oficiales universitarios. Grado en Estudios en Arquitectura. Plan 470* [en línea]. Disponible en: <https://estudios.unizar.es/estudio/asignaturas?anyo_academico=2022&estudio_id=20220157¢ro_id=110&plan_id_nk=470> [Consultado 28-10-2022].
- Valdés, N. F. (1859) *Manual del ingeniero y arquitecto*. Madrid: Librería Militar.
- Van Driessche, A. E. S., Stawski, T. M. y Kellermeier, M. (2019) Calcium sulfate precipitation pathways in natural and engineered environments. *Chemical Geology*, 530, 119274.
- Van't Hoff, J. H., Armstrong, E. F., Hinrichsen, W., Weigert, F. y Just, G. (1903) Gips und anhydrit. *Z. phys. Chem*, 45, 257-306.
- Vasconcelos, F. D. (1991) O estuque, decoração privilegiada do Barroco. En: *Actas do I Congresso Internacional do Barroco*. Ed. por Abreu, S. y Faria Dos, L. Porto: Reitoria da Universidade do Porto, Governo Civil do Porto.
- Vegas, F., Mileto, C., Fratini, F. y Rescic, S. (2010) May a building stand up on gypsum structural walls and pillars? The use of masonry made of gypsum in traditional architecture in Spain. En: *Proceeding of the Eight International Masonry Conference, held in Dresden from 4th to 7th of July 2010, Volumen 1*. International Masonry Society, 2183-2192.
- Vegas, F., Mileto, C., Ivorra, S. y Baeza, F. (2012) Checking gypsum as structural material. *Applied Mechanics and Materials*, 117-119, 1576-1579.
- Vicat, L. J. (1818) *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires*. Goujon.
- Vicente Redón, J. D. (1984) El yacimiento de La Caridad (Caminreal, Teruel). En: *Arqueología Aragonesa 1984*. Zaragoza: DGA, 83-91.
- Villanueva Domínguez, L. (1996) Yeserías españolas: propuesta de tipología histórica. En: *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid. 19-21 septiembre 1996*. Ed. por de las Casas Gómez, A. Instituto Juan de Herrera, 537-544.

- Villanueva Domínguez, L. (1999) Yesos tradicionales. En: *Aplicaciones arquitectónicas de los materiales compuestos y aditivados. V jornada*. Ed. por Villanueva Domínguez, L. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
- Villanueva Domínguez, L. y García Santos, A. (2001) *Manual de yeso*. Madrid: CIE Inversiones Editoriales Dossat.
- Villanueva Domínguez, L. (2004) Evolución histórica de la construcción con yeso. *Informes de la Construcción*, 56 (493), 5-12.
- Villanueva Domínguez, L. (2005) Las tres edades de la construcción. *Informes de la Construcción*, 57 (498), 41-45.
- Vitti, P. (2021) Mortars and masonry—structural lime and gypsum mortars in antiquity and Middle Ages. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13 (10), 1-19.
- Warren, J. K. (2006) *Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons*. Berlín: Springer Science & Business Media.
- Wende, U., Kozub, P., Arnold, T. y Meinhardt, J. (2010) High-temperature gypsum plaster: Investigations into conservation and restoration of historic gypsum objects. En: *Proceedings pro078:2nd Conference on Historic Mortars- HMC 2010 and RILEM TC 203-RHM final workshop*. Ed. por Válek, J., Groot, C. y Hughes J. J. RILEM Publications SARL, 1257-1264.
- Weimann, K., Adam, C., Buchert, M. y Sutter, J. (2021) Environmental evaluation of gypsum plasterboard recycling. *Minerals*, 11 (2), 101.
- Weiser, H. B. y Moreland, F. B. (2002) The setting of plaster of Paris. *The Journal of Physical Chemistry*, 36 (1), 1-30.
- Whitney, D. L. y Evans, B. W. (2010) Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American mineralogist*, 95 (1), 185-187.
- Ye, Q., Guan, B., Lou, W., Yang, L. y Kong, B. (2011) Effect of particle size distribution on the hydration and compressive strength development of α -calcium sulfate hemihydrate paste. *Powder Technology*, 207 (1-3), 208-214.
- Yilmaz, I. (2010) Influence of water content on the strength and deformability of gypsum. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 47 (2), 342-347.
- Yu, Q. L. y Brouwers, H. J. H. (2011) Microstructure and mechanical properties of β -hemihydrate produced gypsum: An insight from its hydration process. *Construction and Building Materials*, 25 (7), 3149-3157.
- Zhang, Y., Yang, J. y Cao, X. (2020) Effects of several retarders on setting time and strength of building gypsum. *Construction and Building Materials*, 240, 117927.

IMÁGENES Y RECURSOS EN LÍNEA

- Alibaba Group (s.f.) *Polvo de yeso $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Gypsum-powder-CaSO4-1-2H2O-10000002534184.html>> [Consultado 28-08-2022].
- Aragón TV (2020) *Aragón TV a la carta. Mudéjar Aragonés – 26/06/2020 21:42* [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3nweVqd>> [Consultado 30-03-2023].
- Ayuntamiento de Olivés (s.f.) *Ayuntamiento de Olivés (Facebook)* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://es-es.facebook.com/olvesinos/>> [Consultado 24-01-2022].
- Ayuntamiento de Villel (s.f.) *Economía* [imagen en línea]. Disponible en: <<http://www.villel.com/contenidos/27/economia.html>> [Consultado 24-01-2022].
- Cabré Aguiló, J. (s.f.) procedente de la Fototeca del Instituto del Patrimonio Cultural de España [fotografía]. Disponible en: <http://www.xiloca.org/galeria/details.php?image_id=10187> [Consultado 20-09-2021].
- Climate-Data (2021a) *Tabla climática: datos históricos del tiempo de Zaragoza* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://es.climate-data.org/europe/espana/aragon/zaragoza-3316/>> [Consultado 13-01-2022].
- Climate-Data (2021b) *Tabla climática: datos históricos del tiempo de Benasque* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://es.climate-data.org/europe/espana/aragon/benasque-729631/>> [Consultado 13-01-2022].
- Del Ramo, A. y Guillén, F. (s.f.) *Yeso triásico procedente de una cantera de Caravaca* [imagen en línea]. Disponible en: <https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c.365.a.0.m.2012&r=ReP-8178-DETALLE_REPORTAJES> [Consultado 28-08-2022].
- Eduardo González Palomar (2014) *Castillo de la Peña de Ayllón* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/100929805@N07/15181167155/in/photolist-sdxBRq-2hgWAKJ-su4oJ9-uEje5R-p8vs6i-azLeYL-sYtLd-sHxyz7/>> [Consultado 14-12-2021].
- Etienne Valois (2013) *Qasr Kharana* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3CaX3FY>> [Consultado 16-12-2022].
- Excursiones: Monegrillo (s.f.) [imagen en línea]. Disponible en: <<https://conpequesenzgz.com/2022/06/monegrillo/>> [Consultado 24-01-2022].
- García-Arilla Oliver, N. y Peña Gonzalvo, J. A. (2020) *Zaragoza en tranvía de mulas 1882 – 1902* [imagen en línea]. Disponible en: <<http://zaragozentraviademulas.blogspot.com/>> [Consultado 20-09-2021].
- Gran Archivo Zaragoza Antigua (2014) *Puente de Piedra años 50* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/zaragozaantigua/15470899799/>> [Consultado 20-09-2021].

- Grantotufó (s.f.) *Pueblo de Cerler* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://es.dreamstime.com/imagenes-de-archivo-pueblo-de-cerler-image35078704>> [Consultado 24-01-2022].
- hanming_huang (2019) *Taq Kasra* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3Gudzn1>> [Consultado 16-12-2022].
- IDEAragón (2022k) *Geografía para todos* [imagen en línea]. Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/portal/ig_for_all.jsp> [Consultado 9-01-2022].
- InfoAragón (2004) *Densidad de población de Aragón* [imagen en línea]. Disponible en: <<http://www.infoaragon.net/informacion/Territorio/Demografia/Densidad-de-poblacion.php>> [Consultado 13-01-2022].
- Kike Rincón (2019) *Interior del a iglesia del monasterio de la Encarnación* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.madridiario.es/469775/efemeride-bautismo-masivo>> [Consultado 21-03-2023].
- Lleida.com (2020) *Desmunten una part de la torre d'Ivorra* [imagen en línea]. Disponible en: <https://www.lleida.com/noticia_canal/desmunten-una-part-de-la-torre-divorra> [Consultado 26-04-2023].
- Manu (2021) *Fotos antiguas: La estación de Atocha en 1929*[imagen en línea] Disponible en: <<https://www.secretosdemadrid.es/fotos-antiguas-la-estacion-de-atocha-en-1929/>> [Consultado 12-10-2021].
- Michael Freeman (s.f.) *Oyster Bar, Grand Central Terminal. Guastavino Co.*[imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.metalocus.es/es/noticias/palacios-para-el-pueblo-guastavino-y-los-grandes-espacios-publicos-de-eeuu#>> [Consultado 21-03-2023].
- mikeycf (2006) *Villa Madama* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3TBARMk>> [Consultado 22-03-2023].
- Montes de Alfajarín (s.f.) *Montes de Alfajarín (Facebook)* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://m.facebook.com/profile.php?id=100040318941077>> [Consultado 24-01-2022].
- Os Monegros (2015) *Grañén, Callén y Fraella* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://osmonegros.com/2015/05/31/granen-callen-y-fraella/>> [Consultado 24-01-2022].
- qfwwq78 (2016) *Palacio de Knossos* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3WAIUOW>> [Consultado 14-12-2021].
- Raúl Cuevas Pérez (2016) *Nave de la catedral de San Pedro (Bolonia)* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/raulcuevasperez/35218420175/in/photolist-VE8BjX-2o6cNPd>> [Consultado 21-03-2023].
- Richard Navarro (2014) *Busto de Nefertiti* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3Q5NGNy>> [Consultado 14-12-2021].

- Rufino Lasasa (2010) *Retablo de la Seo de Zaragoza* [imagen en línea]. Disponible en: <<http://bitly.ws/zbjX>> [Consultado 14-12-2021].
- Santiago López-Pastor (2014) *Sinagoga de Santa María la Blanca (Toledo)* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3n8rpnK>> [Consultado 21-03-2023].
- Santiago López-Pastor (2017) *Moya* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3JWPSp8>> [Consultado 21-03-2023].
- Segovia y Matemáticas (s.f.) *Fotografía donada por D^a Nieves Hoyos Sancho procedente del Museo del Traje de Madrid* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://segoviaymatematicas.blogspot.com/2013/12/vendedores-ambulantes-con-burro-en.html>> [Consultado 20-09-2021].
- SIPCA (s.f.) *Puerta de la muralla exterior* [imagen en línea]. Disponible en: <<http://www.sipca.es/censo/1-INM-ZAR-017-297-365/Monasterio/de/Santa/Fe.html#.ZBmD8XbMIQ8>> [Consultado 21-03-2023].
- Travel around Spain (2016) *Qasr Kharana* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3Q4gPIO>> [Consultado 16-12-2022].
- Tobeytravels (2013) [imagen en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3VxgMGn>> [Consultado 16-12-2022].
- Todocolección (s.f.) [imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.todocoleccion.net/>> [Consultado 20-09-2021].
- Fadu (Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República de Paraguay) (2023) *Fábrica Domingo Massaro S.A.* [imagen en línea]. Disponible en: <<http://www.fadu.edu.uy/eladio-dieste/obras/fabrica-domingo-massaro/>> [Consultado 21-03-2023].
- Vidal, E. (1960) *Ávila. Niña montada en burro, lechera, 1960* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/avilas/6201219891>> [Consultado 20-09-2021].
- Wjac (2016) *Kirche Johann Baptist / Heilig Kreuz in Westerndorf am Wasem* [imagen en línea]. Disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/wjac/28414069755/in/photolist-2nSikGH-ELzdgb-L33M6g-KeVjEy-KhRx1p-2jx1iJv>> [Consultado 21-03-2023].
- Wunderlich, O. (s.f.) procedente de la Fototeca del Instituto del Patrimonio Cultural de España [fotografía]. Disponible en: <http://www.xiloca.org/galeria/details.php?image_id=10126> [Consultado 20-09-2021].
- Xiloca (s.f. a) [imagen en línea]. Disponible en: <http://www.xiloca.org/galeria/details.php?image_id=6943> [Consultado 20-09-2021].
- Xiloca (s.f. b) [imagen en línea]. Disponible en: <http://www.xiloca.org/galeria/details.php?image_id=3563> [Consultado 20-09-2021].
- Xiloca (s.f. c) [fotografía]. Disponible en: <http://www.xiloca.org/galeria/details.php?image_id=9399> [Consultado 20-09-2021].

Tesis Doctoral:

El yeso como material de construcción en la arquitectura tradicional

Programa de Doctorado: Ciencias de la Tierra, Línea de investigación: Mineralogía

Autor: Pedro Bel Anzué

Directores: Dra. Kerstin Elert y Dr. Antonio Almagro Gorbea

Tutor: Dr. Carlos Rodríguez Navarro

Enero de 2024



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**



ANEXOS

El yeso como material de construcción en la arquitectura tradicional

PEDRO BEL ANZUÉ

ANEXOS. ÍNDICE

ANEXO I.	RESULTADOS Y FICHAS DE MUNICIPIOS VISITADOS	497
ANEXO II.	RESULTADOS DE BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTADA Y ENTREVISTAS	811
ANEXO III.	COMPENDIO DE LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CON CARÁCTER LOCAL	819
ANEXO IV.	FICHAS DE LOS ENTREVISTADOS POR MUNICIPIO	829
ANEXO V.	FICHAS DEL PROCESO DEL YESO POR MUNICIPIO	879
ANEXO VI.	TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS: DIFUSIÓN A TRAVÉS DE CHARLAS, PONENCIAS, CURSOS, JORNADAS Y TALLERES	981
ANEXO VII.	TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS: DIFUSIÓN A TRAVÉS DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN	995
ANEXO VIII.	PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS	1003
ANEXO IX.	IMÁGENES COMPLEMENTARIAS AL TRABAJO EXTRAÍDAS DEL ANÁLISIS DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (FESEM)	1007
ANEXO X.	GRÁFICAS COMPLEMENTARIAS A LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA MECÁNICA: FLEXOTRACCIÓN Y COMPRESIÓN	1095

**ANEXO I.
RESULTADOS Y FICHAS DE MUNICIPIOS
VISITADOS**

RESULTADOS TOTALES

RESULTADOS TOTALES			RESULTADOS TOTALES	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQ. POPULAR	ARQ. MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	149	117
		Decorativos	32	22
	INTERIORES	Sencillos	148	111
		Decorativos	4	8
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	8	34
		Detalles de ventanas y huecos	117	98
		Cornisas y similares	73	60
		Detalles decorativos	64	67
	INTERIORES	Esculturas	1	10
		Detalles de ventanas y huecos	4	69
		Detalles decorativos	2	53
		Molduras de paredes y techos	7	69
SUELOS Y PAVIMENTOS			57	20
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		10	2
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		19	1
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		11	6
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	8	1
		Con revestimiento	56	3
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	44	9
		En recto	35	7
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	15	59
		Con revestimiento	47	38
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	98	54
		Con revestimiento	102	50
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		76
MUROS		De piedra de yeso en seco	8	3
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	28	15
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	26	12
		Encofrado de yeso vertido	59	19
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	18	2
ZÓCALOS			18	4
CIMENTACIÓN			7	5
ARCOS			4	4
PILARES		Exentos	12	2
		Embebidos en muro	57	9
CONTRAFUERTES		17	8	
PIEDRA	MAMPUESTO		27	11
	LABRADA / CANTEADA		11	6
	EXCAVADA		16	4
OTROS ELEMENTOS			6	2
TERRENO MUY YESÍFERO				44
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				40
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				89
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				97

ARQUITECTURA POPULAR

ARQUITECTURA POPULAR

RESULTADOS TOTALES

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS	HUESCA			TERUEL			ZARAGOZA			ARAGÓN		
	Nº RESULTADOS	Nº	Matemát. Semicuat.	Nº	Matemát. Semicuat.	Nº	Matemát. Semicuat.	Nº	Matemát. Semicuat.	Nº	Matemát. Semicuat.	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	34	97% >95%	43	100% >95%	72	100% >95%	149	99% >95%	150	99% >95%	
	INTERIORES	5	14% 10%	10	23% 20%	17	24% 20%	32	21% 20%	20%	21% 20%	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	34	97% >95%	43	100% >95%	71	99% >95%	148	99% >95%	150	99% >95%	
	INTERIORES	2	6% 5%	0	0% <5%	2	3% <5%	4	3% <5%	5%	3% <5%	
SUELOS Y PAVIMENTOS	EXTERIORES	0	0% <5%	2	5% 0%	6	8% 5%	8	5% 5%	5%	5% 5%	
	INTERIORES	24	69% 65%	37	86% 85%	56	78% 75%	117	78% 75%	75%	78% 75%	
TABIQUERÍA INTERIOR	EXTERIORES	12	34% 30%	24	56% 55%	37	51% 50%	73	49% 45%	45%	49% 45%	
	INTERIORES	11	31% 30%	26	60% 60%	27	38% 35%	64	43% 40%	40%	43% 40%	
MORTEROS	EXTERIORES	0	0% <5%	0	0% <5%	1	1% <5%	1	1% <5%	1%	1% <5%	
	INTERIORES	0	0% <5%	2	5% 0%	2	3% <5%	4	3% <5%	3%	3% <5%	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	EXTERIORES	1	3% <5%	0	0% <5%	1	1% <5%	2	1% <5%	1%	1% <5%	
	INTERIORES	1	3% <5%	2	5% 0%	4	6% 5%	7	5% 5%	5%	5% 5%	
OTROS ELEMENTOS	EXTERIORES	5	14% 10%	15	35% 30%	37	51% 50%	57	38% 35%	35%	38% 35%	
	INTERIORES	0	0% <5%	6	14% 10%	4	6% 5%	10	7% 5%	5%	7% 5%	
REVESTIMIENTOS COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)	EXTERIORES	5	14% 10%	6	14% 10%	8	11% 10%	19	13% 10%	10%	13% 10%	
	INTERIORES	4	11% 10%	5	12% 10%	2	3% <5%	11	7% 5%	5%	7% 5%	
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS	EXTERIORES	1	3% <5%	2	5% <5%	5	7% 5%	8	5% 5%	5%	5% 5%	
	INTERIORES	19	54% 50%	9	21% 20%	28	39% 35%	56	37% 35%	35%	37% 35%	
JUNTAS DE ADOBE	EXTERIORES	0	0% <5%	21	49% 45%	23	32% 30%	44	29% 25%	25%	29% 25%	
	INTERIORES	5	14% 10%	13	30% 30%	17	24% 20%	35	23% 20%	20%	23% 20%	
JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	EXTERIORES	2	6% 5%	5	12% 10%	8	11% 10%	15	10% 10%	10%	10% 10%	
	INTERIORES	17	49% 45%	9	21% 20%	21	29% 25%	47	31% 30%	30%	31% 30%	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	EXTERIORES	21	60% 60%	37	86% 85%	40	56% 55%	98	65% 65%	65%	65% 65%	
	INTERIORES	24	69% 65%	34	79% 75%	44	61% 60%	102	68% 65%	65%	68% 65%	
FORIADOS	EXTERIORES	9	26% 25%	22	51% 50%	45	63% 60%	76	51% 50%	50%	51% 50%	
	INTERIORES	1	3% <5%	1	2% <5%	6	8% 5%	8	5% 5%	5%	5% 5%	
MUROS	EXTERIORES	0	0% <5%	0	0% <5%	28	39% 35%	28	19% 15%	15%	19% 15%	
	INTERIORES	1	3% <5%	12	28% 25%	13	18% 15%	26	17% 15%	15%	17% 15%	
ZÓCALOS	EXTERIORES	10	29% 25%	23	53% 50%	26	36% 35%	59	39% 35%	35%	39% 35%	
	INTERIORES	0	0% <5%	14	33% 30%	4	6% 5%	18	12% 10%	10%	12% 10%	
CIMENTACIÓN	EXTERIORES	1	3% <5%	0	0% <5%	17	24% 20%	18	12% 10%	10%	12% 10%	
	INTERIORES	0	0% <5%	0	0% <5%	7	10% 5%	7	5% <5%	5%	5% <5%	
ARCOS	EXTERIORES	0	0% <5%	2	5% <5%	2	3% <5%	4	3% <5%	3%	3% <5%	
	INTERIORES	1	3% <5%	6	14% 10%	5	7% 5%	12	8% 5%	5%	8% 5%	
PILARES	EXTERIORES	1	3% <5%	29	67% 65%	27	38% 35%	57	38% 35%	35%	38% 35%	
	INTERIORES	0	0% <5%	8	19% 15%	9	13% 10%	17	11% 10%	10%	11% 10%	
CONTRAFUERTE	EXTERIORES	2	6% 5%	0	0% <5%	25	35% 30%	27	18% 15%	15%	18% 15%	
	INTERIORES	4	11% 10%	2	5% <5%	5	7% 5%	11	7% 5%	5%	7% 5%	
PIEDRA	EXTERIORES	0	0% <5%	4	9% 5%	12	17% 15%	16	11% 10%	10%	11% 10%	
	INTERIORES	0	0% <5%	2	5% <5%	4	6% 5%	6	4% 3%	4%	6% 5%	

ARQUITECTURA MONUMENTAL

RESULTADOS TOTALES		ARQUITECTURA MONUMENTAL													
		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			HUESCA			TERUEL			ZARAGOZA			ARAGÓN	
		Nº MUNICIPIOS			35			43			72			150	
		RESULTADOS			Matemát.	Semicuat.	Nº	Matemát.	Semicuat.	Nº	Matemát.	Semicuat.	Nº	Matemát.	Semicuat.
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	16	46%	45%	39	91%	90%	62	86%	85%	117	78%	75%	
	INTERIORES	Decorativos	1	3%	<5%	5	12%	10%	16	22%	20%	22	15%	10%	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Sencillos	10	29%	25%	40	93%	90%	61	85%	80%	111	74%	70%	
		Decorativos	1	3%	<5%	2	5%	<5%	5	7%	5%	8	5%	5%	
	INTERIORES	Esculturas	0	0%	<5%	12	28%	25%	22	31%	30%	34	23%	20%	
		Detalles de ventanas y huecos	10	29%	25%	31	72%	70%	57	79%	75%	98	65%	65%	
		Cornisas y similares	5	14%	10%	20	47%	45%	35	49%	45%	60	40%	40%	
		Detalles decorativos	2	6%	5%	23	53%	50%	42	58%	55%	67	45%	40%	
		Esculturas	1	3%	<5%	3	7%	5%	6	8%	5%	10	7%	5%	
		Detalles de ventanas y huecos	3	9%	5%	20	47%	45%	46	64%	60%	69	46%	45%	
SUELOS Y PAVIMENTOS	Detalles decorativos	7	20%	20%	19	44%	40%	27	38%	35%	53	35%	35%		
	Molduras de paredes y techos	6	17%	15%	18	42%	40%	45	63%	60%	69	46%	45%		
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALIEZONES)	Con revestimiento	0	0%	<5%	1	2%	<5%	19	26%	25%	20	13%	10%	
		REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS	0	0%	<5%	1	2%	<5%	1	1%	<5%	2	1%	<5%	
		JUNTAS DE ADOBE	1	3%	<5%	1	2%	<5%	4	6%	5%	6	4%	<5%	
		JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	0	0%	<5%	0	0%	<5%	1	1%	<5%	1	1%	<5%	
	MORTEROS	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	En breccas	0	0%	<5%	4	9%	5%	5	7%	5%	9	6%	5%
			En recto	0	0%	<5%	2	5%	<5%	5	7%	5%	7	5%	<5%
		JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	5	14%	10%	10	23%	20%	44	61%	60%	59	39%	35%
			Con revestimiento	4	11%	10%	3	7%	5%	31	43%	40%	38	25%	25%
		FORJADOS	Con revestimiento	8	23%	20%	23	53%	50%	23	32%	30%	54	36%	35%
			Con revestimiento	12	34%	30%	18	42%	40%	20	28%	25%	50	33%	30%
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	MUROS	De piedra de yeso en seco	1	3%	<5%	0	0%	<5%	2	3%	<5%	3	2%	<5%	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	0	0%	<5%	0	0%	<5%	15	21%	20%	15	10%	10%	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	0	0%	<5%	4	9%	5%	8	11%	10%	12	8%	5%	
	ZÓCALOS	Encofrado de yeso vertido	2	6%	5%	7	16%	15%	10	14%	10%	19	13%	10%	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	0	0%	<5%	1	2%	<5%	1	1%	<5%	2	1%	<5%	
		CIMENTACIÓN	0	0%	<5%	0	0%	<5%	4	6%	5%	4	3%	<5%	
		ARCOS	0	0%	<5%	0	0%	<5%	5	7%	5%	5	3%	<5%	
PILARES	Exentos	0	0%	<5%	0	0%	<5%	4	6%	5%	4	3%	<5%		
	Embebidos en muro	1	3%	<5%	4	9%	5%	4	6%	<5%	2	1%	<5%		
PIEDRA	CONTRAFUERTE	0	0%	<5%	1	2%	<5%	7	10%	5%	8	5%	<5%		
	MAMPUESTO	0	0%	<5%	1	2%	<5%	10	14%	10%	11	7%	5%		
	LABRADA / CANTEADA	3	9%	5%	0	0%	<5%	3	4%	<5%	6	4%	<5%		
	EXCAVADA	0	0%	<5%	0	0%	<5%	4	6%	5%	4	3%	<5%		
OTROS ELEMENTOS		0	0%	<5%	0	0%	<5%	2	3%	<5%	2	1%	<5%		

RESULTADOS HUESCA

PROVINCIA: HUESCA			RESULTADOS TOTALES		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQ. POPULAR	ARQ. MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	34	16	
		Decorativos	5	1	
	INTERIORES	Sencillos	34	10	
		Decorativos	2	1	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	0	0	
		Detalles de ventanas y huecos	24	10	
		Cornisas y similares	12	5	
		Detalles decorativos	11	2	
	INTERIORES	Esculturas	0	1	
		Detalles de ventanas y huecos	0	3	
		Detalles decorativos	1	7	
		Molduras de paredes y techos	1	6	
SUELOS Y PAVIMENTOS			5	0	
TABIQUERÍA INTERIOR			0	0	
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			0	0	
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			5	0	
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			4	1	
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	1	0	
		Con revestimiento	19	0	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	0	0	
		En recto	5	0	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	2	5	
		Con revestimiento	17	4	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	21	8	
		Con revestimiento	24	12	
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		9	0
		MUROS	De piedra de yeso seco	1	1
De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			0	0	
Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			1	0	
Encofrado de yeso vertido			10	2	
Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			0	0	
ZÓCALOS			1	0	
CIMENTACIÓN			0	0	
ARCOS			0	0	
PILARES		Exentos	1	0	
		Embebidos en muro	1	1	
CONTRAFUERTES			0	0	
PIEDRA		MAMPUESTO		2	0
	LABRADA / CANTEADA		4	3	
	EXCAVADA		0	0	
OTROS ELEMENTOS			0	0	
TERRENO MUY YESÍFERO				0	
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				0	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				18	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				18	

RESULTADOS TERUEL

PROVINCIA: TERUEL			RESULTADOS TOTALES	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQ. POPULAR	ARQ. MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	43	39
		Decorativos	10	5
	INTERIORES	Sencillos	43	40
		Decorativos	0	2
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	2	12
		Detalles de ventanas y huecos	37	31
		Cornisas y similares	24	20
		Detalles decorativos	26	23
	INTERIORES	Esculturas	0	3
		Detalles de ventanas y huecos	2	20
		Detalles decorativos	0	19
		Molduras de paredes y techos	2	18
SUELOS Y PAVIMENTOS			15	1
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		6	1
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		6	0
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		5	1
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	2	0
		Con revestimiento	9	0
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	21	4
		En recto	13	2
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	5	10
		Con revestimiento	9	3
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	37	23
		Con revestimiento	34	18
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		22
MUROS		De piedra de yeso seco	1	0
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	0	0
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	12	4
		Encofrado de yeso vertido	23	7
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	14	1
ZÓCALOS			0	0
CIMENTACIÓN			0	0
ARCOS			2	0
PILARES		Exentos	6	0
		Embebidos en muro	29	4
CONTRAFUERTES		8	1	
PIEDRA	MAMPUESTO		0	1
	LABRADA / CANTEADA		2	0
	EXCAVADA		4	0
OTROS ELEMENTOS			2	0
TERRENO MUY YESÍFERO				14
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				13
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				28
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				31

RESULTADOS ZARAGOZA

PROVINCIA: ZARAGOZA			RESULTADOS TOTALES	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQ. POPULAR	ARQ. MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	72	62
		Decorativos	17	16
	INTERIORES	Sencillos	71	61
		Decorativos	2	5
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	6	22
		Detalles de ventanas y huecos	56	57
		Cornisas y similares	37	35
		Detalles decorativos	27	42
	INTERIORES	Esculturas	1	6
		Detalles de ventanas y huecos	2	46
		Detalles decorativos	1	27
		Molduras de paredes y techos	4	45
SUELOS Y PAVIMENTOS			37	19
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		4	1
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		8	1
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		2	4
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	5	1
		Con revestimiento	28	3
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	23	5
		En recto	17	5
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	8	44
		Con revestimiento	21	31
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	40	23
		Con revestimiento	44	20
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		45
MUROS		De piedra de yeso seco	6	2
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	28	15
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	13	8
		Encofrado de yeso vertido	26	10
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	4	1
ZÓCALOS			17	4
CIMENTACIÓN			7	5
ARCOS			2	4
PILARES		Exentos	5	2
		Embebidos en muro	27	4
CONTRAFUERTES			9	7
PIEDRA	MAMPUESTO		25	10
	LABRADA / CANTEADA		5	3
	EXCAVADA		12	4
OTROS ELEMENTOS			4	2
TERRENO MUY YESÍFERO				30
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				27
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				43
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				48

1. FICHAS HUESCA

Nº FICHA	MUNICIPIO
H1	Albelda
H2	Alberuela de Tubo
H3	Alcampell
H4	Alcubierre
H5	Almunia de San Juan
H6	Arguís
H7	Azanuy - Alins
H8	Azlor
H9	Bara
H10	Ballobar
H11	Barbastro
H12	Benasque
H13	Bielsa
H14	Candasnos
H15	Castejón del Puente
H16	Castillazuelo
H17	Cofita
H18	Fonz
H19	Fraga
H20	Gistaín
H21	Huesca
H22	Lanaja
H23	Monzón
H24	Nueno
H25	Peraltilla
H26	Plan
H27	Pozán de Vero
H28	Robres
H29	San Esteban de Litera
H30	San Juan de Plan
H31	Sariñena
H32	Tamarite de Litera
H33	Torralba de Aragón
H34	Torrente de Cinca
H35	Yésero

FICHA Nº 1		MUNICIPIO: ALBELDA		PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS				ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X		
		Decorativos				
	INTERIORES	Sencillos		X		
		Decorativos				
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos		X		
		Cornisas y similares		X		
	INTERIORES	Detalles decorativos				
		Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos				
		Detalles decorativos				
		Molduras de paredes y techos				
SUELOS Y PAVIMENTOS						
TABIQUERÍA INTERIOR						
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)						
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)						
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				X		
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir				
		Con revestimiento				
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas				
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir				
		Con revestimiento		X		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X			
	Con revestimiento		X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS					
	MUROS	De piedra de yeso en seco				
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido				
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		X		
		Encofrado de yeso vertido				
			Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS					
	CIMENTACIÓN					
	ARCOS					
	PILARES	Exentos				
Embebidos en muro						
CONTRAFUERTE						
PIEDRA	MAMPUESTO					
	LABRADA / CANTEADA					
	EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO						
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X		
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X		
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:						
Visita realizada:		26/10/2017				
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Nueva No.36, Plaza Soldevilla No.1, Plaza Mayor No.3, Calle Hospital No.6, Calle Mayor				
Edificios representativos de arquitectura monumental						
Entrevistas realizadas:		José Miguel Seira (*), Emilio Durany				
Bibliografía localizada del municipio:		Corbera (1999)				



C/ Hospital No.6



Av. Nueva No.26



Av. Nueva No.36



C/ Mayor No.25

FICHA Nº 2		MUNICIPIO: ALBERUELA DE TUBO	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos Cornisas y similares Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos Detalles decorativos Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...) REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			X
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:	24/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular	A-1223			
Edificios representativos de arquitectura monumental				
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



A-1223

FICHA Nº 3		MUNICIPIO: ALCAMPELL	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos Cornisas y similares	X	X
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas Detalles de ventanas y huecos Detalles decorativos Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir Con revestimiento	X	X X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	X
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro		X	
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA		X	
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		11/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. Joaquin Acosta No.50, No.35, No.79, Calle Mayor No.14, Plaza de Oeste No.3		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Calle Mayor No. 14		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Cases et al. (2006)		



Plaza de Oste No. 3



Av. Joaquín Costa No. 50



Av. Joaquín Costa No. 35



C/ Mayor No. 14

FICHA Nº 4		MUNICIPIO: ALCUBIERRE	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				X
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos	X	
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		24/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Horno de Abajo No.1, No.14, 43 A-129, 34 A-129, Plaza España No.18		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia de Santa Ana, 36 A-129, Calle Mayor No.19		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



43 A-129



C/ Barranco No.6



C/ De Horno Bajo No.1

FICHA Nº 5		MUNICIPIO: ALMUNIA DE SAN JUAN		PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS				ARQUITECTUR A POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X		
		Decorativos		X	X	
	INTERIORES	Sencillos		X		
		Decorativos				
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos		X	X	
		Cornisas y similares			X	
	INTERIORES	Detalles decorativos		X	X	
		Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos				
SUELOS Y PAVIMENTOS		Detalles decorativos				
SUELOS Y PAVIMENTOS		Molduras de paredes y techos				
SUELOS Y PAVIMENTOS						
TABICERÍA INTERIOR		UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
TABICERÍA INTERIOR		REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS		REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir				
		Con revestimiento		X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas				
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			X	
		Con revestimiento			X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X			
	Con revestimiento		X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES		FORJADOS				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	MUROS	De piedra de yeso en seco				
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido				
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)				
		Encofrado de yeso vertido				
	ZÓCALOS		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	CIMENTACIÓN					
ARCOS						
PILARES	Exentos					
	Embebidos en muro					
CONTRAFUERTES						
PIEDRA		MAMPUESTO				
PIEDRA		LABRADA / CANTEADA				
PIEDRA		EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO						
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO						
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:						
Visita realizada:		11/06/2020				
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Nao No. 14, Calle Antonio Aura No.11, Calle Torno No.13,				
Edificios representativos de arquitectura monumental		Plaza Agonac No. 8, Calle Torno No.1.				
Entrevistas realizadas:						
Bibliografía localizada del municipio:		Cases et al. (2006)				



C/ Antonio Aura No.3



C/ Antonio Aura No. 11



C/ Antonio Aura No.5



C/ Antonio Aura No.23

FICHA Nº 6		MUNICIPIO: ARGUIS	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
	Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		12/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular				
Edificios representativos de arquitectura monumental				
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Cebollero (1998)		



FICHA Nº 7		MUNICIPIO: AZUNUY - ALINS	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTUR A POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA		X	
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		12/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Peralta No.20, No.74, HU-V-9011		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia San Juan		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló (2012)		



40 A-2215



HU V-9011



C/ Peralta No. 48



HU V-9011

FICHA Nº 8		MUNICIPIO: AZLOR	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenchas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		26/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular				
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Benito y Domper (1988), Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2009)		



FICHA Nº 9		MUNICIPIO: BALLOBAR	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	ENTRAMADO CON HORMIGÓN DE YESO VERTIDO Y OTROS RELLENOS			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		13/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Fraga No. 22, No.25, No.37, Barrio Nuevo No.3.		
Edificios representativos de arquitectura monumental				
Entrevistas realizadas:		Manuel Chavarria Val (esposa María José Fontanet Bardaji)		
Bibliografía localizada del municipio:				



C/ Fraga No. 48



Barrio Nuevo No. 40



C/ Fraga No. 37

FICHA Nº 10		MUNICIPIO: BARA		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS			X		
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X		
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
Con revestimiento					
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir				
	Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
ARCOS					
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:					
Edificios representativos de arquitectura popular					
Edificios representativos de arquitectura monumental					
Entrevistas realizadas:		Jesus Garcia, Urbez Grasa, Sebas			
Bibliografía localizada del municipio:					



FICHA Nº 11		MUNICIPIO: BARBASTRO		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X		X
		Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		X
		Cornisas y similares	X		X
	INTERIORES	Detalles decorativos	X		
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			X
		Molduras de paredes y techos			X
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			X		
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X		
		Con revestimiento	X		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X			
	Con revestimiento			X	
FORJADOS			X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN					
ARCOS					
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
					X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		14/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Pablo Sahun No. 16, Calle Las Fuentes No.5, Calle Caballero No.13, Calle Conde No. 15.			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Calle Palacio No. 8, Campanario de la Catedral Nuestra Señora de la Asunción.			
Entrevistas realizadas:		José Miguel Seira (*)			
Bibliografía localizada del municipio:		Abarca et al. (2011)			



C/ Fornillo No. 15



C/ Conde No. 15



C/ Fornillo No. 1

FICHA Nº 12		MUNICIPIO: BENASQUES VILLANOVA	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTUR A POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
Molduras de paredes y techos				
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			X	
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
CON revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:				
Edificios representativos de arquitectura popular				
Edificios representativos de arquitectura monumental				
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:			Castel et al. (2007)	



FICHA Nº 13		MUNICIPIO: BIELSA		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS				ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos		X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Cornisas y similares		X	
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABICHERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X	X	
	Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
FORJADOS					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
ZÓCALOS					
CIMENTACIÓN					
ARCOS					
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO			X	
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		7/07/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Baja No.17, HU-V-6402, Plaza iglesia, Calle Medio No.1, Carretera Aragonesa			
Edificios representativos de arquitectura monumental					
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Garcés (2017)			



HU-V-6402



Plaza Iglesia



C/ Medio No.1



C/ Baja No.17

FICHA Nº 14		MUNICIPIO: CANDASNOS	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
			Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		15/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. Joaquín Acosta No 23, Calle Balsa No.17, Calle Zaragoza No.19		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia de Candanos, Calle Mayor No. 1		
Entrevistas realizadas:		Antonio Mariñoso Cantarelo		
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2013), Mata-Perelló et al. (2015)		



C/ Zaragoza No. 77



C/ Zaragoza No. 66



C/ San Isidro No. 29



C/ Mayor No. 1

FICHA Nº 15		MUNICIPIO: CASTEJON DEL PUENTE		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X			
	Con revestimiento	X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
				X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		15/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Monzón No. 22, No.24, Calle Cuatro Caminos No.5,			
Edificios representativos de arquitectura monumental					
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2007)			



C/ Monzón No. 24



C/ Monzón No. 34



C/ Monzón No. 16

FICHA Nº 16		MUNICIPIO: CASTILLAZUELO	PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos	X		
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido	X		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		24/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		12 A-1232, 14 A-1232, Calle Ro Barrio.			
Edificios representativos de arquitectura monumental		2 A-1232			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Puyuelo (1993)			



12 A-1232



C/ Ro Barrio



14 A-1232



2 A-1232

FICHA Nº 17		MUNICIPIO: COFITA	PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X			
	Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido	X		
			Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		15/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Mayor No.10, No. 13, Av. Río Cinca No.1, Calle Fonz No.5.			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2012)			



C/ Fonz No.5



Av. Río Cinca No. 1



Av. Río Cinca No. 11



C/ Mayor No. 10

FICHA Nº 18		MUNICIPIO: FONZ		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares	X		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X		
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			X
		Molduras de paredes y techos			X
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento	X	X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X		
	Con revestimiento	X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido	X		
			Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
					X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		17/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Barones de Valdeolivos No.23, No.14, Calle Mina No.13, No.24, Calle San Blas No.1			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Plaza Pedro Maria Ric No.8, Iglesia Nuestra Sra. De la Asunción			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Rivas (2008), Mata-Perelló et al. (2012)			



Av. Plaza Maria Ric No. 8



C/ Las Virtudes No.2



C/ Virtudes No. 1



C/ Barones de Valdeolivos No.23

FICHA Nº 19		MUNICIPIO: FRAGA	PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares Detalles decorativos			
	INTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			X		
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas			
		En recto	X		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X			
	Con revestimiento	X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X		
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido	X		
			Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		17/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle de la Roqueta No.41, Calle del Banco No.29, Plaza San Roque No.15			
Edificios representativos de arquitectura monumental					
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2013), Mata-Perelló et al. (2015)			



C/ Roqueta No. 1



C/ Banco del No. 29



Plaza San Roque No. 15



C/ del Banco No. 2

FICHA Nº 20		MUNICIPIO: GESTAIN	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
		Con revestimiento	X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		17/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Moreras No.18, No.20, Calle Mayor No.12.		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia San Vicente Mártir		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Ortega et al. (1999), Villa (2019)		



C/ Mayor No. 12



C/ Moreras No. 18



C/ Moreras No. 20

FICHA Nº 21		MUNICIPIO: HUESCA	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos	X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		18/06/2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Quinto Sertorio, Calle Pedro IV No.33.		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Catedral de Huesca, Plaza Luis Allúe		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



C/ Quinto Sertorio



C/ Pedro IV No. 33



Plaza Luis López Allue

FICHA Nº 22		MUNICIPIO: LANAJA		PROVINCIA: LANAJA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL		
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X		
		Decorativos				
	INTERIORES	Sencillos	X	X		
		Decorativos				
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos	X	X		
		Cornisas y similares				
	INTERIORES	Detalles decorativos	X			
		Esculturas			X	
		Detalles de ventanas y huecos			X	
		Detalles decorativos			X	
		Molduras de paredes y techos			X	
SUELOS Y PAVIMENTOS						
TABIQUERÍA INTERIOR						
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)						
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)						
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS						
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X			
		Con revestimiento	X			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas				
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir				
		Con revestimiento		X		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X		X	
	Con revestimiento		X		X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X			
	MUROS	De piedra de yeso en seco				
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido				
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)				
		Encofrado de yeso vertido				
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS					
	CIMENTACIÓN					
	ARCOS					
	PILARES	Exentos				
Embebidos en muro						
CONTRAFUERTE						
PIEDRA	MAMPUESTO					
	LABRADA / CANTEADA					
	EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO						
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO						
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:						
Visita realizada:		18/06/2020				
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Mayor No.30, Calle Arrabal No.18, Calle Iglesia No.34, Calle Baron Romaña No.9, No.15				
Edificios representativos de arquitectura monumental		Calle Soldevita No.12, Calle Costa No.2, Iglesia de Lanaja				
Entrevistas realizadas:						
Bibliografía localizada del municipio:		Lasaosa (1997)				



C/ Iglesia No. 34



C/ Soldevilla No. 12



C/ Mayor No. 30



C/ Arrabal No. 18

FICHA Nº 23		MUNICIPIO: MONZÓN		PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL		
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X			
		Decorativos				
	INTERIORES	Sencillos	X			
		Decorativos				
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos	X			
		Cornisas y similares	X			
	INTERIORES	Detalles decorativos	X			
		Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos				
		Detalles decorativos			X	
		Molduras de paredes y techos			X	
SUELOS Y PAVIMENTOS						
TABIQUERÍA INTERIOR						
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)						
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)						
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS						
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir				
		Con revestimiento	X			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas				
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X			
		Con revestimiento	X			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir					
		Con revestimiento			X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS					
	MUROS	De piedra de yeso en seco				
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido				
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)				
		Encofrado de yeso vertido				
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS					
	CIMENTACIÓN					
ARCOS						
PILARES	Exentos					
	Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE						
PIEDRA	MAMPUESTO					
	LABRADA / CANTEADA					
	EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO						
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO						
					X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:						
Visita realizada:		18/06/2020				
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Joaquin Costa No.72, No.54, Calle Arriba No.54, No.5,				
Edificios representativos de arquitectura monumental		Catedral de Santa María del Romeral				
Entrevistas realizadas:						
Bibliografía localizada del municipio:		Garreta (2002)				



C/ Arriba No. 54



C/ Joaquín Costa No. 72



C/ Trans Colegial No. 13

FICHA Nº 24		MUNICIPIO: NUENO		PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS				ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	OBSERVACIONES
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X		
		Decorativos				
	INTERIORES	Sencillos	X	X		
		Decorativos		X		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos	X			
		Cornisas y similares				
	INTERIORES	Detalles decorativos				
		Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos				
		Detalles decorativos		X		
		Molduras de paredes y techos		X		
SUELOS Y PAVIMENTOS						
TABIQUERÍA INTERIOR						
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)						
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)						
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS						
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir				
		Con revestimiento				
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas				
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir				
		Con revestimiento	X			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir					
	Con revestimiento					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS					
	MUROS	De piedra de yeso en seco				
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido				
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)				
		Encofrado de yeso vertido	X			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS					
	CIMENTACIÓN					
	ARCOS					
	PILARES	Exentos				
Embebidos en muro						
CONTRAFUERTE						
PIEDRA	MAMPUESTO					
	LABRADA / CANTEADA		X			
	EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO						
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO						
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:						
Visita realizada:		26/06/2020				
Edificios representativos de arquitectura popular						
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia de San Martín Obispo				
Entrevistas realizadas:						
Bibliografía localizada del municipio:		Ortega (2012)				



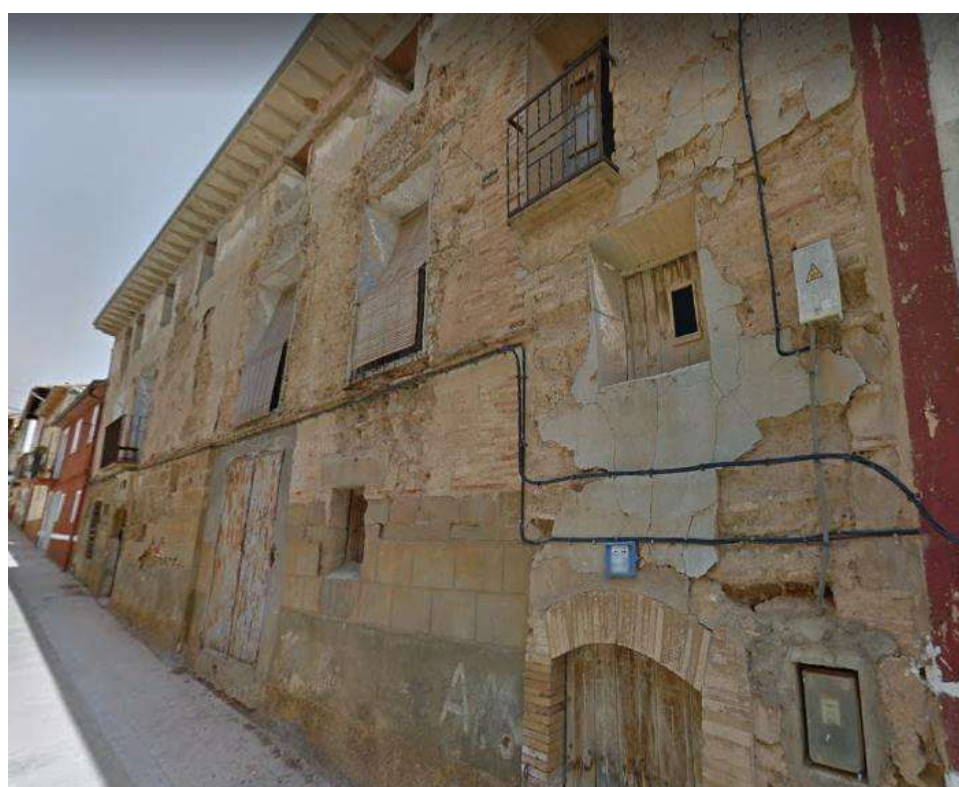
Iglesia de San Martín de Obispo, Huesca.



FICHA Nº 25		MUNICIPIO: PERALTILLA		PROVINCIA: HUESCA	
		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS		ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X	X
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos		X	X
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X	
		Detalles de ventanas y huecos			X
		Cornisas y similares			X
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABICHERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALIEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento		X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			X
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			X	
	Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
			Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		19/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. Virgen del Pilar No.29, No.14, No.2, Calle Guara No.9, Camino Azara No.1			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Calle Mayor No. 23			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Benito y Domper (1988), Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2009)			



Av. Virgen del Pilar No. 14



C/ Mayor No. 23

FICHA Nº 26		MUNICIPIO: PLAN		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas Detalles de ventanas y huecos Detalles decorativos Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir Con revestimiento	X X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
ARCOS					
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
PIEDRA	CONTRAFUERTES				
	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		19/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Mayor No.17, Calle A No.2.			
Edificios representativos de arquitectura monumental					
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Lerín (2016)			



C/ A 2

FICHA Nº 27		MUNICIPIO: POZÁN DE VERO		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR		UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
Con revestimiento			X		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir				
	Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:					
Edificios representativos de arquitectura popular					
Edificios representativos de arquitectura monumental		Calle Carretera			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2012)			



Callizo La Sierra



C/ Carretera

FICHA Nº 28		MUNICIPIO: ROBRES		PROVINCIA: HUESCA	
		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS		ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X	X
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos		X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos		X	
		Cornisas y similares		X	
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
TABIQUERÍA INTERIOR					
		UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
		REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
		REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento		X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir				
	Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
		FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		X	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
		ZÓCALOS			
		CIMENTACIÓN			
		ARCOS			
	PILARES	Exentos			
		Embebidos en muro			
		CONTRAFUERTE			
PIEDRA					
		MAMPUESTO			
		LABRADA / CANTEADA		X	
		EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		20/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle San Blas No.30, No.21, Calle Montestruc No.10, Calle Baron de Romaña No.46,			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia Nstra. Sra. De la Asunción			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Puyuelo (1993)			



C/ San Blas No. 30



C/ Montestruc No. 1



C/ Barón de Romaña No. 46

FICHA Nº 29		MUNICIPIO: SAN ESTEBAN DE LITERA		PROVINCIA: HUESCA		
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL		
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X		
		Decorativos				
	INTERIORES	Sencillos	X			
		Decorativos				
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos	X	X		
		Cornisas y similares	X	X		
	INTERIORES	Detalles decorativos			X	
		Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos				X
SUELOS Y PAVIMENTOS						
TABIQUERÍA INTERIOR						
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)						
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)						
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS						
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir				
		Con revestimiento	X			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas				
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir				
		Con revestimiento	X			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		X		
	Con revestimiento	X				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS					
	MUROS	De piedra de yeso en seco				
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido				
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)				
		Encofrado de yeso vertido	X		X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos					
	ZÓCALOS					
	CIMENTACIÓN					
ARCOS						
PILARES	Exentos					
	Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE						
PIEDRA	MAMPUESTO					
	LABRADA / CANTEADA		X		X	
	EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO						
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO						
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:						
Visita realizada:		20/06/2020				
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Molino No.3, No.5, No. 23, Calle Mayor No.10, No.9, Calle Fuentes No.7				
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia Parroquial San Esteban				
Entrevistas realizadas:		Joaquín Viudas, Joseret				
Bibliografía localizada del municipio:		Cases et al. (2006), Mata-Perelló et al. (2012)				



C/ Molino No.5



C/ Molino No.27

FICHA Nº 30		MUNICIPIO: SAN JUAN DEL PLAN	PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			X	
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenclas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
		Con revestimiento	X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:				
Edificios representativos de arquitectura popular				
Edificios representativos de arquitectura monumental				
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Monesma (1987)		



FICHA Nº 31		MUNICIPIO: SARIÑERA		PROVINCIA: HUESCA	
		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS		ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X	X
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos		X	X
		Decorativos			X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos		X	
		Cornisas y similares		X	
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			X
		Detalles decorativos			X
		Molduras de paredes y techos			X
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABICHERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALIEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento		X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas			
		En recto		X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento		X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X		
	Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
	ENTRAMADO CON HORMIGÓN DE YESO VERTIDO Y OTROS RELLENOS				
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				X
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
				X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
				X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		20/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. Monegros No.35,Calle Castillo Bajo No.14,Calle del Carmen No.8,11 A-230			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia de Sireña, Cartuja Nuestra Señora de las Fuentes			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Campos (1997)			



Av. Monegros No. 35



Ronda de San Francisco



28 A-230

FICHA Nº 32		MUNICIPIO: TAMARITE DE LITERA		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos	X		
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS		Detalles decorativos			
SUELOS Y PAVIMENTOS		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			X
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			X
		Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
FORJADOS					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	MUROS	De piedra de yeso en seco			X
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido	X		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
ZÓCALOS					
CIMENTACIÓN					
ARCOS					
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE					
PIEDRA					
MAMPUESTO					
LABRADA / CANTEADA					
EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		21/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Sn. Antonio Baja No.40, No.42, Calle Cinca No.6, Calle Mayor No.10, Calle Espejos No.16			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Plaza del Mesón No.1,			
Entrevistas realizadas:		Pedro Aguilá Farré			
Bibliografía localizada del municipio:					



C/ San Antonio Baja No.40



C/ Bon Vehi No. 15



C/ Cinca No. 6



C/ San Antonio Baja No. 42

FICHA Nº 33		MUNICIPIO: TORRALBA DE ARAGÓN		PROVINCIA: HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares	X		
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABICHERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALIEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X			
	Con revestimiento	X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		21/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Ramon y Caja No.1, No.20, Calle Joaquín Orús No.16, Calle Buenaventura Bagües No.9.			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Calle Goya No.10			
Entrevistas realizadas:		Teodoro García			
Bibliografía localizada del municipio:					



C/ Ramón y Cajal No. 1



C/ Ramón y Cajal No. 20

FICHA Nº 34		MUNICIPIO: TORRENTE DE CINCA		PROVINCIA HUESCA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares	X		
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABICHERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALIEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas			
		En recto	X		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X			
	Con revestimiento	X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORIADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS		X		
	CIMENTACIÓN				
ARCOS					
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		22/06/2020			
Edificios representativos de arquitectura popular		Calle Carretera 66, Calle San Salvador No.44, Calle Fraga No.22, 18 N-211			
Edificios representativos de arquitectura monumental					
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2013), Mata-Perelló et al. (2015)			



18 N-211



C/ Carretera No. 66

FICHA Nº 35		MUNICIPIO: YÉSERO		PROVINCIA:	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALIEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir				
	Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X		
			X		
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
PILARES	Exentos				
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		26 /06/ 2020			
Edificios representativos de arquitectura popular					
Edificios representativos de arquitectura monumental		Ermita Nuestra Señora de las Nieves, Iglesia San Saturnino			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:					



2. FICHAS TERUEL

Nº FICHA	MUNICIPIO
T1	Aguaviva
T2	Albalate del Arzobispo
T3	Albarracín
T4	Andorra
T5	Azaila
T6	Bañón
T7	Barrachina
T8	Belmonte de San José
T9	Burbáguena
T10	Calamocha
T11	Calanda
T12	Cañada de Verich
T13	Castel de Cabra
T14	Castelnou
T15	Castelserás
T16	Fortanete
T17	Galve
T18	Híjar
T19	Jatiel
T20	La Fresneda
T21	La Ginebrosa
T22	La Puebla de Híjar
T23	Libros
T24	Linares de Mora
T25	Luco de Bordón
T26	Martin del Río
T27	Más de las Matas
T28	Molinos
T29	Monroyo
T30	Montalbán
T31	Navarrete del Río
T32	Noguera de Albarracín
T33	Ojos Negros
T34	Oliete
T35	Perales de Alfambra (Villalba Alta)
T36	Pozuelo del Campo
T37	Teruel
T38	Torre los Negros
T39	Torrecilla del Rebollar
T40	Tramacastilla
T41	Urrea de Gaen
T42	Villanueva del Rebollar
T43	Villel

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Detalles decorativos		
Molduras de paredes y techos	X			
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco	X	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos	X	
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2012 y octubre 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Horno, c/ Puerto, A-1409, A-225 10, 45 y 69,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2009) y Mata-Perelló et al. (2015)



c/ Horno



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X
		Encofrado de yeso vertido	X	X
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

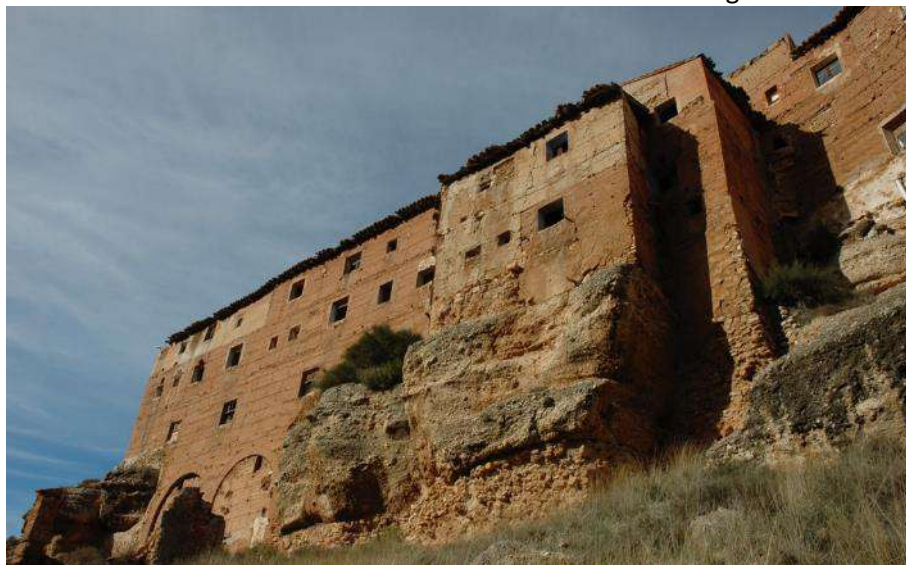
Visita realizada:	septiembre 2013
Edificios representativos de arquitectura popular	ctra. Andorra 2
Edificios representativos de arquitectura monumental	Santuario Virgen de los Arcos, Castillo
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2013) y Mata-Perelló et al. (2015)



Ctra. Andorra



Santuario de la Virgen de los Arcos

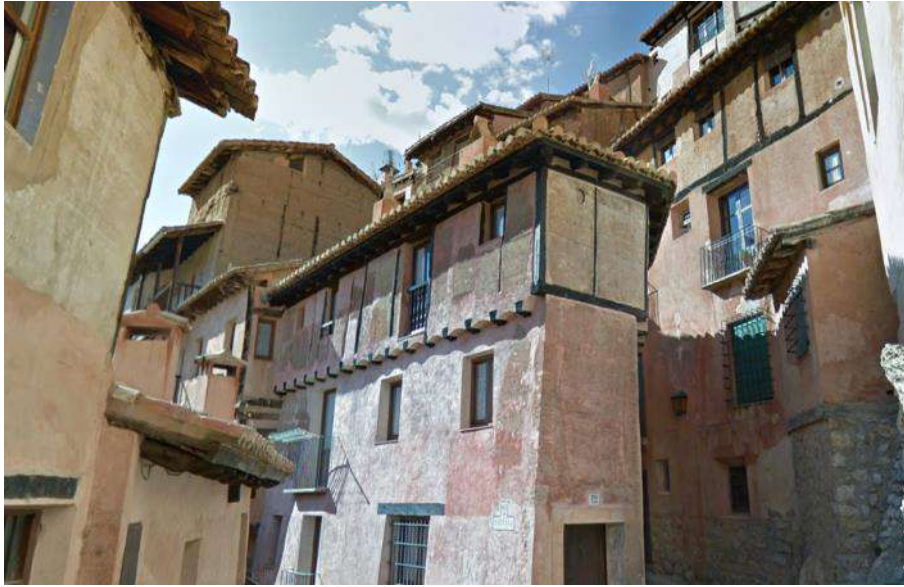


Santuario de la Virgen de los Arcos

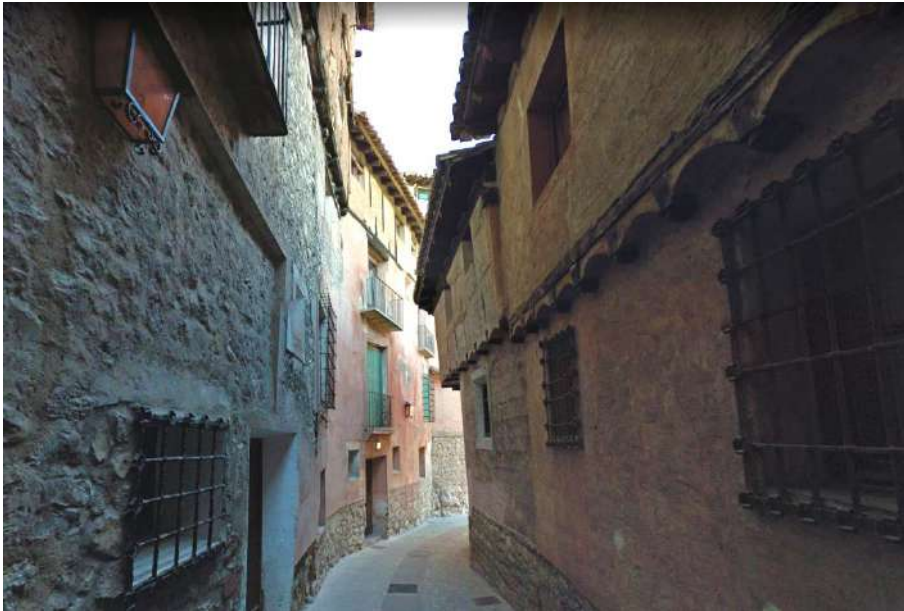
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto	X	X
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X
		Encofrado de yeso vertido	X	X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	X
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2016
Edificios representativos de arquitectura popular	A-1512, c/ Azagra 9 y 10, pza. Mayor
Edificios representativos de arquitectura monumental	Castillo, Ayuntamiento, c/ Puentes 3, c/ Azagra 18,
Entrevistas realizadas:	Antonio Meda y Andrés Millán
Bibliografía localizada del municipio:	Ibáñez (2008) y Sanz y Villanueva (2004)



c/ Azagra



c/ Puentes

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		X	X
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2013
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Alta 28, c/ Nueva 21, pza. la Iglesia 4, c/Mayor
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Cañada (2007) y Villarroya y Tejedor (2008)



c/ Alta



c/ Nueva



Pza. Iglesia



c/ Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X	
	Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	X
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2008
Edificios representativos de arquitectura popular	N-232 3 y 18, pza. Mayor 18, pza. Aragón 2 y 20, pza. Iglesia 8, c/ Herrería 2,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2013) y Mata-Perelló et al. (2015)



c/ Herrería



N- 232

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos	X	
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2015 y octubre 2016
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Fuente 25 y 38, c/ Mayor 41, c/ la Iglesia 22, c/ San Juan 8 y 22, c/ San Joaquín 28,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	Juan Lorenzo y José Paracuellos
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ San Juan



c/ la Iglesia



c/ San Joaquín

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	agosto 2009
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor 14 y 37, c/ Alto,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/Mayor 9,
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Mayor



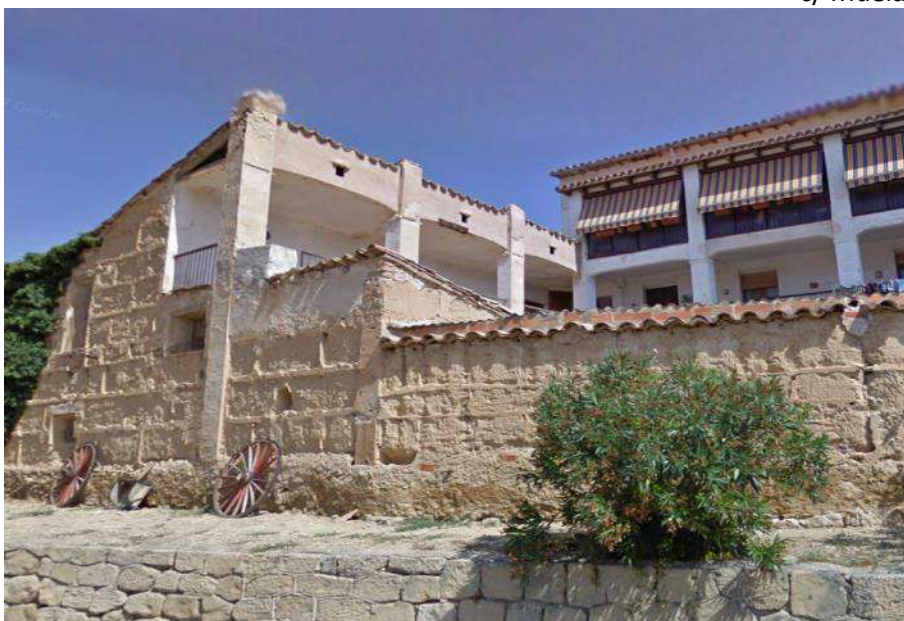
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	agosto 2009
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Bajo Muela, c/ Arrabal de Alcañíz, c/ Muela, c/ Carretera 9 y 11,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2014)



c/ Muela



c/ Carretera

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	X
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos	X	
Embebidos en muro		X	X	
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA		X	
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	febrero 2014 y septiembre 2018
Edificios representativos de arquitectura popular	N-234, c/ Mayor, c/ Castillo
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Castillo, Palacio de Latorre
Entrevistas realizadas:	Pepe Rodrigo
Bibliografía localizada del municipio:	



Castillo de Burbáguena

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X	
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares		X	
		Detalles decorativos		X	
	INTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR					
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas	X	X	
		En recto	X		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento	X	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
		Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido	X	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro		X			
CONTRAFUERTES			X		
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
			X		

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	enero 2009 y febrero 2014
Edificios representativos de arquitectura popular	N-234 55, c/ Desvío 25, c/ Ramón y caja 86, c/ Nueva 16, c/ Escuelas 21, c/ Aragón 15
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, c/ Teruel 2, pza. Sta. Beatriz de Silva 1, pza. España 2 y 15
Entrevistas realizadas:	Fran Martín
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2012)



Pza. España

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X	
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares	X	X	
		Detalles decorativos	X	X	
	INTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos		X	
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos		X	
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas		X	X
		En recto		X	X
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X		
	Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido		X	X
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro		X			
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2013
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Gaspar Sanz 6, c/ Hospital 6, c/ Ponderosa, c/ Samper de Calanda, c/ Virgen del Campo 7
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, pza. Cardenal Cascajares 1, pza España 9, c/ Bailén 2
Entrevistas realizadas:	José Miguel (Yesos Brumos)
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Hospital



c/ Milagro de Calanda



Pza. Cardenal

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X	X	
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2012 y febrero 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Jardín 5, c/ Carretera 12 y 30, A-1409,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, ermita Virgen del Pilar, c/ Jardín 1
Entrevistas realizadas:	Antonio Montañés Montañés
Bibliografía localizada del municipio:	



A-1409



c/ Carretera



Iglesia de Cañada de Verich

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS			X	
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	junio 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Carretera Palomar 2,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia de la Asunción, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Carretera Palomar



c/ Carretera Palomar



c/ Carretera Palomar

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
Molduras de paredes y techos		X		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	agosto 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Iglesia 2, 6 y 12, c/ Barranco 1,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2015)



c/ Iglesia



Pza. Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos	X	X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		X	
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	X
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			X
	LABRADA / CANTEADA		X	
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2013 y febrero 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	pza. Puente 13, pza. Solano 4 y 14,c/ Mayor Baja 24 y 30,c/ Mayor Alta 41 y 43,c/ Arrabal 2;
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Ronda de las Ermitas, c/ Mayor Baja 18, pza. España 24
Entrevistas realizadas:	Eduardo Montañes Casanova
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Arrabal



c/ Barranco Alto



Ronda de las Ermitas

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	febrero 2009 y agosto 2015
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Santa Bárbara 14, c/ San Rafael 37, c/ Loreto 4
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ermita San Loreto, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Rivas (2014)



c/ San Rafael



c/ Santa Bárbara



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brechas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos	X		
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

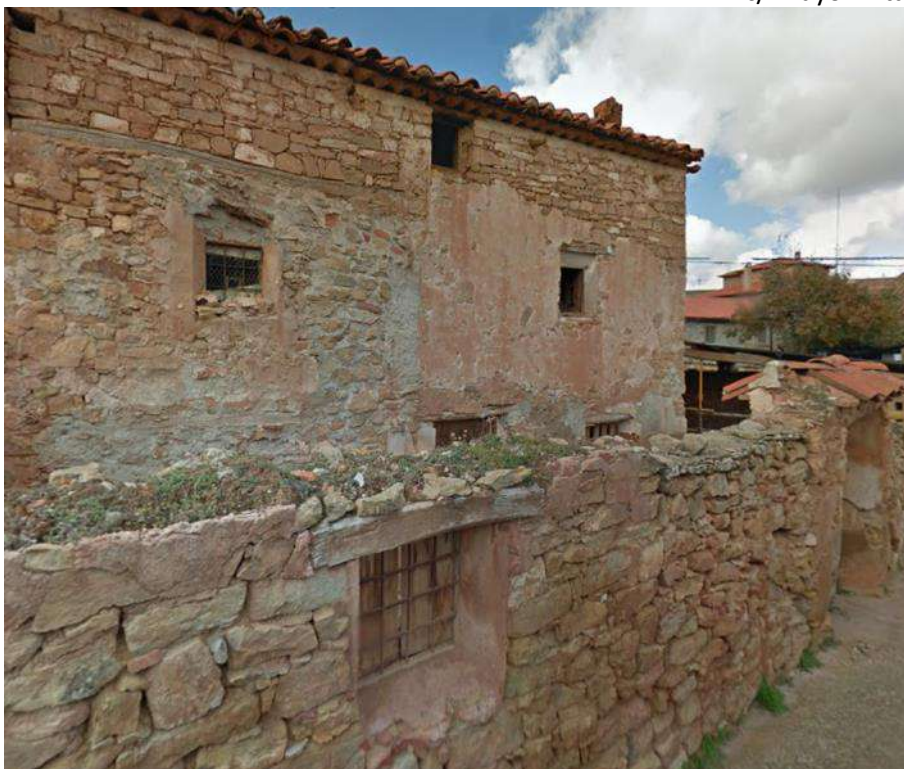
Visita realizada:	octubre 2015 y abril 2017
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor Alta 23, c/ la Parra 6 y 13, c/ Estudio 1, c/ Cedacería 8, c/ Ayuntamiento, c/ Alta
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	Jesús Herrero
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Estudio



c/ Mayor Alta



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS			X	
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2012 y mayo 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	Av. Del Carmen 21, 34 y 44, c/ Aguadores, ctra. Alcañiz 3 y 13, N-232 38, c/ Plano Alto 1
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia Santa María la Mayor, Ayuntamiento, Castillo
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mallor (2009)



N-123



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		X	
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS		X	
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2012 y mayo 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Joaquín Costa 25, TE-V-7001,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia de la Inmaculada Concepción, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2015)



TE-V-7001



TE-V-7001

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brechas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
CONTRAFUERTES	Embebidos en muro	X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2009 y junio 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	Av. Virgen de Gracia 12 y 35,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ermita de Santa Bárbara, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	Ramón Celma, Antonio Aguilar y Hermanos Ortiz Saura
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2012)



Av. Virgen de Gracia

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		X	
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS		X	
	PILARES	Exentos		
		Embebidos en muro	X	
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2012 y junio 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Pol-Au 4, c/ Carretera 6,8 y 10, c/ de las Moradas, A-1409
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	Francisco Bosque
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Pol-Au



c/ Carretera



c/ Pol-Au

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos	X	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares	X	X	
		Detalles decorativos		X	
	INTERIORES	Esculturas	X		
		Detalles de ventanas y huecos		X	
		Detalles decorativos		X	
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS			X		
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X	
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
Con revestimiento		X	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido	X		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2012 y marzo 2017
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor 35, 53 y 57, c/ del Molino Aceitero 8 y 29, A-1406 8, Av. Del la Estación 5 y 17
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, c/ Mayor 1 y 25
Entrevistas realizadas:	Felix Daroca y José Bello Polo
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2013)



c/ Molino Aceitero



Av. Estación



c/ Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brechas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos	X		
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

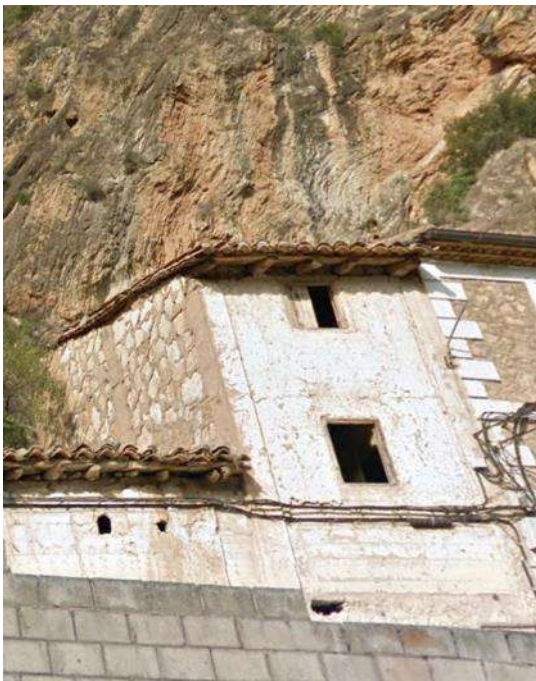
Visita realizada:	septiembre 2015 y junio 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	Paseo Turia 4, 25 y 80, c/ Talega 8, c/ Molino 7 y 22,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Paseo Turia 30 y 32
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



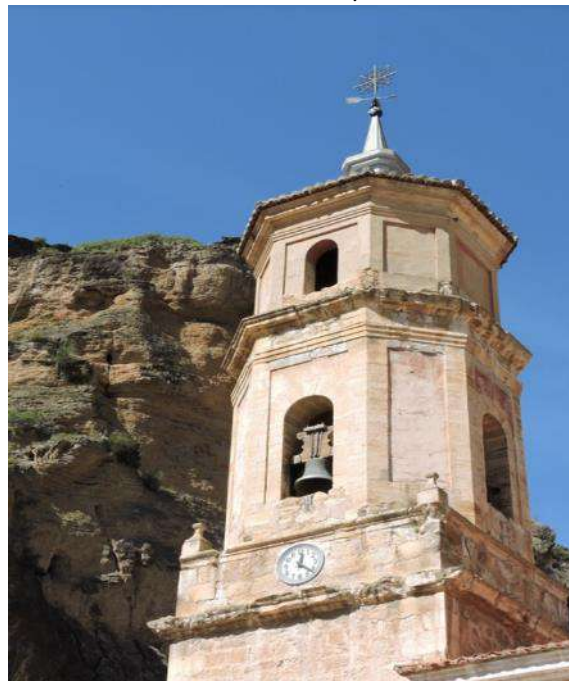
Pº Turia



c/ Molino



Pº Turia



Parroquia de San Juan Bautista

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
	Con revestimiento		X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES			X	
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2015
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Umbría
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Parroquia de la Inmaculada Ayuntamiento, Ermita de Santa Ana
Entrevistas realizadas:	Vincenzina La Spina
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Umbría



Parroquia de la Inmaculada

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X	
	Con revestimiento		X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Portal
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Ermita
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Portal



c/ Portal

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2015
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Carretera 3 y 32, N-211 55,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Carretera

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares	X		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X		
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS			X		
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X		
		En recto	X		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
Con revestimiento		X			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X			
	Con revestimiento	X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X		
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X		
		Encofrado de yeso vertido	X		
			Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro		X			
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA		X		
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO				X	
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	ctra.Castellote 16, ctra. Aguaviva 5, c/ Palanqueta 43, c/ Rosario 3 y 36, Av. Constitución 21
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2009) y Mata-Perelló et al. (2015)



Ctra. Calanda



c/ Palanqueta

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
	Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	noviembre 2016
Edificios representativos de arquitectura popular	Pza. Mayor,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Pza Matyor
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



Pza. Mayor



Pza. Mayor

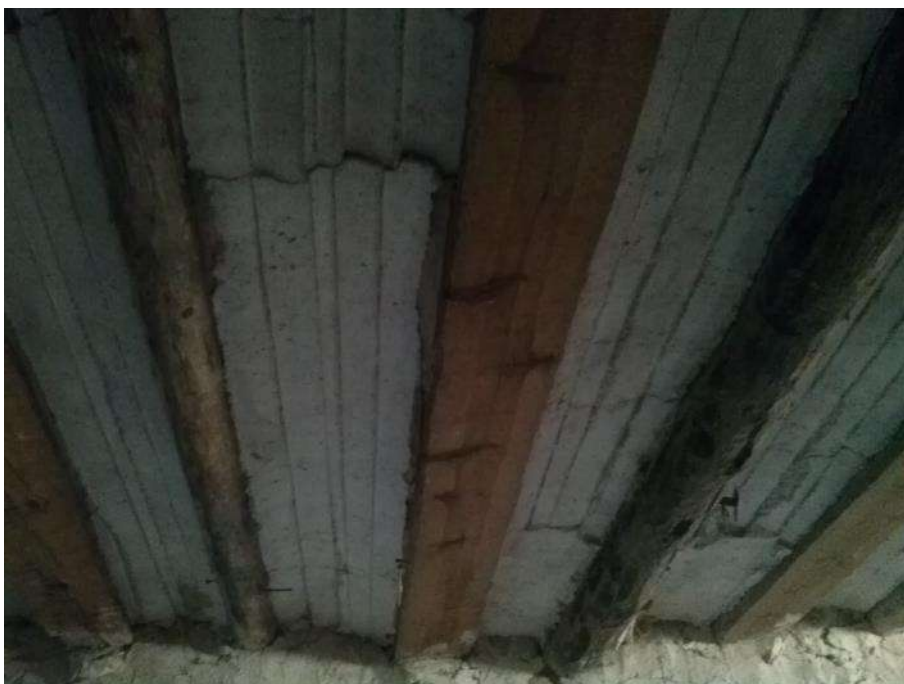
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brechas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	mayo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	ctra. Zaragoza 4
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



Ctra. Zaragoza



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	mayo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	Av. Aragón 1, 4, 9 y 28
Edificios representativos de arquitectura monumental	
Entrevistas realizadas:	Dolores Ortín Azuara
Bibliografía localizada del municipio:	



Av. Aragón



Av. Aragón



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2012 y junio 2016
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Estación 8, c/ Castillo, A-1508, c/D. Justino Bernad, c/ Mayor 13, ctra. Calamocho
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, pza. Reverendo José Lainez, c/D. Justino Bernad
Entrevistas realizadas:	Ignacio Lechón, José Lechón y Esteban López
Bibliografía localizada del municipio:	



A-1508



c/ Estación



Iglesia de la Asunción de Nuestra Señora

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brechas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		X	
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2015
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Virgen del Pilar 1, c/ Iglesia, c/ Dominguera 1 y 3, A-1512 50,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Dominguera



c/ Virgen del Pilar



Iglesia de Noguera de Albarracín

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	enero 2009
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Cuatro Esquinas 16, c/ Carraslinas 2, c/ García Guerrero 10, c/ Replaceta 28, c/ Cantam
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Calle del Reverendo Padre Fogued 75,
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2012)



c/ García Guerrero



c/ Cantamora

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brechas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2009
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Carretera 34, A-1401 8 y 10,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Ermita Virgen del Cantal
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2013) y Mata-Perelló et al. (2014)



c/ Carretera



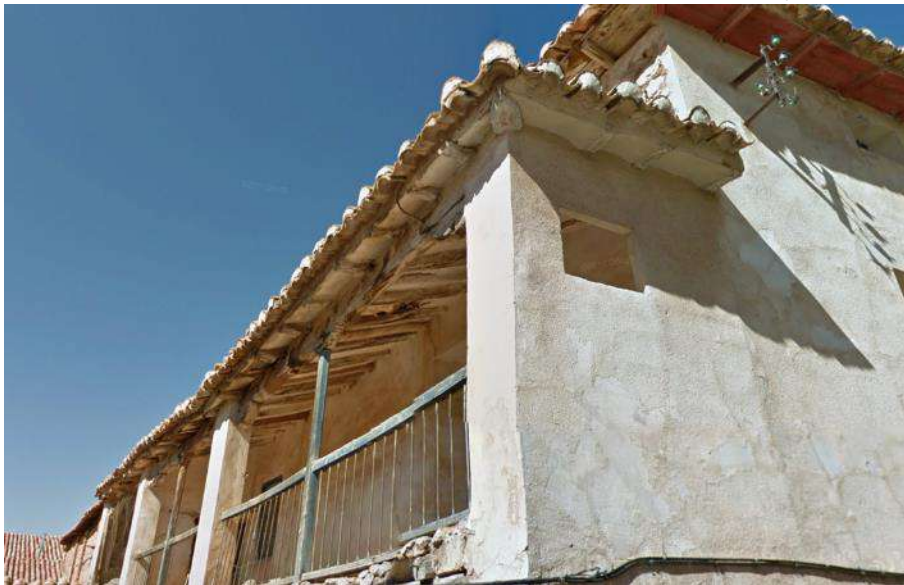
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
Molduras de paredes y techos				X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos	X	
Embebidos en muro		X	X	
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor 2, 17 y 27, c/ Senderas 5, c/ Cañadica, c/ del Carmen, c/ Mesón 44, c/ Huertos 2
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/ Mayor 4, Iglesia Villalba Alta
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Senderas

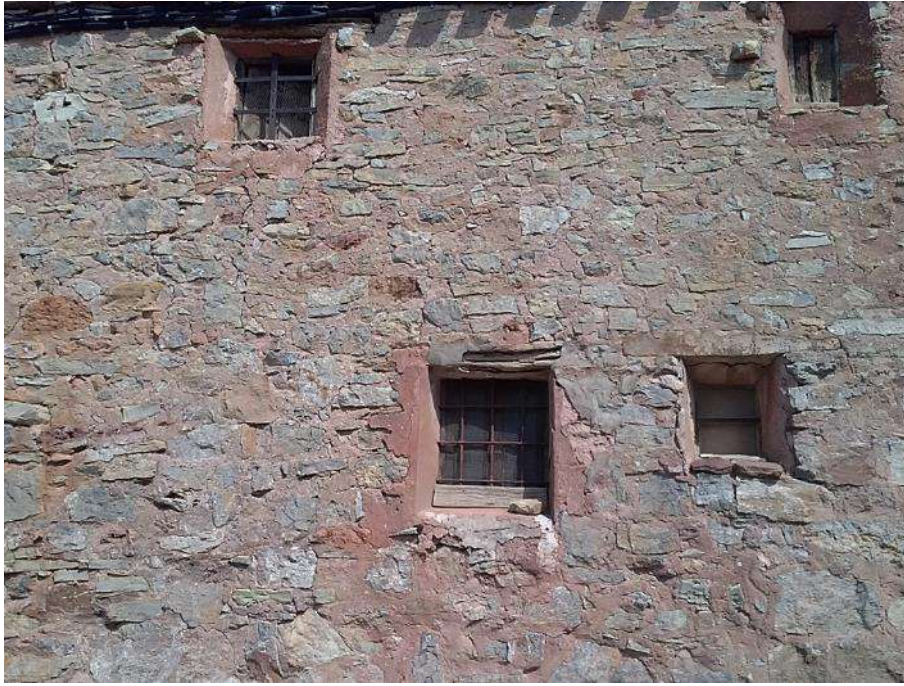


Ayuntamiento de Perales de Alfambra

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir Con revestimiento			
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir Con revestimiento	X X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN					
ARCOS					
PILARES	Exentos Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2017
Edificios representativos de arquitectura popular	N-211
Edificios representativos de arquitectura monumental	
Entrevistas realizadas:	Maximino López
Bibliografía localizada del municipio:	



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		X	
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS			X	
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2018
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Abadía 3, c/ San Francisco 16, c/ San Andrés 27, c/ de la Parra 19
Edificios representativos de arquitectura monumental	Catedral, Torre el Salvador, Torre San Martín, Torrec/ Abadía 1, pza. San Juan 2,
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Villa (2009)



c/ San Andrés



c/ San Francisco



Catedral de Teruel

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	agosto 2009
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Fuente, c/ MAyor, c/ Real Baja, TE-V-1011
Edificios representativos de arquitectura monumental	
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Sarto (2004) y Mata-Perelló et al. (2012)



c/ Real Baja



c/ Fuente

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	agosto 2009
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Carretera 8, A-1508
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/ Carretera 9,
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X	X	
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2015
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ San Sebastián 49 y 91, c/ Martín Almagro 1, pza. Mayor 7, c/ Moral 3,c/Magdalena 25 y
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/ San Antonio 3,
Entrevistas realizadas:	Antonio Meda
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Magdalena



c/ Moral



c/ San Sebastián

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Zaragoza 2, cº del Regadío 4, c/ Carretera 8
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	agosto 2009
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Iglesia, A-1508
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	X
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X
		Encofrado de yeso vertido	X	X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2015
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Juan Alegre 9 y 10, c/ San Antonio 39 y 66, pza Tadeo Calomarde, N-330, c/ Tranquera 2
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/Casanova 1 y 5, c/ Iglesia 9
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Tranquera



N-330



c/ Iglesia

3. FICHAS ZARAGOZA

Nº FICHA	MUNICIPIO	Nº FICHA	MUNICIPIO
Z1	Aladrén	Z51	Quinto de Ebro
Z2	Alfajarín	Z52	Ricla
Z3	Almonacid de la Cuba	Z53	Rodén
Z4	Aniñón	Z54	Rueda de Jalón
Z5	Añón	Z55	San Mateo de Gállego
Z6	Bardallur	Z56	Sástago
Z7	Belmonte de Gracián	Z57	Tauste
Z8	Bisimbre	Z58	Terrer
Z9	Borja	Z59	Tierga
Z10	Bujaraloz	Z60	Tobed
Z11	Bureta	Z61	Uncastillo
Z12	Cadrete	Z62	Urrea de Jalón
Z13	Calatayud	Z63	Valmadrid
Z14	Caspe	Z64	Velilla de Jiloca
Z15	Chodes	Z65	Villafeliche
Z16	Cuarte de Huerva	Z66	Villamayor de Gállego
Z17	Daroca	Z67	Villar de los Navarros
Z18	El Buste	Z68	Zaragoza
Z19	Farlete	Z69	Zaragoza (Alfocea)
Z20	Frescano	Z70	Zaragoza (Peñaflor)
Z21	Fuendejalón	Z71	Zaragoza (Torrecilla de Valmadrid)
Z22	Fuentes de Ebro	Z72	Zuera
Z23	Fuentes de Jiloca		
Z24	Gelsa		
Z25	Herrera de los Navarros		
Z26	Juslibol		
Z27	La Almolida		
Z28	La Almunia de Doña Godina		
Z29	La Puebla de Alfindén		
Z30	Las Pedrosas		
Z31	Lécera		
Z32	Leciñena		
Z33	Longares		
Z34	Magallón		
Z35	Maluenda		
Z36	Mediana de Aragón		
Z37	Mequinenza		
Z38	Miedes de Aragón		
Z39	Monegrillo		
Z40	Moneva		
Z41	Montón		
Z42	Morata de Jalón		
Z43	Moros		
Z44	Moyuela		
Z45	Nuévalos		
Z46	Paracuellos de Jiloca		
Z47	Perdiguera		
Z48	Pina de Ebro		
Z49	Pozuelo de Aragón		
Z50	Puebla de Albortón		

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		Camino de Vistabella, c/ Fuente 8		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, c/ Fuente 13		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Andrés (1996) y Mata-Perelló et al. (2013)		



c/ Fuente



cº Vistabella



c/Fuente

FICHA Nº 2		MUNICIPIO: ALFAJARÍN	PROVINCIA: ZARAGOZA	
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		X
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
Con revestimiento			X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	ZÓCALOS		X	X
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTE			X	
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA			X
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. Europa 191, c/ Santiago Apostol, 205 N-II, c/ el Castillo 3, c/ Fabla Aragonesa 6, Paseo Aragón 29		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Castillo de los Cornel, c/ la Portaza 41, c/ Agustina de Aragón 57		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Agustina de Aragón



c/ Fabla Aragonesa



Castillo de Alfajarín



Portaza

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Barrio Verde 33, c/ Molines 29, c/ Estreveldes, c/ Enmedio, c/ Morería 18		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ermita Ntra Señora de Dolores, c/ Morería 56		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2013)		



c/ Enmedio



c/ Estreveldes



c/ Morerí

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		noviembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Puerta de la Villa 33, c/ Tajada Alta 65		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, Plaza de la Iglesia		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Tajada



Pza. Iglesia



c/ Puerta de la Villa

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:	septiembre 2012			
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Moncayo 24, c/ Tarazona 15			
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento			
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:	Chueca et al. (2004)			



c/ Moncayo



c/ Tarazona

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
		Embebidos en muro		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	Juan de Lanuza 17, c/ Escuela 26, c/ Barrio Verde 37, Plaza España 7, c/ Mayor 13 y 8 y 10 A-122,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Parroquia Nuestra Señora de los Ángeles, Ermita de San Bartolomé, c/ Turbena 17, c/ Baja 25 y 44
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2012)



c/ Juan de Lanuza



Pza. España



Ermita de San Bartolomé

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco	X	X
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		noviembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Muntadas 16, c/ Santa Lucía 5 y 27, c/ José Calvo Sotelo 15 y 24, c/ Virgen 27		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Palacio Parroquial Astigua		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)		



c/ Calvo Sotelo



c/ de la Virgen



Casa Palacio Parroquial s. XVII

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares	X		
		Detalles decorativos	X		
	INTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenca			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
Con revestimiento					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		marzo 2015			
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Hmnos Royo Sinués 2 y 12,			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia Parroquial San Juan Bautista, Plaza Iglseia 5			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)			



Pza. de la Iglesia



c/ Hnos Royo Sinués



c/ Hnos Royo Sinués

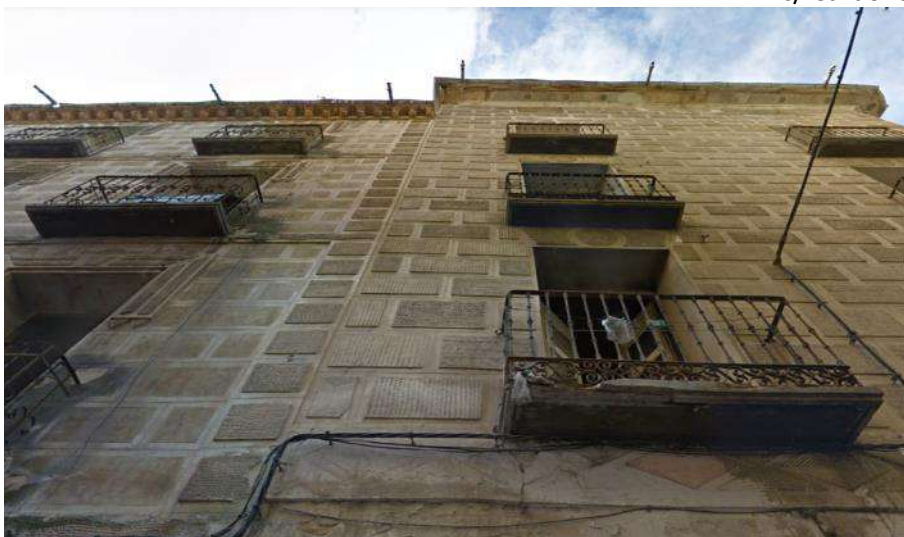
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS			X	
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	noviembre 2013, diciembre 2019 y enero 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Cardona 5, 9 y 32, c/ Pelinas 7, c/ San Bartolomé
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Av. Ramón y Cajal 4, c/ Goya 1, 5 y 11, Av Cervantes, Plaza del Mercado
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2014)



c/ Cardona



c/ Goya



c/ Goya

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			X
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		X
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2008 y septiembre 2017
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Arrabal 1, c/ Mayor 32, c/ Iglesia 17, c/ Sol 25,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, c/ Santa María, 27, c/ Baja 9,
Entrevistas realizadas:	Carmelo Used y Marcos Escanilla
Bibliografía localizada del municipio:	Enfedaque (2008)



c/ Mayor



Parroquia de Santiago el Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares	X		
		Detalles decorativos	X	X	
	INTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos		X	
		Molduras de paredes y techos		X	
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento		X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X	
Con revestimiento		X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro		X			
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:		marzo 2011			
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Goya 30, c/ Conde de Bureta 1 y 17,			
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Palacio Condes de Bureta, c/ Mayor 50			
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)			



c/ Goya



c/ Conde de Bureta



c/ Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	X
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				X
ARCOS				
PILARES		Exentos	X	
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		julio 2012 y agosto 2019		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Tenor Fleta 22, c/ Santo Cristo, c/ Constitución 13, c/San Jorge 16 y 24, c/ del Castillo		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Castillo de Cadrete		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Santo Cristo de Cadrete



c/ Constitución



c/ San Jorge

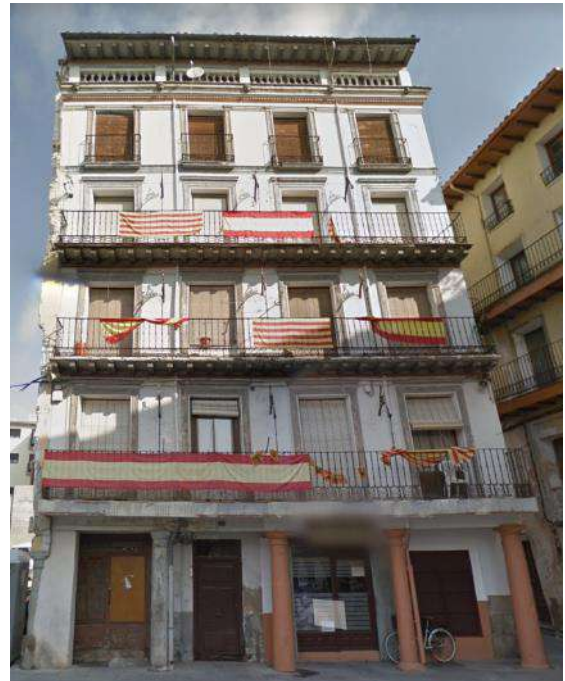


Castillo Cadrete

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenchas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro			X	
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	X
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	agosto 2012 y junio 2018
Edificios representativos de arquitectura popular	Plaza España 26, c/ San Miguel, c/ Extramuros Soria 8, c/ Barrio Verde
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayto, Palacio Episcopal, Castillo Ayud, c/San Miguel 14 y 23, c/Rua de Rato 25, Plaza Carmen 5
Entrevistas realizadas:	José María Judez, José Lozano, José Luis Soria, Ángel Miñana y María Sol González
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2014)



Pza. España



Castillo Calatayud

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		X
		En recto	X	X
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		julio 2013		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Lon 8, c/ Garderas 6, c/ Muro 35 y 43, c/ Pellicer, c/ Carmen 34		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Castillo, s/ Subida al Castillo 11, c/ San Agustín 1 y 2, Palacio Piauelo Barberán		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Lon



c/ Gumá



Castillo de Caspe

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto	X	X
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		noviembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Libertad, c/ Extramuros, c/ Calvario 12, A-2302		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Plaza España		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2012) y Mata-Perelló et al. (2013)		



c/ Extramuros



c/ Libertad



Pza. España

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTUR A POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X		
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos			
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos			
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento			
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento			
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir				
		Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido			
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro					
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
			X		
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
			X		

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	marzo 2016 y abril 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Canónigo Navascués 11, c/ Mayor 13
Edificios representativos de arquitectura monumental	
Entrevistas realizadas:	Yesos Díaz Ibañez
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Mayor



c/ Canónigo Navascués

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2014 y marzo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor 35, c/ Grajera 16 y 20
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Palacio de los Luna, c/ Mayor 11, 13, 119, c/ Grajera 7 y 9
Entrevistas realizadas:	Alfredo Ramiro Calvo y Moisés Antonio Julve Gibanel
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Grajera



c/ Mayor



Palacio de los Luna

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		Plaza Dr. Modrego 9, c/ San Roque, c/ Mayor 32		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Ermita San Roque, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Chueca et al. (2004)		



c/ San Roque



c/ Mayor



Pza. Modrego

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		marzo 2019		
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. Caídos, c/ Ramón y Cajal 10, Av Zaragoza 4, c/ Iglesia 4, c/ Horno 55, c/ Virgen 21		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Ermita de la Virgen de la Sabina, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:		Valentín Alierta Orduño		
Bibliografía localizada del municipio:		Blasco y Ona (1998) y Rivas (2005)		



Av. Caídos



c/ de la Virgen



Av. Zaragoza

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		marzo 2011		
Edificios representativos de arquitectura popular		Plaza España 3 y 8		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)		



Pza. España

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2014		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Constitución 28, c/ Costa 26		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Parroquia San Juan Bautista, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)		



c/ Costa



c/ Constitución

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco	X	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS			X	
CIMENTACIÓN			X	
ARCOS				
PILARES		Exentos		
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA		X	
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS			X	
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2008 y marzo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/Goya 3, Paseo de la Justicia 67, c/ Agustina de Aragón 30, c/ Antonio Viamonte 8, Plaza Parral
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/ Tenor Fleta, c/ San Blas
Entrevistas realizadas:	Javier Moreno Lizaga
Bibliografía localizada del municipio:	



Otros elementos: Balcones de yeso con subestructura de cañizo

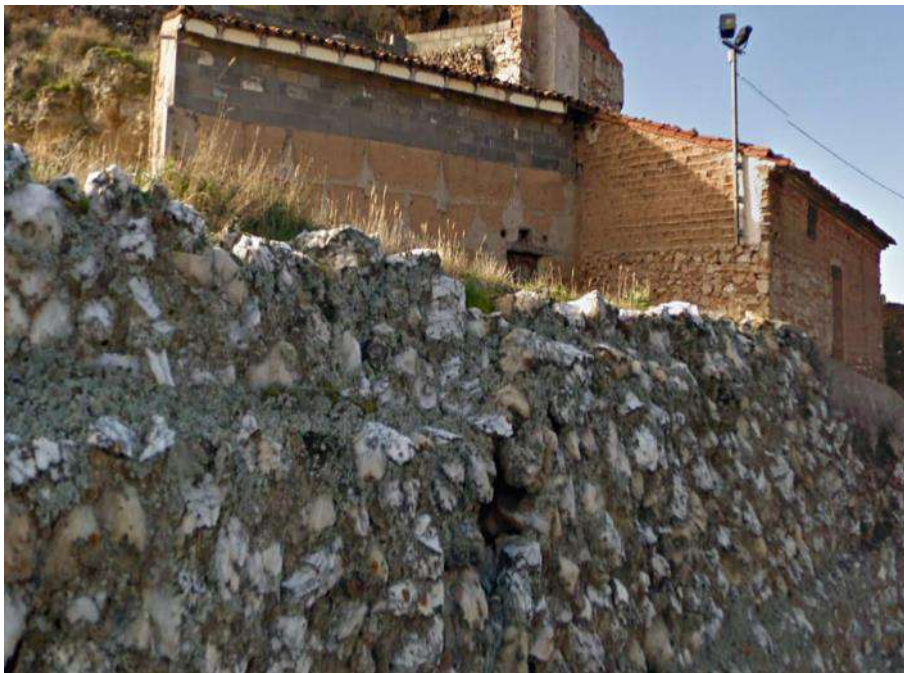


c/ Tenor Fleta

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenchas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES		Exentos		
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	noviembre 2008
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Chorrillo 16, c/ Cuatro Esquinas, Camino Cuesta 5, c/ Huertos 1,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	Alfredo Ramiro Calvo
Bibliografía localizada del municipio:	



cº Cuesta



c/ Chorrilo

		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS	ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
	INTERIORES	Detalles decorativos		X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2014 y mayo 2017
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Enriqueta Osete 28, c/ Diseminados, c/ San Pedro 22, Plaza Mayor 21
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	Miguel Aznar
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Diseminados



c/ San Pedro



Pza. Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Cobertizo, c/ Santa María 63, c/ Barranquillo 20		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2013)		



c/ Santa María



c/ Barranquillo



c/ Barranquillo

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2008 y noviembre 2017
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ José Palacios 31, c/ Pilar Figueras
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, c/ Iglesia 4
Entrevistas realizadas:	



c/ José Palacios



Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
REVESTIMIENTOS	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
	INTERIORES	Detalles decorativos		X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS		X	X
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTE		X		
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA		X	
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2012 y diciembre 2018
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor 60, Paseo Fueros de Aragón 25 y 34, c/ Carmen 13, camino Diputación, c/ Aire 2
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/ San Juan, c/ Santa Bárbara 2, c/ Portal de Barbastro
Entrevistas realizadas:	Jesús Pinos
Bibliografía localizada del municipio:	Rozas (1998), Rivas (2005) y Lacort et al. (2007)



pº Fueros



c/ Portal Barbastro



c/ Portal Barbastro

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Ntra. Sra. Del Rosario 27, c/ San Juan 8, c/ Barriocurto 32		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, c/ Ortubia 1 y 20		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Roy (2003) y Mata-Perelló et al. (2012)		



c/ San Juan



c/ Ortubia



c/ Ortubia

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		!
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		marzo 2019		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Mayor 23 , 25 y 42 , c/ Eras Altas, c/ Depósito 8, c/ Ramón y Cajal 8,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, c/ Mayor 28 y 60		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Depósito



c/ Ramón y Cajal



c/ Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Mayor, c/ Zaragoza		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Plza. Constitución 4,		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Rivas (2017) y Rivas (2019)		



Pza. Constitución

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenca		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. José Antonio 2, c/ Dula 8 y 24, c/ San Isidro 3, c/ Santo Domingo 23 y 25, c/Mayor 31		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, c/ Callizo Bachocas 9		
Entrevistas realizadas:		Manuel		
Bibliografía localizada del municipio:				



Av. José Antonio



c/ Dula



c/ San Isidro

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco	X	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	X
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		A-129 17, Av. Zaragoza 26, c/ Ronda 2, c/ Calvario 4, c/ Buen Pastor 14, c/ Albero 7		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, c/ Gimeno 3, cº de la Virgen		
Entrevistas realizadas:		Luis Marcen, Domingo Marcén, Juan José Marcén y Ambrosio Solanas		
Bibliografía localizada del municipio:		Blasco y Ona (1998), Rivas (2003), Rivas (2005) y Rivas (2014)		



c/ Calvario



A-129



Cº de la Virgen

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		Cº San Gregorio 9,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, Pza. España 1,		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



Otros elementos: Horno de yeso. cº de Almonacid de la Sierra a Longares



cº San Gregorio



Pza. España

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
REVESTIMIENTOS	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
	INTERIORES	Detalles decorativos		
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS			X	
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		marzo 2011		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ de los Alfares 1, Av. De la Paz 18, c/ Convento Dominicos 57,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, Convento Dominicos, c/ Goya 1 y 2, c/ Santa Maria 19 y 35		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)		



Otros elementos: Fuente de yeso



c/ Alfares



c/ Santa María

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenchas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		X
ZÓCALOS		X		
CIMENTACIÓN		X		
ARCOS			X	
PILARES		Exentos		
		Embebidos en muro	X	
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2014 y marzo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor 105, 109 y 120, c/ Maribaida, c/ Socorro 21, c/ el Cerro, c/ Sta Teresa de Jesús 13
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia San Miguel, Iglesia Santa Maria, c/ Mayor 2
Entrevistas realizadas:	Antonio Meléndez Aldea y Jesús Gil Alejandre
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ las Eras



c/ Mayor



Portal c/ Mayor



Iglesia San Miguel

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2008
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Sta. María Magdalena 6-14 y 40, c/ Barrio Alto 19 y 34, c/ Mayor 8, 48 y 51, c/ Muro Navaro 9 y 34
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/ Sta. María Magdalena 6-14
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Mayor



c/ Santa María Magdalena

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2017 y junio 2019		
Edificios representativos de arquitectura popular				
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia de Ntra Señora de la Asunción		
Entrevistas realizadas:		Andrés Didior		
Bibliografía localizada del municipio:				



Iglesia de Ntra Señora de la Asunción

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES		Exentos	X	
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:				
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Barranco, c/ Gral. Franco 12 y 26, c/ Piquete 26,c/ Luis Buñuel 20, c/ Cooperativa,A-1504		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Ilgesia, Ayuntamiento, c/ Piquete 3,		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)		



c/ Democracia



Iglesia de San Pedro Apóstol de Miedes

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS		X	X
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			X
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			X
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008 y marzo 2019		
Edificios representativos de arquitectura popular		A-1104, c/ San Roque 1, 4 y 50, c/ Santa Cruz 12, c/ Mayor 23, c/ San Miguel 4,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		c/ San Roque, c/ del Rosario 30, c/ Rosal 2,		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Pes et al. (2005)		



c/ Rosario



c/ Santa Cruz



c/ San Roque

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		febrero 2011		
Edificios representativos de arquitectura popular		Pza. Baja 4, c/ Trascorrales 27, c/ Caracol, c/ Alta 22, c/ Dula 6,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Trascorrales



c/ Dula



Iglesia de Santa Eulalia

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X	
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares			
		Detalles decorativos	X	X	
	INTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos		X	
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos		X	
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	X	
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
Con revestimiento					
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS				
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X	
		Encofrado de yeso vertido	X		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
ARCOS					
PILARES	Exentos	X			
	Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO					
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					
			X		
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:					
Visita realizada:	julio 2012 y septiembre 2018				
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Barranco, Pza. Nueva 2, c/ Callejones 33, c/ Triperia 29, c/ Monchales 5, c/ Iglesia				
Edificios representativos de arquitectura monumental	Ermita de Ntr. Sra del Pilar, Pza. Nueva 1				
Entrevistas realizadas:					
Bibliografía localizada del municipio:	Urzay (2006)				



c/ Iglesia



c/ Callejones



Pza. Nueva

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		X	
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	c/Turquería,, c/ Eusebio Blasco, c/ Mayor Alta 49, Ctra. Cálvena 14, c/ Sta. Bárbara, c/ Castillo 27
Edificios representativos de arquitectura monumental	Parroquia Santa Ana, Pza. Portal, c/ Mayor Alta 16, 55 y 58, c/ Barranco Eras 10
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2013)



c/ Barranco Eras



Ctra. Cálceña



c/ Mayor



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido		
Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES		Exentos		
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		noviembre 2018		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Barrio Nuevo 27, c/ García Sánchez 22, c/ Extramuros, Ctra. Ateca-Torrelapaja 5		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Bario Nuevo



c/ Extramuros



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento		
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES		Exentos		
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		cº Cementerio, c/ Malta 4, c/ Capitán Godoy 27, c/ Barranco, c/ Rector 27,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Ermita Santa María Allende, c/ Capitán Godoy 6, c/ Rector 38, c/ Ferial 22		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Gargallo (1992)		



c/ Cementerio



c/ Malta



TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	X
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES		Exentos		
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

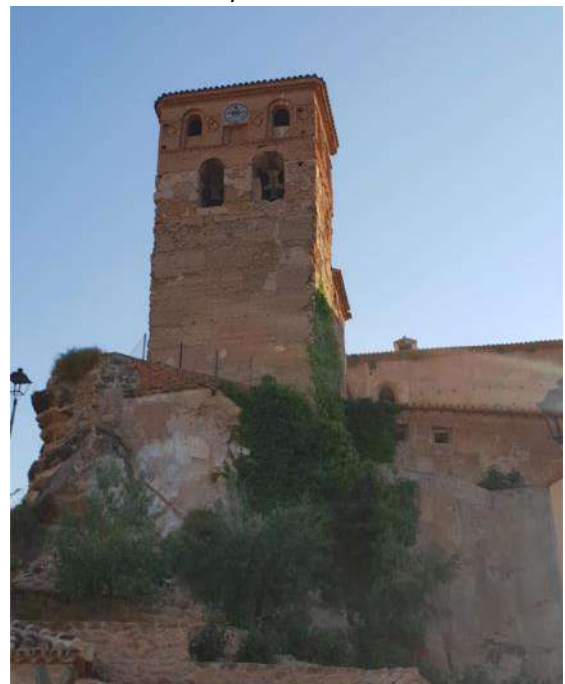
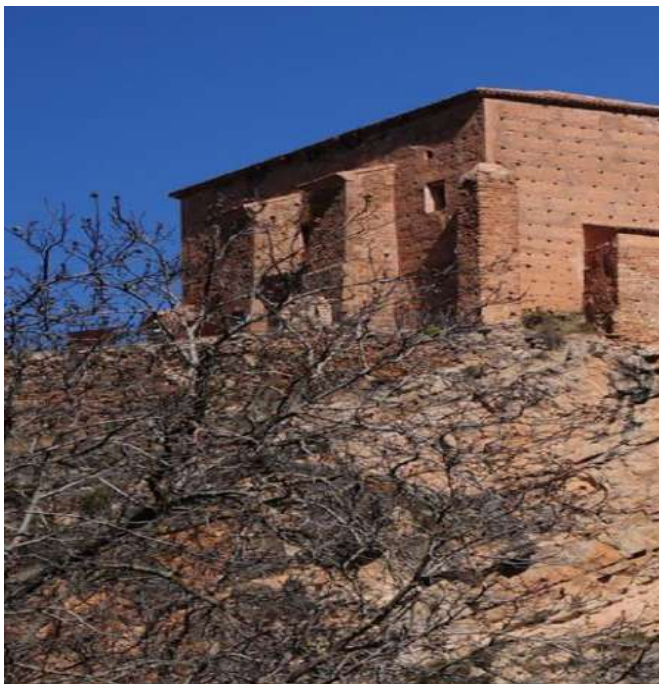
Visita realizada:	septiembre 2018
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Constitución 25, c/ Eruelas, Pza. Antonio Colas,
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia de San Julián, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2014)



c/ Constitución



c/ Constitución



Iglesia de San Julián

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		noviembre 2008 y septiembre 2018		
Edificios representativos de arquitectura popular		Av. Valencia 52 y 64, c/ Barranco 5, c/ Real 5, c/ Coladillo 11 y 53		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, c/ Real 21		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Urzay (2006)		



Av. Valencia



Av. Valencia

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X		
		Decorativos	X		
	INTERIORES	Sencillos	X	X	
		Decorativos			
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos	X	X	
		Cornisas y similares			
	INTERIORES	Detalles decorativos			
		Esculturas			
		Detalles de ventanas y huecos		X	
		Detalles decorativos			
		Molduras de paredes y techos		X	
SUELOS Y PAVIMENTOS					
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir			
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas			
		En recto			
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X	
		Con revestimiento	X		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
Con revestimiento		X			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco			
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido			
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			
		Encofrado de yeso vertido		X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS				
	CIMENTACIÓN				
	ARCOS				
	PILARES	Exentos			
Embebidos en muro		X			
CONTRAFUERTES					
PIEDRA	MAMPUESTO				
	LABRADA / CANTEADA				
	EXCAVADA				X
OTROS ELEMENTOS					
TERRENO MUY YESÍFERO				X	
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	marzo 2014 y agosto 2014
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ del Molino 1, c/ Antonio Pertusa 5 y 8, c/ San Sebastián 23
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia de la Asunción de Nuestra Señora,
Entrevistas realizadas:	Isidoro Murillo Escuer
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ San Sebastián



c/ Molino



Iglesia de la Asunción de Nuestra Señora

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008 y octubre 2012		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ del Pilar 9, c/ del Sol 13 y 15, c/ Ramón y Cajal 12,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, c/ Jaime Casasús 74, Casa Consistorial, c/ Portal del Pino		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2012)		



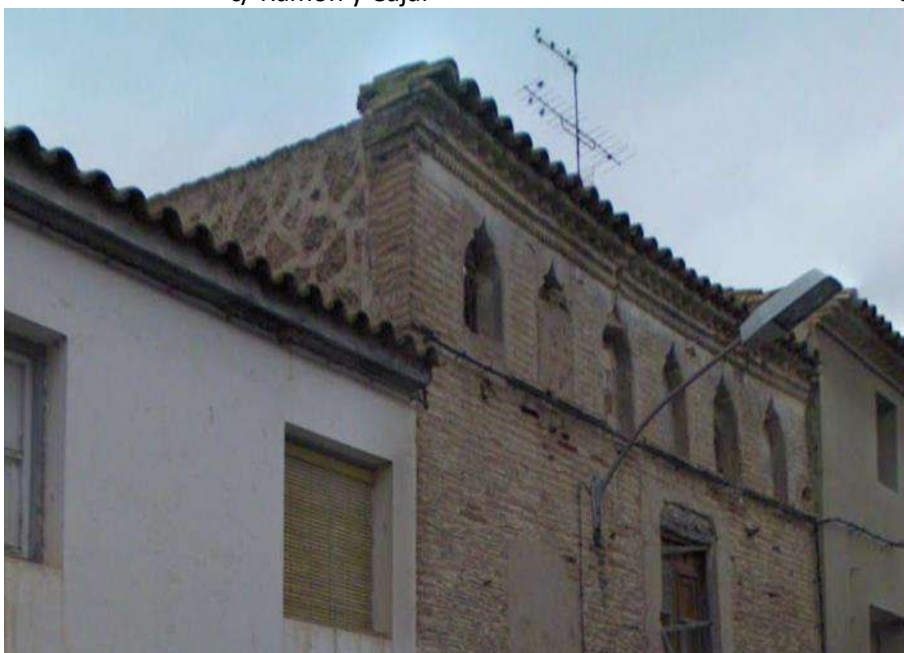
Ctra. Barcelona



c/ Ramón y Cajal



c/ Pilar



c/ Portal del Pino

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto	X	X
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	X
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2012 y octubre 2014		
Edificios representativos de arquitectura popular		cº Cuevas 17, c/ Calvo Sotelo 1, c/ Juan Carlos I 21.		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Pza. España 18,		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2014)		



c/ Calvo Sotelo



Pza. España



Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			X
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Dieciocho de Julio 1 y 10, c/ San Sebastian 35, c/ Eras Altas 1, c/ Ordovás 2,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Ayuntamiento, Pza. España 4, c/ Ordovás 6		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2013)		



c/ 18 de Julio



c/ Eras Altas



Pza. España

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008 y agosto 2019		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Nevería 47, c/ Corona 14 y 29, c/ Mayor 32 y 53		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, c/ San Roque 17		
Entrevistas realizadas:		Santiago Omedes		
Bibliografía localizada del municipio:				



Pza. Comarca

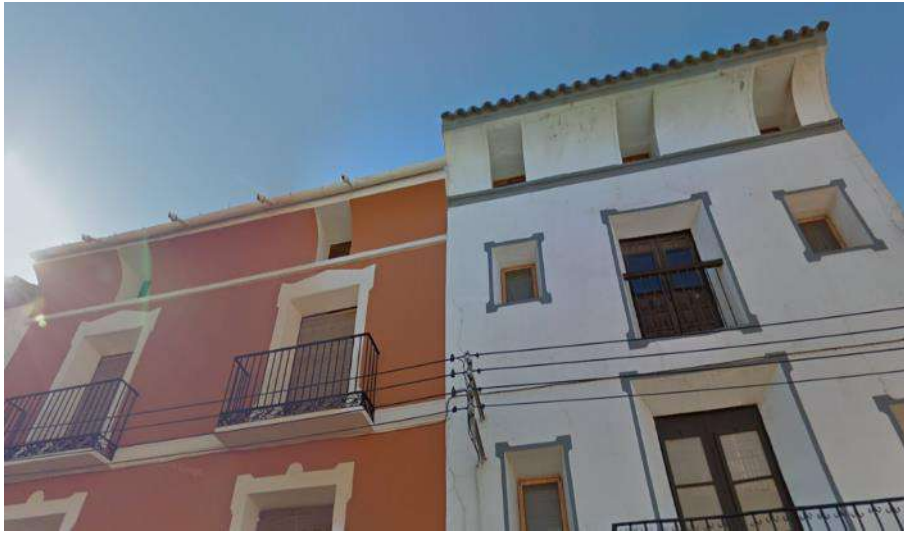


c/ Mayor



c/ Mayor

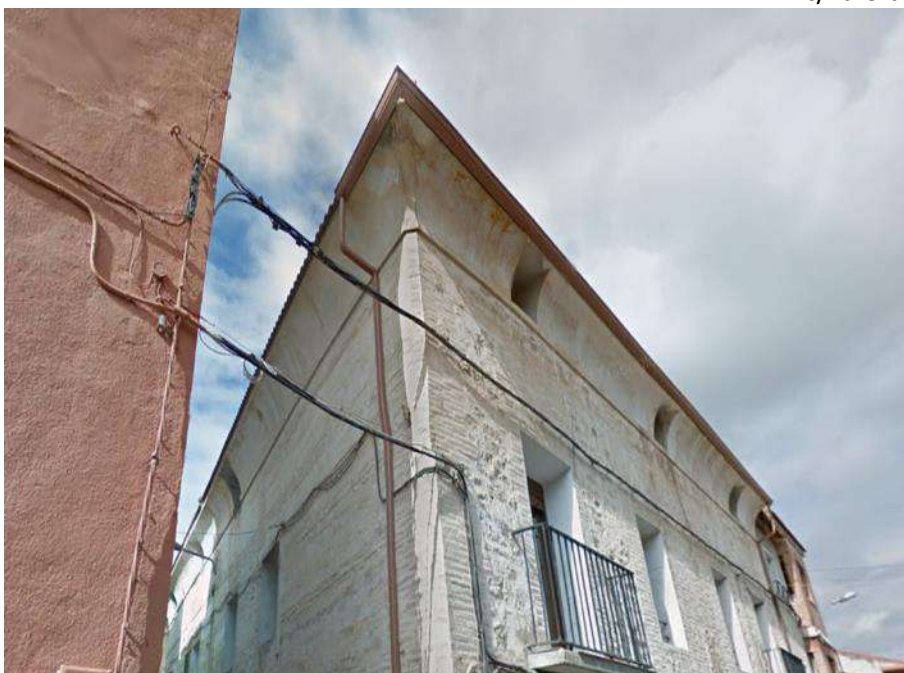
TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2012		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Doña Clara 20, c/ la Cruz 25 y 29,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, c/ Doña Clara 17, c/ Frisleva		
Entrevistas realizadas:		Paco Mercado		
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ la Cruz



c/ la Cruz



c/ Doña Clara

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenchas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco	X	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS			X	
CIMENTACIÓN			X	
ARCOS			X	
PILARES		Exentos		X
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE			X	
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA		X	X
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				X
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO			X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2008 y marzo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Mayor, c/ Letra a Rodén, pueblo viejo de Rodén
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia Rodén el viejo, Iglesia Rodén el nuevo
Entrevistas realizadas:	Javier Moreno Lizaga
Bibliografía localizada del municipio:	



ZP-1127



Pueblo Viejo de Rodén



Iglesia de Rodén

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas	X	
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			X
	ARCOS			X
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X	X	
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2012
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Cortes de Aragón 33, c/Marceliano Isabal 1, 18 y 20, c/ Felix Burriel 2 y 22, c/ Cuevas 1
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Castillo, Palacio del castillo, c/Marceliano Isabal 3, c/ Ramón y Cajal 8
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2013)



c/ Cuevas



c/ Cuevas



Castillo y Palacio de Rueda de Jalón

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos	X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Cornisas y similares		
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
		Embebidos en muro	X	
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008 y marzo de 2020		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Nueva 16, c/ Iglesia, c/ del Rosario 25, c/ Santa Isabel 32		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:		Enrique Bordonaba Almalé, Gregorio Ortiz		
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ del Rosario



c/ Rio Gállego



c/ Iglesia

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos	X	X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			X
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenchas		X
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		X
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES		Exentos		
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2008, mayo 2019 y octubre 2019
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Portal San Vicente 3, c/ Mayor 35, 38 y 85, c/ San Miguel 50 y 186, c/ Yaserías, c/ San Roque 3
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2012)



cº huertos



c/ Mayor

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN		X	X
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES		X		
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		mayo 2012		
Edificios representativos de arquitectura popular		Camino las Viñas 21, c/ del Rey Artieda 3, c/ San Francisco 16, c/ San Cristobal, cuesta Lanzas		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesias, Ayuntamiento, Plaza Santa Maria, c/ Ramón y Cajal 35, Plaza San Antón		
Entrevistas realizadas:		José Pola Pola, Jesús Marcos Yagüe Sanz y Jaime Carbonell Monguilán		
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Rey Artieda



Iglesia de San Antón

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
		Con revestimiento	X	X
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	
ZÓCALOS			X	
CIMENTACIÓN			X	X
ARCOS				X
PILARES		Exentos		
	Embebidos en muro	X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2012 y marzo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Hospital, c/ Real 24, c/ Tinillo 3, c/ Tinillo 13, Av. Constitución, c/Barranco, c/ Real
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, Castillo de Terrer
Entrevistas realizadas:	Eduardo Lavilla Francia
Bibliografía localizada del municipio:	Mata-Perelló et al. (2014)



Av. Constitución



c/ Real



c/ Real

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		noviembre 2008		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Escuelas 16, c/ Barrio Verde		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:		Mata-Perelló et al. (2009), Pérez (2008), Mata-Perelló et al. (2013) (2014) y (2015)		



c/ Barrio Verde



c/ Escuelas

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos	X	
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro				
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		octubre 2008 y agosto 2012		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Carretera 5, c/ Mayor 32		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia de la Virgen, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:		Fernando Anadón Lahoz		
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Mayor



c/ Carretera



Iglesia de la Virgen

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X X	X
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
	INTERIORES	Detalles decorativos		X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir			
	Con revestimiento			
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		junio 2012 y junio 2018		
Edificios representativos de arquitectura popular		pza. del Olmo 7, pza. de la Villa 14 y 59, c/ Santiago,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Casa Consistorial, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:		Jorge Olano		
Bibliografía localizada del municipio:				



Pza. Villa



Pza. del Olmo

		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS	ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares	X	
		Detalles decorativos		X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos	X	X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	
		Encofrado de yeso vertido	X	
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2012 y octubre 2012		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Molino 14 y 25, c/ la Parra 4, c/ Hospital 3, c/ Barrichuelo 12, c/ Alta 28 y 38		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento, pza. España, c/ Barrichuelo 14		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Molino



c/ Barricuelo



Pza. España

		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS	ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		X
	INTERIORES	Detalles decorativos		X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
Con revestimiento			X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		X
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE			X	X
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008 y febrero 2011		
Edificios representativos de arquitectura popular		ctra. Zaragoza, c/ Barrio Alto 4, c/ Iglesia, c/ la Balsa 17,		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Ayuntamiento		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Balsa



c/ Replaceta



Iglesia de la Asunción de Nuestra Señora

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	
		En recto	X	
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
Con revestimiento				
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN		X	
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	noviembre 2008 y marzo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	Iglesia, Ayuntamiento, c/ Mayor 1
Edificios representativos de arquitectura monumental	c/ Mayor 8, 18 y 29, c/ Ciudad Real, 43, c/ Barranco 4, c/ Puente 4
Entrevistas realizadas:	Elier Gállego Pascual
Bibliografía localizada del municipio:	Pétriz (1997), Urzay (2006) y Rivas (2008)



Ctra. Calatayud



c/ Mayor



Iglesia de Vellilla de Jiloca

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		X
		Molduras de paredes y techos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	X
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		
Con revestimiento		X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X
		Encofrado de yeso vertido	X	X
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X	X	
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		noviembre 2008 y septiembre 2014		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ Arrabal 59, cuesta San Marcos 5, pza. Mayor 18, c/ Hospital, c/ Mesón 2		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Iglesia, Castillo, Ayuntamiento, c/ Mayor 30, 52 y 54,		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ Arrabal



Castillo de Villafeliche

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares		X
		Detalles decorativos		
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos		
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brenchas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	
Con revestimiento		X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco	X	
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos		
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA		X	
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	julio 2016 y marzo de 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Balsa 35, c/ Balsa 24, c/del Paso77, c/del Paso 219
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ayuntamiento, c/ Mayor 12, c/ Balsa 43, c/ del Santuario 2, Plaza Planillo
Entrevistas realizadas:	Carlos Lostao Pisa y Jose Luis Lona
Bibliografía localizada del municipio:	Rivas (2011)



c/ del Paso



c/ Balsa



c/ del Paso

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Detalles decorativos		
		Molduras de paredes y techos	X	X
SUELOS Y PAVIMENTOS				
TABIQUERÍA INTERIOR				
UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)				
REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)				
REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS				
MORTEROS	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas	X	X
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
		Con revestimiento		X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X
		Con revestimiento		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
	CIMENTACIÓN			
	ARCOS			
	PILARES	Exentos		
Embebidos en muro		X		
CONTRAFUERTES				
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	octubre 2008
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Carnecería 21, c/ Barranco 14, c/ Santana, c/ Amargura
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia, Ermita de Santa Bárbara, ZP-1158 34,
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Barranco



c/ Santana



Ermita de Santa Bárbara

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos	X	X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas	X	X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	X
		Detalles decorativos	X	X
	INTERIORES	Esculturas	X	X
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Detalles decorativos	X	X
		Molduras de paredes y techos	X	X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)		X	X
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)		X	X
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS		X	X
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En breccas	X	X
		En recto	X	X
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X
		Con revestimiento	X	X
	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X
MUROS		De piedra de yeso en seco	X	X
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)	X	X
		Encofrado de yeso vertido	X	X
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos	X	X
ZÓCALOS			X	X
CIMENTACIÓN			X	X
ARCOS			X	X
PILARES		Exentos	X	X
		Embebidos en muro	X	X
CONTRAFUERTE			X	X
PIEDRA	MAMPUESTO		X	X
	LABRADA / CANTEADA		X	X
	EXCAVADA		X	X
OTROS ELEMENTOS			X	X
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	mayo 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	Av. Muralla de Santa Fe
Edificios representativos de arquitectura monumental	Parroquia de Santa Cruz y Santa Fe, Monasterio de Santa Fe, Muralla de Santa Fe
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	Andolz (1997)



Otros elementos: Chimeneas, bancos



Otros elementos: Estanterías



Muralla Santa Fe

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X	X
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
		Cornisas y similares		X
	INTERIORES	Detalles decorativos		X
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brechas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
Con revestimiento			X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		X
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
ZÓCALOS				
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTES		X	X	
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:		septiembre 2008 y junio 2022		
Edificios representativos de arquitectura popular		c/ La Plaza 1		
Edificios representativos de arquitectura monumental		Castillo de Miranda, Iglesia		
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



c/ La Plaza 1



c/ La Plaza

		TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS		ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos		X	X	
		Decorativos				
	INTERIORES	Sencillos		X	X	
		Decorativos				
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos			X	
		Cornisas y similares			X	
		Detalles decorativos			X	
	INTERIORES	Esculturas				
		Detalles de ventanas y huecos				X
Detalles decorativos						
	Molduras de paredes y techos				X	
SUELOS Y PAVIMENTOS				X	X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)					
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)					
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS					
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir				
		Con revestimiento				
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas				
		En recto				
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir				X
Con revestimiento					X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir		X	X	X	
	Con revestimiento		X	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS			X	X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco				
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido		X	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)			X	
		Encofrado de yeso vertido		X		
		Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos				
	ZÓCALOS					
	CIMENTACIÓN					
	ARCOS					
	PILARES	Exentos				
Embebidos en muro						
CONTRAFUERTE			X	X		
PIEDRA	MAMPUESTO					
	LABRADA / CANTEADA					
	EXCAVADA					
OTROS ELEMENTOS						
TERRENO MUY YESÍFERO					X	
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO					X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO					X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO					X	

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	septiembre 2008 y febrero 2011
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ de la Cruz 28, c/ de San Cristóbal 46, c/ de San Cristóbal 107, c/ San Damián 25
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia
Entrevistas realizadas:	
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ de la Cruz 28



c/ San Damián 25

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS		ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL	
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos Decorativos	X X	
	INTERIORES	Sencillos Decorativos	X X	
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	
		Cornisas y similares	X	
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
Esculturas				
SUELOS Y PAVIMENTOS		X	X	
TABIQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALIEZONES) REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir		
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brecas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
Con revestimiento			X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X	X	
	Con revestimiento	X	X	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	X
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		X
		Encofrado de yeso vertido	X	
	Entramado con hormigón de yeso vertido y otros rellenos			
	ZÓCALOS			
CIMENTACIÓN				
ARCOS				
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE		X	X	
PIEDRA	MAMPUESTO			
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA			
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO			X	
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO			X	
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO			X	
Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:				
Visita realizada:	septiembre 2008 y febrero 2011			
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Aljibe 12 c/ Balsa 1, c/ Iglesia 7, c/ Replaceta 1			
Edificios representativos de arquitectura monumental	Iglesia			
Entrevistas realizadas:				
Bibliografía localizada del municipio:				



C/ Balsa 2



C/ Iglesia 7

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS			ARQUITECTURA POPULAR	ARQUITECTURA MONUMENTAL
REVESTIMIENTOS	EXTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		X
	INTERIORES	Sencillos	X	X
		Decorativos		
ELEMENTOS DECORATIVOS	EXTERIORES	Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos	X	X
		Cornisas y similares	X	
	INTERIORES	Detalles decorativos	X	
		Esculturas		
		Detalles de ventanas y huecos		X
				X
SUELOS Y PAVIMENTOS			X	X
TABQUERÍA INTERIOR	UTILIZACIÓN EN PIEDRA (ALJEZONES)			
	REVESTIMIENTO COLABORANTE CON ENTRAMADOS (CAÑIZO...)			
MORTEROS	REPARACIONES Y REJUNTADO DE GRIETAS			
	JUNTAS DE ADOBE	Sin revestir	X	
		Con revestimiento		
	JUNTAS DE TAPIA (ENTRE TAPIALES)	En brencas		
		En recto		
	JUNTAS EN MURO DE LADRILLO	Sin revestir		X
Con revestimiento			X	
JUNTAS EN MURO DE PIEDRA	Sin revestir	X		
	Con revestimiento	X		
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	FORJADOS		X	X
	MUROS	De piedra de yeso en seco		
		De piedra de yeso con hormigón de yeso vertido	X	
		Tapia de yeso con otros rellenos (tapialete)		
		Encofrado de yeso vertido	X	
	ZÓCALOS		X	
	CIMENTACIÓN		X	
	ARCOS			
PILARES	Exentos			
	Embebidos en muro			
CONTRAFUERTE				
PIEDRA	MAMPUESTO		X	
	LABRADA / CANTEADA			
	EXCAVADA		X	
OTROS ELEMENTOS				
TERRENO MUY YESÍFERO				X
MUNICIPIO CON ALTO PORCENTAJE DE CONSTRUCCIONES CON YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE CANTERA DE YESO				X
MUNICIPIO CON PRESENCIA DE HORNOS DE YESO				X

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de:

Visita realizada:	junio 2012 y marzo de 2020
Edificios representativos de arquitectura popular	c/ Huesca 13 y 65, c/ Rincónes 1 y 26, c/ Libertad 1, c/ Val del Rey 7, c/ Luis Buñuel, c/ Romualdo
Edificios representativos de arquitectura monumental	Parroquia San Pedro Apóstol, Ayuntamiento, Plaza España, c/ San Pedro 47
Entrevistas realizadas:	José de Buen Mustienes
Bibliografía localizada del municipio:	



c/ Huesca



c/ Almodévar

**ANEXO II.
RESULTADOS DE BIBLIOGRAFÍA
DOCUMENTADA Y ENTREVISTAS**

RESULTADOS TOTALES Y LEYENDA

RESUMEN DE RESULTADOS		HUESCA	TERUEL	ZARAGOZA	TOTAL
Personas entrevistadas		15	24	49	88
Canteras visitadas					88+55=143
Municipios investigados		35	43	69	147
Referencias bibliográficas		35	26	55	116
Municipios bibliografiados					116-27=89
LEYENDA		Nº DE CASOS		Matemático	Semicuant.
CANTERAS	0	No se menciona	52	35%	35%
	1	Abiertas	89	61%	60%
	2	Excavadas	8	5%	5%
	MIXTOS		2	1%	0%
EXTRACCIÓN	0	No se menciona	88	60%	55%
	1	Medios manuales: Pico, falcas, mayo (martillos de hierro), barrones (palancas)	54	37%	35%
	2	Explosivos: Barrenos (cartón, mecha y pólvora de mina)	17	12%	10%
	3	Medios Mecánicos: Sirga y correola	1	1%	<5%
	MIXTOS		13	9%	5%
TIPO DE HORNOS	0	No se menciona	39	27%	25%
	A		11	7%	5%
	B		100	68%	65%
	C		10	7%	5%
	D		4	3%	<5%
	E		5	3%	<5%
	F		1	1%	<5%
	G		3	2%	<5%
MIXTOS		17	12%	10%	
TIPO DE COMBUSTIBLE	0	No se menciona	67	46%	45%
	1	Leña sin especificar	27	18%	15%
	2	Sosas	4	3%	<5%
	3	Aliagas	56	38%	35%
	4	Tamariz	1	1%	<5%
	5	Carrizo	1	1%	<5%
	6	Romero	11	7%	5%
	7	Sabinas	2	1%	<5%
	8	Espliego	1	1%	<5%
	9	Tomillo	2	1%	<5%
	10	Sisallos	4	3%	<5%
	11	Ontinas	4	3%	<5%
	12	Ramas de pino	4	3%	<5%
	13	Boj (buijos)	4	3%	<5%
	14	Olivo	3	2%	<5%
	15	Estepas	1	1%	<5%
	16	Panizo	3	2%	<5%
	17	Carbón	3	2%	<5%
	18	Gas	3	2%	<5%
MIXTOS		33	22%	20%	
DURACIÓN DE LA COCCIÓN	0	No se menciona	74	50%	50%
	12-14h		54	37%	35%
	24h - 48h		21	14%	10%
	> 48h		2	1%	<5%
	MIXTOS		4	3%	<5%
ENFRIADO	0	No se menciona	90	61%	60%
	2-3 días		54	37%	35%
	10-15 días		9	6%	5%
	MIXTOS		6	4%	<5%
MOLIENDA	0	No se menciona	72	49%	45%
	1	Mallos de madera, majadera, aljadrera	44	30%	25%
	2	Mazas o martillo metálico	3	2%	<5%
	3	Carros con ruedas metálicas tirados por animales	16	11%	10%
	4	Trillo	1	1%	<5%
	5	Rulos, ruellos, ruejos (cilindros de piedra) tirados por animales	43	29%	25%
	6	Molinos de sangre (accionado por animal)	2	1%	<5%
	7	Trituradora, molino eléctrico o gasoil	23	16%	15%
MIXTOS		40	27%	25%	

RESULTADOS HUESCA

Nº	Código	MUNICIPIOS		BIBLIOGRAFÍA		ENTREVISTA		BIBLIOGRAFÍA SUFICIENTEMENTE DESCRIPTIVA							
		Municipios	Bibliografía	Persona	Fecha	Canteras	Extracción	Horno	Combustible	Cocción	Enfriado	Molienda			
1	H1	Albelda	Corbera (1999)	José Miguel Seira (*) Emilio Durany	26/10/2017 26/10/2017	1 1	0 0	B B	3,17 3	14 horas 14 horas	3 días 3 días	5 5			
2	H2	Alberuela de Tubo				1	1	B	3	12-14 horas	2-3 días	0			
3	H3	Alcampell	Cases et al. (2006)			1	2,1	0	1	24 horas	0	1			
4	H4	Alcubierre	Cases et al. (2006)			0	0	0	0	0	0	0			
5	H5	Almunia de San Juan	Cases et al. (2006)			1	2,1	E	1	24 horas	0	1			
6	H6	Arguis	Cebollero (1998)			0	0	A	3	0	0	1			
7	H7	Azanuy - Alins	Mata-Perelló (2012)			1	0	0	0	0	0	0			
8	H8	Azlor	Benito y Domper (1988) Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2009)			0	0	0	0	0	0	0			
9	H9	Bara		Jesús García y Surta García Urbez Grasa Sebas	12/04/2018 12/04/2018 12/04/2018	0 1 0	0 0 0	0 B 0	0 3,13 0	0 0 0	0 3 días 0	0 1,7 0			
10	H10	Ballobar		Manuel Chavarria Val (esposa María José Fontanet Bardají)	29/03/2016	1	0	B	7,10	0	0	3			
11	H11	Barbastro	Abarca et al. (2011)	José Miguel Seira (*)		0	0	0	0	0	0	7			
12	H12	Benasque (Villanova)	Castel et al. (2007)			0	0	B	1	12 - 24 horas	0	1,5			
13	H13	Bielsa (Esperba)	Garcés (2017)			0	0	B	0	0	0	1			
14	H14	Candasnos (Valcuerna)		Antonio Mariñoso Cantarelo	20/09/2018	1	0	B	6	12 horas	3 días	5,7			
15	H15	Castejón del Puente	Mata-Perelló et al. (2013) Mata-Perelló et al. (2015)			1	0	0	0	0	0	0			
16	H16	Castillazuelo	Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2007)			1	0	B	3,6	24 - 48 horas	0	5,1			
17	H17	Cofita	Puyuelo (1993) Mata-Perelló et al. (2012)			1	0	0	0	0	0	0			
18	H18	Fonz	Rivas (2008) Mata-Perelló et al. (2012)			0	2	B	0	8 días	1 - 2 días	7			
19	H19	Fraga	Mata-Perelló et al. (2013) Mata-Perelló et al. (2015)			1	0	B	0	0	0	0			
20	H20	Gistain	Ortega et al. (1999) Villa (2019)	Carlos Fernández		1	0	B	13	10 - 12 horas 48 horas	24 horas 0	1 1			
21	H21	Huesca		Anael Rosales Besne		1	1,2	B,C	3	12-14 horas	2-3 días	0			
22	H22	Lanaja	Lasaosa (1997)			1,2	1	B	3,6,12	12 horas	8-15 días	3,1			
23	H23	Monzón	Garreta (2002)			0	1,2	B	1	20 horas	0	1,3			
24	H24	Nuevo	Ortega (2012)			0	0	0	0	0	0	0			
25	H25	Peraltilla	Benito y Domper (1988) Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2009)			0	0	0	0	0	0	7			
26	H26	Plan	Lerín (2016)			1	0	B	13	48 horas	2 días	1			
27	H27	Pozán de Vero	Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2012)			0	0	A	0	40 horas	0	1,5			
28	H28	Robres	Ribas (1991)	Joaquín Viudas	26/10/2017	0	0	B	3,4,9,11	12 - 14 horas	0	3			
29	H29	San Esteban de Litera		Joseret	26/10/2017	1	0	B	3	14 horas	3 días	2			
30	H30	San Juan de Plan	Cases et al. (2006) Mata-Perelló et al. (2012) Monesma (1987)			1	2,1	E	1	24 horas	0	1			
31	H31	Sarriena		Rubén Tremps Bagué		0	0	B	0	0	0	0			
32	H32	Tamarite de Litera				1	0	B	13	15 - 16 horas	0	0			
33	H33	Torralba de Aragón	Campos (1997)	Pedro Aguilá Farré Teodoro García	26/10/2017 03/12/2017	0 0	0 0	B 0	1 0	12 - 14 horas 0	2 - 3 días 15 días	1,5 3			
34	H34	Torrente de Cinca	Mata-Perelló et al. (2013) Mata-Perelló et al. (2015)			0	0	0	0	0	0	0			
35	H35	Yésero				1	0	0	0	0	0	0			

(*) Personas entrevistadas contadas una única vez pero que han dado información de diferentes municipios

RESULTADOS TERUEL

Nº	Código	MUNICIPIOS		BIBLIOGRAFÍA		ENTREVISTA		BIBLIOGRAFÍA SUFICIENTEMENTE DESCRIPTIVA							
		Municipios	Bibliografía	Persona	Fecha	Canteras	Extracción	Horno	Combustible	Cocción	Enfriado	Molienda			
36	T1	Aguaviva	Mata-Perelló et al. (2009) Mata-Perelló et al. (2015)			0	0	A, B	0	0	0	0	0		
37	T2	Albatalé del Arzobispo (Los Estrechos)	Mata-Perelló et al. (2013) Mata-Perelló et al. (2015)			1	0	A	0	0	0	0	0		
38	T3	Albarracín	Ibáñez (2008) Sanz y Villanueva (2004) Cañada (2007) Villarroya y Tejedor (2008)	Antonio Meda (*) Andrés Millán	13/10/2016 13/10/2016	1 1	1,2 1,2	B B	1 1	12 - 14 h 12 - 14 h	2 - 3 días 2 - 3 días	1,5,7 1,5,7	0		
39	T4	Andorra				0	0	B	0	18 horas	0	0	0		
40	T5	Azaila				1	1,2	B	3,6,7	12 horas	2 días	2,5,7	0		
41	T6	Bañón	Mata-Perelló et al. (2013) Mata-Perelló et al. (2015)	Juan Lorenzo José Paracuellos	07/10/2016 07/10/2016	1 1	0 0	B B	3,17 3,17	12 horas 12 horas	2 - 3 días 2 - 3 días	5,7 5,7	0		
42	T7	Barrachina				0	0	B	0	0	0	0	0		
43	T8	Belmonte de San José	Mata-Perelló et al. (2014)	Pepe Rodrigo Fran Martín	14/02/2014 14/02/2014	0 0	0 0	B B	0 0	0 0	0 0	0 0	0		
44	T9	Burbáguena				0	0	B	0	0	0	0	0		
45	T10	Calamocha	Mata-Perelló et al. (2012)	José Miguel (Yesos Brumos) Antonio Montañes Montañes	07/02/2019	1	2	B, G	3,18	12 h	2 - 3 días	7	0		
46	T11	Calanda				1	1	B	0	0	0	0	0		
47	T12	Cañada de Verich				0	0	B	0	0	0	0	0		
48	T13	Castel de Cabra	Mata-Perelló et al. (2015)			1	0	B	0	0	0	0	0		
49	T14	Castelnou				1	0	B	0	0	0	0	0		
50	T15	Castelserás				1	0	B	3	24 horas	0	7	0		
51	T16	Fortanete	Rivas (2014)			2	3	B	0	0	0	0	0		
52	T17	Galve				1	1,2	B	1	12 - 14 h	2 - 3 días	1,5,7	0		
53	T18	Hijar	Mallor (2009)	Jesús Herrero	04/04/2017	1	1	C	14	24 horas	8 - 10 días	3,7	0		
54	T19	Jatell	Mata-Perelló et al. (2015)			1	0	B	0	0	0	0	0		
55	T20	La Fresneda		Ramón Celma (Padre) Antonio Aguilar Hermanos Ortiz Saura	07/06/2019 07/06/2019 07/06/2019	2 2 2	2 2 2	C, E B C, E	1 1 1	24 horas 24 horas 24 horas	2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días	6 6 6	0		
56	T21	La Ginebrosa	Mata-Perelló et al. (2012)	Francisco Bosque	07/06/2019	1	0	B	12	24 horas	2 - 3 días	1	0		
57	T22	La Puebla de Híjar		Félix Daroca José Bello Polo	11/03/2017 11/03/2017	1 1	0 0	B B	3,12 3,14	12 - 14 h 12 - 14 h	2 - 3 días 2 - 3 días	1 3	0		
58	T23	Libros	Mata-Perelló et al. (2013)			0	0	B	0	0	0	0	0		
59	T24	Linares de Mora		Vincenzina La Spina		1	0	B	0	0	0	0	0		
60	T25	Luco de Bordón				1	0	B	0	0	0	0	0		
61	T26	Martín del Río				1	0	B	0	0	0	0	0		
62	T27	Más de las Matas	Mata-Perelló et al. (2009)			0	0	A	0	0	0	0	0		
63	T28	Molinos	Mata-Perelló et al. (2015)			0	0	B	0	0	0	0	0		
64	T29	Monroyo				0	0	B	0	0	0	0	0		
65	T30	Montalbán		Dolores Ortín Azuara		2	0	B	0	0	0	0	0		
66	T31	Navarrete del Río		Ignacio Lechón José Lechón Esteban Lopez	07/10/2016 07/10/2016 07/10/2016	1 1 1	0 0 0	B B B	3,17 3,17 3,17	12 horas 12 horas 12 horas	2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días	5,7 5,7 5,7	0		
67	T32	Noguera de Albarracín				1	1	B	0	12 - 14 h	2 - 3 días	0	0		
68	T33	Ojos Negros	Mata-Perelló et al. (2012)			0	0	B	0	0	0	0	0		
69	T34	Oliete	Mata-Perelló et al. (2013) Mata-Perelló et al. (2014)			1 1	0 0	A A	0 0	0 0	0 0	0 0	0		
70	T35	Perales de Alfambra (Villalba Alta)		Natalio	12/10/2019	2	1,2	A	1,3	12 - 14 h	2 - 3 días	5	0		
71	T36	Pozuelo del Campo-Morenila		Maximino Malo	23/09/2017	1	1	A	3	12-24 h	2 - 3 días	5	0		
72	T37	Teruel	Villa (2009) Sarto (2004)			1 1	1,2	B	3,15	48 horas 10 - 12 horas	0 3 - 4 días	1 5	0		
73	T38	Torre los Negros	Mata-Perelló et al. (2012)			0	0	B	0	0	0	0	0		
74	T39	Torrejilla del Rebollar				0	0	B	0	0	0	0	0		
75	T40	Tramacastilla		Antonio Meda (*)		1	1,2	B	1	12 - 14 h	2 - 3 días	1,5,7	0		
76	T41	Urrea de Gáén				1	0	B	0	0	0	0	0		
77	T42	Villanueva del Rebollar				0	0	B	0	0	0	0	0		
78	T43	Villel				1	1	B	3	0	0	0	0		

(*) Personas entrevistadas contadas una única vez pero que han dado información de diferentes municipios

Nº	Código	MUNICIPIOS		BIBLIOGRAFÍA		ENTREVISTA		BIBLIOGRAFÍA SUFICIENTEMENTE DESCRIPTIVA						
		Municipios		Bibliografía	Persona	Fecha	Canteras	Extracción	Horno	Combustible	Cocción	Enfriado	Molienda	
79	Z1	Aladrén (ermita San Clemente)		Andrés (1996) Mata-Perelló et al. (2013)			1,2	1,2	B	3,6	5 horas	0	1,5	
80	Z2	Alfajarín		Mata-Perelló et al. (2013)			1	0	A	0	0	0	0	
81	Z3	Almonacid de la Cuba		Mata-Perelló et al. (2013)			0	0	A	0	0	0	0	
82	Z4	Aniñón					0	0	0	0	0	0	0	
83	Z5	Añón		Chueca et al. (2004)			0	0	0	0	0	0	0	
84	Z6	Bardallur		Mata-Perelló et al. (2012)			1	0	B	0	0	0	0	
85	Z7	Belmonte de Gracián		Mata-Perelló et al. (2014)			1	0	B	0	0	0	0	
86	Z8	Bisimbre		Mata-Perelló et al. (2014)			0	0	0	0	0	0	0	
87	Z9	Borja		Mata-Perelló et al. (2014)			0	0	0	0	0	0	0	
88	Z10	Bujaraloz		Alfredo Sancho Carlos Balaga Miguel Zardoya Carmelo Used Marcos Escanilla	30/12/2019 31/12/2019 01/01/2020 04/09/2017 04/09/2017		1	1,2	B, C	1,3	12 - 14 h	2 - 3 días	1,5,7	
89	Z11	Bureta		Enfedaque (2008)			1	1,2	B	1	12 - 14 h	2 - 3 días	1,5,7	
90	Z12	Cadrete		Mata-Perelló et al. (2014)			1	1,2	B	1	12 - 14 h	2 - 3 días	1,5,7	
91	Z13	Calatayud		José María Juez Martínez (83 años) José Lozano Navarro (90 años) José Luis Soria Navarro (77 años) María Sol Gonzalez Cayeja (82 años) Ángel Miñana	03/06/2018 03/06/2018 03/06/2018 03/06/2018		1	1	B	3	10 - 12 horas	3 - 4 días	5	
92	Z14	Caspe		Mata-Perelló et al. (2014)			0	0	0	0	0	0	0	
93	Z15	Chodes		Mata-Perelló et al. (2012) Mata-Perelló et al. (2013)			1	0	A	0	0	0	0	
94	Z16	Cuarde de Huerva		Tono Yesos Díaz Ibañez			1	1	B	3	12 - 24 horas	2 - 3 días	1,5	
95	Z17	Daroca		Alfredo Ramiro Calvo (88 años) Moisés Antonio Julve Gibanel			0	0	0	0	0	0	0	
96	Z18	ElBuste		Chueca et al. (2004)			0	0	B	1	0	0	5	
97	Z19	Farlete		Blasco y Ona (1998) Rivas (2005) Mata-Perelló et al. (2014) Mata-Perelló et al. (2014)			1	0	B	3	12 - 24 horas	2 - 3 días	1,5	
98	Z20	Frescano					1	0	B	0	0	0	0	
99	Z21	Fuendajún					1	0	B	0	0	0	0	
100	Z22	Fuentes de Ebro		Javier Moreno Lizaga			1	1	B	1,3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1	
101	Z23	Fuentes de Jiloca					1	1	B	3	0	0	0	
102	Z24	Gelsa					1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	5	
103	Z25	Herrera de los Navarros		Mata-Perelló et al. (2013)			1	0	B	0	0	0	0	
104	Z26	Juslibol		Conde y Pérez (1996)			1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	5	
105	Z27	La Almolida		Rozas (1998) Rivas (2005) Lacort et al. (2007) Roy (2003) Mata-Perelló et al. (2012)			0	0	E	0	0	0	7	
106	Z28	La Almunia de Doña Godina					1	1	B	3,10	12 horas	2 - 7 días	7	
107	Z29	La Puebla de Alfindén					1	1	B	2,3,6,10,11	12 - 14 horas	10 - 15 días	3	
108	Z30	Las Pedrosas					0	1	B	2,10,11	12 horas	12 - 13 días	4,6	
109	Z31	Lécera					0	0	OTRO	1	Varias horas	0	0	
							1	0	OTRO	0	0	0	0	
							1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	5	
							0	0	B	1	0	0	3	
							0	0	B	3,6,12,14	0	0	3	
							1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	5	

110	Z32	Lecifrena	Blasco y Ona (1998) Rivas (2003) Rivas (2005) Rivas (2014)	Luis Marcén Domingo y Juan José Marcén y su familia Ambrosio Solanas	21/03/2014 21/03/2014 21/03/2014	0 1 1 1 0 1 1 1	0 1 1 0 0 0 0 0	0 B B B B B B B	0 3 3 0 3 2, 3, 6, 10, 11 2, 3, 6, 7, 10 3	0 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 13 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas	0 3 3 0 3 10 - 15 días 15 días 2 - 3 días	0 2 - 3 días 2 - 3 días 0 15 días 12 - 14 horas 2 - 3 días	0 3 3 0 3 1, 5, 7 1, 5, 7 1, 5, 7	7	
111	Z33	Longares	Mata-Perelló et al. (2014)	Jesús Gil Alejandre		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	Z34	Magallón				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	Z35	Maluenda				1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	5			
114	Z35	Mediana de Aragón				1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	0			
115	Z36	Mequinenza			07/09/2017	1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	0			
116	Z37	Miedes de Aragón	Mata-Perelló et al. (2014)	Andrés Didlor		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	Z39	Mionegrillo	Pes et al. (2005)			0	0	0	3, 6	Varios días	10 - 12 días	3, 7			
118	Z40	Moneva				1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	5			
119	Z41	Montón	Urzay (2006)			0	0	B	1	24 - 48 horas	0	0			
120	Z42	Morata de Jalón	Mata-Perelló et al. (2013)			1	0	0	0	0	0	0			
121	Z43	Moros				0	0	0	0	0	0	0			
122	Z44	Moyuela	Gargallo (1992)			0	0	C	3, 8, 9	0	0	0			
123	Z45	Nuévalos	Mata-Perelló et al. (2014)			1	0	B	0	0	0	0			
124	Z46	Paracuellos de Jiloca	Urzay (2006)			0	0	B	1	24 - 48 horas	0	0			
125	Z47	Perdiguera		Isidoro Murillo Escuer	21/03/2014	1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
126	Z48	Pina de Ebro	Mata-Perelló et al. (2012)	Constan	21/03/2014	1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
127	Z49	Pozuelo de Aragón	Mata-Perelló et al. (2014)			1	0	B	0	0	0	0			
128	Z50	Puebla de Albornón	Mata-Perelló et al. (2013)			0	0	B	0	0	0	0			
129	Z51	Quinto de Ebro		Santiago (74 años)		1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
130	Z52	Ricla		Paco Mercado		1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
131	Z53	Rodén				1	1	B	1, 3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1			
132	Z54	Rueda de Jalón	Mata-Perelló et al. (2013)			1	0	B	0	0	0	0			
133	Z55	San Mateo de Gállego		Enrique Bordonaba Almalá Fermín Marcen: Felix Bolea Almalá Ramón Laboreo Jesús Juan Lacambra	22/05/2017 22/05/2017 22/05/2017 22/05/2017 22/05/2017	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	B B B B B	3, 16 3 3 3 3	24 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas	3 - 4 días 2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días	3, 7 1, 5 1, 5 1, 5 1, 5			
134	Z56	Sástago	Mata-Perelló et al. (2012)	Estibaliz	22/10/2019	2	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
135	Z57	Tauste		Jaime Carbonell José Pola Pola (88 años) (*) José Pola Pola (88 años) (*) Jesús Yague Sanz (66 años)		1 1 1 1	1 1 1 1	B B C D	3 3 1, 3, 16 1, 3, 16	12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas	2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días	1, 5 1, 5 7 7			
136	Z58	Terrer	Mata-Perelló et al. (2014)	Eduardo Lavilla Francia		0	0	0	0	0	0	0			
137	Z59	Tierga	Mata-Perelló et al. (2009) Pérez (2008) Mata-Perelló et al. (2013) Mata-Perelló et al. (2014) Mata-Perelló et al. (2015)			0 0 0 0 1	0 0 0 0 0	B B B B B	0 1 0 0 0	24 horas 0 0 0 0	0 0 0 0 0	5 1 1 0 0			
138	Z60	Tobed		Fernando Anadón Lahoz (74 años)		0	0	0	0	0	0	0			
139	Z61	Torreclilla de Valmadrid				1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
140	Z62	Uncastillo		Jorge Olano	03/06/2018	1	1	B	1, 3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
141	Z63	Urrea de Jalón				1	1	B	3	12 - 14 horas	2 - 3 días	1, 5			
142	Z64	Veilla de Jiloca	Pétriz (1997) Urzay (2006) Rivas (2008)			0 0 0	0 0 0	B, C B B	3 1 1	24 - 48 horas 24 - 48 horas 24 - 48 horas	0 0 0	1, 5 0 5			
143	Z65	Villarféliche		José Luis Ona		0	0	0	0	0	0	0			
144	Z66	Villamayor de Gállego				0	0	B	0	0	0	0			
145	Z67	Villar de los Navarros				0	0	B	0	0	0	0			
146	Z68	Zaragoza	Andolz (1997)	Fábricas de yeso bajo el actual Corte Inglés		1	1	0	0	0	0	0			
147	Z69	Zuera		Jesús Calvo Prisco Colón: Fabrica Colón Pepe de Buen Fábrica de Jaraba Fábrica del Colorado Fábrica de yeso de Alceda	15/05/2018 15/05/2018 15/05/2018 15/05/2018 15/05/2018	0 1 1 1 1 1	0 1 1 1 1 1	B C B B B B	2, 3, 4, 5 3, 6, 10 3 3 3 3	24 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas 12 - 14 horas	5-6 días 7 días 2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días 2 - 3 días	3 2, 3 1, 5 1, 5 1, 5 1, 5			

(*) Personas entrevistadas contadas una única vez pero que han dado información de diferentes municipios

ANEXO III.
COMPENDIO DE LAS REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS CON CARÁCTER LOCAL

Se adjunta a continuación un listado con las 116 publicaciones locales encontradas de escaso interés científico en las que se hace referencia al yeso tradicional en Aragón, que han sido revisadas para la obtención de información para esta investigación.

- Abad Alegría, F. (1997) *Construcciones de barro en Aragón*. Huesca: La Val de Onsera.
- Abarca, M., Cambra, S., Pardina, J. A., Pawlowsky, H. y Rivas, F. A. (2011) *Buenas prácticas en la rehabilitación de la arquitectura rural tradicional. La casa del Somontano de Barbastro*. Barbastro: Centro de Desarrollo del Somontano y Comarca de somontano de Barbastro.
- Allanegui Burriel, G. J. (2005) *Arquitectura popular de la Ribera Baja del Ebro. Comarca de la Ribera Baja del Ebro*. Zaragoza: Gobierno de Aragón.
- Amatriaín, A. (2016) El misterio del 'súper yeso' de Teruel. *Heraldo de Aragón* (28/06/2016).
- Andolz Canela, R. (2003) *El Pirineo. Cuéntamelo yayo*. Huesca: Pirineo.
- Andolz Canela, R. (1997) *Los aragoneses. Tomo II. Los ciclos del año. El invierno*. Zaragoza: mira.
- Andrés Agudo, S. (2012) San Clemente protector de los yeseros. *Aljez*, 51.
- Andrés Agudo, S. (1996) El trabajo del yeso: "las ajarceras". *Aljez*, 1.
- Anónimo (s.f.) Método artesanal para restaurar el mudéjar. *Heraldo de Aragón*.
- Arnal Cavero, P. (1953) *Refranes, dichos, mazadas... en el Somontano y montaña oscense*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- Bada, J. (1999) *Una cultura del agua en los Monegros*. Zaragoza: Egido.
- Bajén García, L. M. y Gabarrús Alquézar, F. (2000) *Memoria de los hombres-libro. Guía de la Cultura Popular del Río Martín*. Zaragoza: Biella Nuei Sociedad Cooperativa.
- Bel-Anzué, P. (2016) El yeso tradicional. Jornadas en Navarrete (Calamocha). *Pedro Bel arquitectura con minúscula* (16/10/2016).
- Benito Moliner, M. (2012) *El Montsec de l'Estall. Etnografía*. Zaragoza: Prames.
- Benito Moliner, M. y Domper Gil, F. (1988) *Azara*. Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- Blasco Lasmarias, F. (2010) *Albalate, una joya por conocer. Guía turística y divulgativa de Albalate del Arzobispo (Teruel)*. Albalate del Arzobispo: Ayuntamiento de Albalate del Arzobispo.
- Blasco Sancho, M. F. y Ona González, J. L. (1998) *Bases para el conocimiento del patrimonio cultural de la Sierra de Alcubierre*. Zaragoza: ayuntamiento de Perdiguera.
- Blasco Zumeta, J. y Moncayola Ibor, J. A. (1993) *Un día en La Almolda*. Zaragoza: Gobierno de Aragón.
- Burillo Mozota, F. (1985) Introducción a los orígenes de la arquitectura de tierra en Aragón. *Turia*, 1.

- Butera Aured, J. B. (2006) *Las calles de Zaragoza. 1900-2000*. Zaragoza: Fundación Bernardo Aladrén.
- Cámara oficial de Comercio e Industria de la Provincia de Huesca (1956) *Guía comercial de ferias y mercados de la provincia de Huesca*. Huesca: Imprenta Aguaron.
- Campos, U. (1997) Los yeseros. *Montesnegros*, 17.
- Canellas, A. (1988) *Inventario de la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País*. Zaragoza: Librería General.
- Cañada Giner, A. (2000) Los aljeceros o fabricantes de yeso. *El Cierzo*, 223.
- Cañada Giner, A. (2007) *Vida y trabajos en la Andorra de antaño*. Andorra: Centro de Estudios Locales de Andorra.
- Cases Huguet, P., Perat Guardia, H., Morillo Mateo, I. y Buil Trigo, M. (2006) Los hornos de yeso de San Esteban de Litera (prov. de Huesca). *Naturaleza Aragonesa*, 17.
- Cebollero Ciprés, L. (1998) *As cosas d'os tiempos d'antes más en Arguis y a redolada*. Huesca: Publicacions d'o Consello d'a Fabla Aragonesa.
- Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2007) *Castejón del Puente*. Huesca: Ayuntamiento de Castejón del Puente.
- Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2009) *Abiego*. Huesca: Ayuntamiento de Abiego.
- Centro de Educación de Adultos "Somontano" de Barbastro (2012) *Pozán de Vero*. Huesca: Ayuntamiento de Pozán de Vero.
- Cerdá, P. y Ona, J. L. (2007) Nueve lenguas por Los Monegros. De Villamayor a la Cartuja de las Fuentes. *La Magia de Viajar por Aragón*, 22.
- Chueca, V., Rivas, F. A. y Romeo, F. (2004) *Arquitectura popular de las comarcas de Campo de Borja y Tarazona y el Moncayo. Tarazona y el Moncayo. Alcalá de Moncayo. Añón. El Buste*. Inédito.
- Conde Campos, O. y Pérez Collados, C. E. (1996) *El galacho de Juslibol y su entorno. Un espacio singular*. Zaragoza: ANSAR.
- Corbera, E. (1999) Modus vivendi. Una aproximación a la historia económica de Albelda. *Albelda. La vida de la villa*. Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses, Diputación de Huesca y Ayuntamiento de Albelda.
- Crepso Vicente, P. (2003) Tradiciones y manifestaciones etnológicas. *Comarca del Jiloca*. Zaragoza: Gobierno de Aragón.
- de Mostolay, C. (2001) *Acordanzas de San Pelegrín (A vida d'antis más en un lugarón amortau de o Semontano de Balbastro)*. Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- Dieste, J. D. (1995) Oficios tradicionales y tareas comunales. *Diario del Altoaragón. Domingo a domingo (21/05/1995)*.

- Enfedaque, C. (2008) San Antón: pequeñas costumbres y recientes tradiciones. *Montesnegros*, 41.
- Equipo de Treball de Donisas (2007) *Borrignons y nuelas*. Villanoba: Asociación de Mujeres Donisas.
- Expósito Sebastián, M. (1985) El gremio de albañiles de Zaragoza (1775-1806). *Artigrama*, 2.
- Figols González, M. (2006) *Arquitectura de tierra en Valdejalón*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- Franco, L. (2007) El yeso rojo de Albarracín, el más cotizado para restaurar patrimonio. *Heraldo de Aragón* (12/08/2007).
- Fuertes, P. (2013) Las propiedades del yeso rojo lo hacen idóneo para su construcción. *Diario de Teruel* (03/03/2013).
- Gabás Mur, J. (1985) *Costumbres prehistóricas de los valles del Ribagorza y el Sobrarbe*. Zaragoza: Librería General.
- García Herrero, M. C. (2008) Actividades laborales femeninas a finales de la Edad Media: registros iconográficos. *Arte y vida cotidiana en la época medieval*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- García Tapia, N. (1990) *Pedro Juan de Lastanosa. El autor aragonés de Los veintiún libros de los ingenios*. Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- García Tapia, N. (1997) *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*. Zaragoza: Gobierno de Aragón.
- Gargallo Lozano, M. (1992) *La casa. Técnicas de construcción popular en Moyuela*. Zaragoza: Asociación Cultural Arbir-Malena.
- Garreta, V. (2002) Actividades que han dejado de realizarse o se realizan de distinta forma, debido en parte a la introducción de las máquinas y sobre todo porque no está quedando mano de obra fuerte, o sea, jóvenes que puedan relevar a los mayores para ello. *Cuadernos Cehimo*, 29.
- Gómez Urdáñez, C. (1984) La rejola, un material de construcción en Zaragoza, en el siglo XVI. *Artigrama*, 1.
- Ibáñez González, J. (2008) Aproximación a la arquitectura tradicional en los llanos de Rodenas-Pozondón y en la parte oriental de la Sierra de Albarracín. *Temas de Antropología Aragonesa*, 16-17.
- Krüger, F. (1997) *Los Altos Pirineos. Volumen IV. Manufacturas caseras, indumentaria, industrias*. Lérida: Gobierno de Aragón, Diputación de Huesca y Garsineu.
- Lacort Serrate, J., Lacort Serrate, F. y Gascón Lacort, V. (2007) Alfareros y yeseros de La Almolda. *Montesnegros*, 40.
- Lasaosa Susín, R. (1997) *Lanaja. La vida en un pueblo de Monegros antes de los regadíos*. Huesca: Imago.

- Lasasosa Susín, R. y Ortega Martínez, M. (2003) *Miradas desde Tella*. A Enfortunada: Ayuntamiento Tella-Sin.
- Lerín Gasbás, O. (2016) *Es recuerdos de paye*. Zaragoza: Gara d'Edizions.
- López Ramón, F. (1996) Dictamen sobre titularidades concurrentes en los montes de Galve. *Revista de Derecho Civil Aragonés*, 2 (2).
- Madoz, P. (1989) *Diccionario geográfico, estadístico, histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Almedralejo: Biblioteca de Santa Ana.
- Mallor, J. (2009) La fabricación del yeso. *El Adarve*, 38.
- Maorad, A. y Rivas, F. A. (2002) *Técnicas tradicionales de construcción en Aragón. Monegros. Fuentes orales. El yeso. Las adobas. Los ladrillos y las tejas*. Zaragoza. Inédito.
- Martínez Tejero, V. (1988) El dance de los aljeceros. *El dance en Aragón. Actas de las Jornadas de Etnología Aragonesa*. Calamocha: Centro de Estudios del Jiloca.
- Mata-Perelló, J. M., Mesa, C. y Vilaltella, J. (2009) Datos para el conocimiento del patrimonio minero de Aragón: las caleras y los hornos de yeso de la comarca del Bajo Aragón (Teruel, Sistema Ibérico y depresión geológica del Ebro). *Libro de Actas del IX Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*. Manresa: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Mata-Perelló, J. M., Mesa, C. y Vilaltella, J. (2009) Datos para el conocimiento del patrimonio minero de Aragón: las caleras y los hornos de yeso de la comarca del Aranda (Zaragoza, Sistema Ibérico). *Libro de Actas del IX Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*. Manresa: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Miñano, S. (1826) *Diccionario geográfico-estadístico de España y Portugal*. Madrid: Imprenta de Pierart-Peralta.
- Monesma, E. (1987) San Juan de Plan. El yeso. *Semanal Heraldo de Aragón*, 257.
- Monesma, E. (2003) *Aragón: Así vivimos*. Zaragoza: Prensa Diaria Aragonesa.
- Monesma, E. (dir.) (1990) *El yeso (Bidio VHS)*. Huesca: Pyrene P.V.
- Monesma, E. (dir.) (1997) *Los yeseros (Bidio VHS)*. Huesca: Pyrene P.V.
- Monesma, E. (dir.) (2007) *Yeseros de La Almolda (Bidio DVD)*. Huesca: Pyrene P.V.
- Monesma, E. (2020) *El YESO. Obtención artesanal del polvo de yeso por la COCCIÓN DE PIEDRAS EN UN HORNO | Documental* [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=Lrz4vjfGXHU>> [Consultado 20-07-2023].
- Monesma, E. (2022) *La PIEDRA DE YESO. Calcinación y molienda artesanal para su uso en la CONSTRUCCIÓN* [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=RZLuDW6wMMw>> [Consultado 20-07-2023].
- Monesma, E. (2022) *TECHO ARTESANO con cañas y yeso o "cielo raso". Construcción en 1990 de este entramado | Documental* [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=f6ZmCqzngic>> [Consultado 20-07-2023].

- Monesma, E. (2022) *YESO artesanal. Así elaboraban los yeseros este material para construcción y decoración* | Documental[vídeo en línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=aKO_6t-Os0c> [Consultado 20-07-2023].
- Monter, P. (2003) El romance de las riberas. *El Tarirán*, 63.
- Navarro, P. (2002) Técnicas y materiales: el yeso. *Tierra Mudéjar*. Zaragoza: Heraldo de Aragón.
- Negre carasol, J. L. (1996) Los oficios y el trabajo en el refranero tradicional de transmisión oral en la comarca de Los Monegros. *Quio*, 44.
- Nieto, J. J. (2005) Documento 292. Representación para la creación de un gremio de fabricantes de yeso en Zaragoza.
- Ortega, M. (2012) *La senda entre el boj. Un viaje a través del territorio de los pueblos del municipio de Nueno*. Nueno: Ayuntamiento de Nueno.
- Ortega, M., Lasasosa, R. y Sarasa, J. C. (1999) *Chistau en la memoria*. Huesca: Imago y Mancomunidad del Valle de Chistau.
- Pallarés Jiménez, M. A. (2005) Entre Abirón y San Miguel: un espacio en la historia aragonesa para la villa de Tauste. *Tauste, agua y vida*. Tauste: Ayuntamiento de Tauste.
- Pérez García, G. (2008) *La villa de Tierga en su patrimonio artístico y cultural*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- Pes, F., Martínez, L., Laguna, M. J. y otros (2005) *Monegrillo y sus recuerdos*. Monegrillo: Ayuntamiento de Monegrillo.
- Pétriz Aso, A. I. (1997) Hornos de Yeso en Velilla de Jiloca. *IV Encuentro de Estudios Bilbilitanos. Actas I*. Calatayud: Centro de Estudios Bilbilitanos.
- Puértolas, P. (2011) Leciñena recuperará tres antiguos hornos de yeso. *Heraldo de Aragón* (10/02/2011).
- Poyuelo Puente, L. (1993) *Castillazuelo: tal como éramos*. Huesca: Ayuntamiento de Castillazuelo e Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- Redacción (2018) La producción de yeso artesano se va a quintuplicar en Tramacastilla. *Diario de Teruel* (10/08/2018).
- Redacción (2018) El Centro de Estudios del Jiloca organiza las segundas jornadas de yeso tradicional. *Diario de Teruel* (14/03/2018).
- Redacción (2016) Las jornadas de yeso tradicional serán un reconocimiento al de Teruel. *Diario de Teruel* (04/10/2016).
- Ribas Pisa, A. (1991) El hornazo. *El Pimendón*, 17-18.
- Rivas, F. A. (2008) Funcional, concreta y relevante. Una visión emic de la arquitectura popular en Aragón a partir de testimonios orales. *Temas de Antropología Aragonesa*, 16-17.
- Rivas, F. A. (2003) Cuaderno de Campo. "Hornete" (horno de yeso). *Gaiteros de Aragón*, 18.
- Rivas, F. A. (2005) Técnicas tradicionales de construcción. *Comarca de Los Monegros*. Zaragoza: Diputación General de Aragón.

- Rivas, F. A. (2006) *Inventario de arquitectura tradicional en Villamayor. Zona de monte. 1ª parte*. Inédito.
- Rivas, F. A. (2006) *Técnicas tradicionales de construcción en Aragón. Valle del Jiloca. Fuentes orales. La tapia*. Zaragoza: inédito.
- Rivas, F. A. (2010) La elaboración tradicional del yeso en Aragón. *Kausis*, 7.
- Rivas, F. A. (2011) *Arquitectura popular y paisaje cultural. Delimitación Comarcal de Zaragoza*. Zaragoza: Gobierno de Aragón.
- Rivas, F. A. (2011) *Arquitectura doméstica tradicional en el Somontano de Barbastro*.
- Rivas, F. A. (2011) *Inventario de arquitectura tradicional en Villamayor de Gállego. Zona de monte. 2ª parte*. Inédito.
- Rivas, F. A. (2011) *Inventario de puntos de agua y otras construcciones de interés ambiental en el término municipal de Perdiguera. Fichas de inventario*. Inédito.
- Rivas, F. A. (2011) *Inventario de puntos de agua y otras construcciones de interés ambiental en el término municipal de Perdiguera. Informe final*. Inédito.
- Rivas, F. A. (2011) *La herencia discreta. Construcciones tradicionales en el monte de Villamayor de Gállego*. Inédito.
- Rivas, F. A. (2012) *Casetas, aljibes, corrales y otras construcciones tradicionales en el monte de Villamayor de Gállego*. Perdiguera.
- Rivas, F. A. (2012) *Inventario de puntos de agua y otras construcciones de interés ambiental en el término municipal de Perdiguera. Addenda*. Inédito.
- Rivas, F. A. (2014) *A ganar el jornal. Trabajo y economía tradicional en Leciñena a partir de los recuerdos de sus propios habitantes*. Leciñena: Ayuntamiento de Leciñena.
- Rivas, F. A. (2014) *Arquitectura popular en la comarca del Maestrazgo. 1. Fortanete y Cuevas de Cañart*. Cantavieja: inédito.
- Rivas, F. A. (2017) *Registro y archivo de la memoria oral de Las Pedrosas. Campaña 2016-2017*. Zaragoza: inédito.
- Roy Soria, A. (2003) La casa y los oficios relacionados con la construcción. *Ador*, 8.
- Rozas Rivera, D. (1998) Los hornos de yeso. *Montesnegros*, 21.
- Sanz, D. y de Villanueva, L. (2004) Albarracín y el yeso rojo. *Informes de la Construcción*, 493.
- Sarto Fraj, M. P. (2004) La elaboración del algez y la cal en Torre los Negros. *Gileta*, 41.
- Serrano Bolea, J. (2007) Naufragios en Los Monegros. *Montesnegros*, 39.
- Sociedad anónima Anuarios bailly-baillièere y riera reunidos (1913) *Anuario General de España (Bailly-Baillièere-Riera). Entidades de población de Aragón y sus habitantes en los Censos de 1857 a 2001*. Barcelona: Sociedad Anónima Anuarios Bailly-Baillièere y Riera reunidos.
- Tarragó, C. (2016) San Esteban de Litera, más cerca de su centro de interpretación (reseña). *Diario del Altoaragón* (29/07/2016).

Urzay Barrios, J. A. (2006) *Cultura popular de la Comunidad de Calatayud*. Calatayud: Centro de Estudios Bilbilitanos e Institución Fernando el Católico.

Villarroya, P. y Tejedor, M. J. (2008) Los yeseros. *BCI Celan*, 15.

Ximénez de Embún y Val, T. (1986) *Antigua Zaragoza. Descripción histórica de la antigua Zaragoza y de sus términos municipales*. Zaragoza: Periódico El Día de Aragón.

**ANEXO IV.
FICHAS DE LOS ENTREVISTADOS POR
MUNICIPIO**

A continuación se adjunta la plantilla con las diferentes preguntas empleada para las entrevistas realizadas.

PREGUNTAS DE INTRODUCCIÓN Y ASPECTOS GENERALES:

¿Cómo se llama usted?

¿Cuándo nació?

¿Cuándo y por qué comenzó usted a trabajar con el yeso? ¿Cómo aprendió?

¿Cuándo y por qué dejó usted de trabajar con el yeso?

¿Se dedicaba usted exclusivamente a trabajar con el yeso o lo complementaba con otros trabajos?

¿Cuáles y por qué?

¿Vivió usted alguna modificación en el proceso de fabricación del yeso en su pueblo? ¿Cambió la forma de extracción, usando máquinas o explosivos? ¿Cambió el tipo de madera o combustible? ¿Cambiaron los tamaños o forma de los hornos? ¿O el sistema de tirturado, ensacado o transporte? ¿A qué se debieron, o por qué se hicieron estos cambios?

¿Cuántos hornos se cocían por semana o año en todo el pueblo? ¿Cuántas familias se dedicaban a cocer yeso?

Los hornos se ven agrupados, ¿por qué? ¿Se hacía así para tener una secuencia de trabajo continuo?

¿Mientras se enfriaba un horno se montaba otro? ¿Cuántos días tardaban en montar el horno, cocer, desmontar...?

¿Se cocía yeso en algunos meses determinados? ¿Por qué? ¿Qué hacían el resto de meses?

¿La carretera, mejoró la producción y distribución de yeso, o la paralizó porque fue más barato traer otros yesos?

PREGUNTAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN Y CANTERA:

¿Cómo elegían el lugar de la cantera? ¿Se ubicaba una buena calidad de la piedra, un fácil acceso?

¿Eran terrenos privados o públicos?

¿Se pagaba algo por el uso de la cantera o la extracción del material?

¿Cómo extraían la piedra de yeso? ¿Cómo se llamaban las herramientas y para qué se usaba cada una? (tratar de fotografiar y documentar si queda alguna almacenada)

¿Se seleccionaba y clasificaba la piedra extraída según su calidad para usos distintos, o se usaba toda la piedra por igual independientemente del uso?

PREGUNTAS DEL TRANSPORTE Y PREPARADO DE LA PIEDRA:

¿Había hornos separados de la cantera (cerca de las obras o el pueblo), o estaban todos cerca?

¿Cómo transportaban la piedra al horno? (tratar de fotografiar y documentar herramientas)

¿Sabe cuántos kg de piedra de yeso entraban en un horno?

¿Con qué herramientas se moldeaban las piedras de yeso para colocarlas en el horno?

PREGUNTAS DE LA REALIZACIÓN DEL HORNETE:

¿Cuánto tiempo se necesitaba para montar un horno? ¿Cuántas personas?

¿Se clasificaba o seleccionaba el tipo de piedra por su peso (densidad) para hacer los hornos, o daba igual? (las más pesadas y duras abajo, las blandas arriba, o las blandas no se usaban, el espejuelo se usaba o no...)

PREGUNTAS DEL MATERIAL PARA LA COMBUSTIÓN:

¿Qué madera se utilizaba para construir edificios?

¿Qué madera se utilizaba para cocinar y calentarse en las casas?

¿Qué madera se usaban para los hornos de yeso y por qué? ¿Qué madera es la mejor para el horno?

¿Qué madera es mala para cocer el horno? Por no arder bien, generar mucha ceniza... Pino, abeto, encina, aliaga...

¿Cuánta leña usaban en cada horno (estimar en kg)?

¿De dónde sacaban la madera para los hornos (km)? ¿Cómo la traían? ¿Era cara o difícil de conseguir?

¿Se dejaba secar la leña o no era importante? ¿Cuánto tiempo se dejaba secar?

¿Afectaba el tipo de leña en el resultado del yeso? ¿Era más duro, moría antes? ¿O se obtenía un yeso similar con leña seca, húmeda, de pino, encina...?

PREGUNTAS DE LA COCCIÓN:

¿Cuándo preferían encender el horno? De día, de noche... Por qué.

¿Cuántas horas solía estar cociendo el horno? ¿Afectaba si la luna estaba en menguante o creciente?

¿Dónde se ponía la leña al inicio? ¿Cerca de la boca? ¿Y se iba desplazando progresivamente hacia el fondo, o al revés: comenzaba en el fondo y se avanzaba hacia la boca, o uniforme?

- ¿Cómo sabían si ya estaba cocido el yeso? ¿Algún truco?
- ¿Observaban variación en el humo durante la cocción?
- ¿Observaban variación en el color del yeso durante la cocción?
- ¿Al tapar el horno se cerraba el horno con barro, ceniza o tierra para impedir que “respire”?
- ¿Qué sucedía si llovía durante o al finalizar la cocción?

PREGUNTAS DEL ENFRIADO:

- ¿Cuántos días como mínimo se dejaba enfriar el horno antes de abrirlo? ¿Y como máximo?
- ¿Cambiaba las propiedades del yeso abrir el horno en caliente? (muere antes, menos resistente...)
- ¿Era mejor el yeso que reposaba enfriándose?

PREGUNTAS DEL TRITURADO, ALMACENAJE Y ENSACADO Y DISTRIBUCIÓN:

- ¿Cuántos kg de yeso salían del horno? ¿Cuántos kg se solían perder en la cocción?
- ¿Se molía el yeso a pie de horno o en la boca?
- ¿Cómo se transportaba el yeso a moler o a las obras? ¿Cuándo se empezó a ensacar?
- ¿Cuántos carros (volquetes con mulas) salían de un horno?
- ¿Cómo se trituraba el yeso? ¿Cuándo se usaba el rulo y cuándo a mano?
- ¿Se usó alguna vez un molino para el triturado del yeso (animal o de gasoil)?
- ¿Se usaba alguna herramienta de trituración y cribado específico para el yeso o era el de agricultura?
- ¿Se almacenaba el yeso? ¿Dónde? ¿Cómo se protegía?
- ¿Se distinguía en la venta si el yeso era de arriba del horno o de abajo? ¿Cuál era mejor para cada cosa?
- ¿Se comprobaba la calidad del yeso antes de venderlo?
- ¿Para qué usos se vendía el yeso? ¿Y para qué era más usado?
- ¿Se vendía en piedra o en polvo?
- ¿Cómo se tamizaba el yeso? ¿Qué grosor? ¿Se usaban distintos grosores de tamiz según el uso?
- ¿Hasta qué distancia o pueblos se transportaba el yeso? ¿Cómo se llevaba: en piedra, polvo, ensacado?
- ¿Cuándo dejaron de hacer yeso?
- ¿Se pagaba bien hacer yeso?
- ¿Se redujo la temperatura de cocción en los hornos industriales?
- ¿Se redujo la temperatura de cocción al usar los molinos y trituradores? ¿Se cocía más tiempo para triturar más rápido?

PREGUNTAS DE LAS PROPIEDADES DEL YESO:

- ¿Había más familias haciendo yeso? ¿Había alguna familia que hiciera un yeso de mayor calidad? ¿Por qué era mejor?
- ¿Se pagaba más caro ese yeso de más calidad?
- ¿De qué dependía que el yeso muriera más rápido? Podía hacerse algo para cambiar el fraguado (acelerar o retrasar).
- ¿De qué dependía que el yeso fuera de mejor calidad?
- ¿De qué dependía que el yeso fuera más resistente? Podría hacerse algo para aumentar la resistencia o dureza del yeso.
- ¿Le pidieron alguna vez un yeso para algún uso que requería de una elaboración distinta?

PREGUNTAS SOBRE LA PUESTA EN OBRA:

- ¿Se pagaba más caro el yeso de más calidad?
- ¿De qué dependía que el yeso muriera más rápido?
- ¿De qué dependía que el yeso fuera de mejor calidad? ¿Cómo lo comprobaban?
- ¿De qué dependía que el yeso fuera más resistente? Podría hacerse algo para aumentar la resistencia o dureza del yeso.
- ¿Construyó usted algún edificio con algo de yeso? ¿Para qué se usaba el yeso normalmente? ¿Cuándo era mejor usar el yeso y no el barro o cal? ¿Por qué elegían el yeso para cosas que hoy ya no se usa?
- ¿Por qué dejó de utilizarse el yeso? ¿Por qué prefirieron el cemento? ¿Hoy, con el paso del tiempo cree que se ha acertado o fallado con el cambio?
- ¿Qué elementos realizó? ¿Usaban distintas mezclas agua-yeso, o siempre con la misma proporción?
- ¿LO vertieron líquido alguna vez? ¿Cuándo usaban arena en el yeso?:
Cimientos, zócalos, mortero para muro de adobe, mortero para muro de piedra, pilares de yeso, jambas de ventanas y puertas, tapia de tierra con yeso, tapia de yeso vertido, tapia de piedra encofrada con yeso, juntas entre tapia, zunchos de asiento, revestimientos interiores, revestimientos exteriores, forjados con revoltones, tabiques de cañizo revestido, cubiertas...
- ¿Usaban el yeso líquido para verter dentro de un encofrado alguna vez? ¿O era pasta siempre?

¿Había alguna característica especial a hacer para mejorar el agarre, mojar adobes con agua, madera, piedra...?

¿Usaban algún aceite, ceniza, arcilla... para mezclar con el yeso?

¿Cómo llegaba el yeso a la obra, ensacado, en piedra, en polvo o en carros? ¿Desde dónde?

¿Notó alguna diferencia en el yeso que le llegaba a obra con el paso del tiempo? ¿Era más flojo, menos resistente?

¿Cuándo y por qué se dejó de usar el yeso en morteros, en pilares o en forjados?

¿Tuvieron que restaurar o rehabilitar algún elemento hecho de yeso, cómo lo hicieron? ¿Cuándo usaron morteros bastardos de yeso/cal o yeso/cemento?

Índice de municipios

Se ha elaborado este anexo con un resumen de las entrevistas, organizándolas por los municipios. Debe tenerse en cuenta que no todas las personas accedieron a ser fotografiadas por motivos de privacidad; por lo tanto, de las 88 entrevistas realizadas en total, solamente se adjuntan las fotografías de 11 de estas entrevistas.

- ANIÑÓN
- BORJA
- CALATAYUD
- DAROCA
- FUENTES DE EBRO
- LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA
- LONGARES
- MALUENDA
- QUINTO DE EBRO
- RICLA
- SAN MATEO DE GÁLLEGO
- TAUSTE
- TERRER
- TOBED
- VILLAFELICHE
- VILLAMAYOR DE GÁLLEGO
- VILLAR DE LOS NAVARROS
- ZUERA

MUNICIPIO: ANIÑÓN

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio. Concretamente, hemos contactado con Josechu, el aguacil de Anión; sin embargo, no ha sido posible localizar en el municipio gente que pueda aportar información al presente trabajo.

MUNICIPIO: BORJA

- **Carlos Balaga:** Tras la realización de un primer contacto, nos informa de que en Ainzón había una fábrica de yeso. Dicha fábrica estaba situada a la entrada del pueblo, enfrente de la gasolinera.
- **Alfredo Tejero Ballesta:** Tras contactar con él, nos informa de que fue albañil desde 1960 y utilizaba yeso que se realizaba y se vendía en hornos tradicionales de Ainzón y Borja. En Borja, el yeso se vendía en el camino de Sayón, a 300 metros del pueblo. Dicho yeso era muy basto y gordo, se vendía a granel, sin sacos.
- **Jesús Sánchez Pablo:** Tras contactar con él, nos informa de que fue albañil desde 1970 y que entonces las fábricas de yeso de Borja estaban ya cerradas. Había dos de ellas en Borja, una de ellas estaba en el camino del Sayón y perteneció a Alfredo Sancho Pablo. La otra, la Fábrica de Yesos Hermanos Palomar, estaba en la carretera del Santuario. Cuando Jesús Sánchez trabajaba, utilizaba yeso de saco, de la fábrica Diez, de Cuarte.
- **Mariano Sola:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.
- **Pedro Domínguez Barrios:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.
- **Juan Manuel Serrano Lacaba:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.



Nombre: Miguel Zardoya Lajusticia

Nacimiento: 2/05/1947

Profesión: Albañil desde los 18 años hasta los 65.

En el año 1965, cuando empezó a trabajar, se seguía fabricando yeso tanto en Borja como en Ainzón, enfrente de la gasolinera. En Borja dejaron de fabricarlo hace años, ya que era más rentable vender el que fabricaban en Tauste, más industrializado, que hacer el suyo artesanal. En Ainzón la fábrica dejó de funcionar a finales de 2019.

Nombre: Alfredo Sancho Pablo

Nacimiento: 31/04/1931

Profesión: Yesero desde los 20 años

El yeso se extraía de las múltiples canteras que había en Borja, mediante barrenas y posteriormente con pólvora y dinamita.

En Borja, había 3 o 4 pequeñas fábricas de yeso que pertenecían a distintas familias del pueblo y una de ellas pertenecía a Alfredo Sancho Pablo.

Los hornos que tenían en la fábrica eran más industriales, se excavaban en el terreno y eran de planta cuadrada, de 3 o 4 metros de anchura y longitud y con 2 o 3 bocas de unos 70 centímetros de alto. Las piedras grandes se colocaban abajo y las pequeñas arriba. Se cocía durante un día aproximadamente y para comprobar si estaba cocido se les daba golpes con martillos en la parte de arriba, y si se partía con facilidad ya estaba listo. Se utilizaba todo tipo de leña, sobretodo de la que había por los alrededores.

Se dejaba enfriar un poco y luego se vaciaba y se molía con un molino movido por un tractor, él no conoció el molido de forma manual. Del molino, el yeso caía por un tubo al almacén y se guardaba con palas en sacos que se metían en un remolque, con capacidad de hasta 300 sacos, para ser transportado. La venta era por encargo, tanto local como a otras zonas, vendía hasta incluso en Tarazona.

En Borja, el yeso se utilizaba para hacer suelos y fachadas.

En 1965, Alfredo cerró la fábrica y el almacén, ya que era más rentable vender el que fabricaban en Tauste, más industrializado, que hacerlo ellos mismos de forma artesanal y venderlo. El yeso se lo compraban a José Pola Pola, de Tauste.

MUNICIPIO: CALATAYUD – VELILLA DE JILOCA

- **Ángel Miñana:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.
- **Mariano Sierra:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.
- **José Miguel Hernández:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.



Nombre: Elier Gállego Pascual

Nacimiento: 15/05/1934

Profesión: Albañil

En Velilla de Jiloca había muchas canteras ya que toda la zona es yesífera. Los hornos se construían cercanos a las canteras y la mayoría eran de uso propio, pero también había gente que se dedicaba al negocio del yeso y lo vendía.

El yeso se utilizaba para lucir o enlucir paredes y techos, además de para hacer suelos, todo ello mezclándolo únicamente con agua. También se utilizaba para hacer cimentaciones y muros, con piedras de yeso y yeso mezclado con agua. Éstos últimos se hacían sobre todo para las primeras plantas de las edificaciones, en los pisos superiores se utilizaba adobe.

Hace unos 5 años se construyeron 4 hornos, cerca de las canteras, para dejar constancia de cómo eran y cuál era el proceso, tanto de la construcción de los hornos como del proceso y la importancia del yeso en el municipio. Los hornos eran de planta cuadrada, de unos 2,5x2,5m y 3 metros de altura y tenían dos bocas. El yeso se cocía durante 24 horas y se dejaba enfriar durante otras 24 horas como mínimo. La leña que se utilizaba era de zarzas y de los restos del maíz.

Una vez se enfriaba, el yeso se esparcía sobre la era, en la que se ubicaba el horno, y se molía hasta convertirla en polvo por medio de cilindros. Dichos cilindros eran grandes piedras redondas, atadas a mulas, las cuales daban vueltas sobre las piedras de yeso cocidas hasta reducirlas a polvo, el cual se cribaba para obtener el yeso.

MUNICIPIO: DAROCA

- **Juan Francés:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.



Nombre: Alfredo Ramiro Calvo

Nacimiento: 28/07/1931

Profesión: Albañil desde los 13/14 años, trabajaba junto a su padre. Posteriormente fue tejero y más tarde agricultor.

En las afueras de Daroca había canteras de yeso, de ahí se extraían las piedras y se llevaban al pueblo con las caballerías. Concretamente, había una familia que tenía una era y se dedicaba al oficio del yeso. Es dicha era se machacaban las piedras con mayos y con los rodillos de las caballerías se trituraba y molía.

Los hornos eran como cuevas en el mismo terreno, las paredes eran de tierra compactada, de unos 2x2,5 metros. Una vez se llenaban de piedras de yeso, se tapaban con tierra para que aguantara más el calor.

El yeso se utilizaba en Daroca para revestir muros y techos por lo que la mayoría de edificios de la época estaban revestidos de yeso.

Parte de su familia es de Fuentes de Jiloca, donde había muchas canteras y hornos. Allí, se utilizaba el yeso también para hacer muros, cimentaciones y suelos, a los cuales se les añadía aceite para que el acabado fuera mejor y brillante.

Nombre: Moisés Antonio Julve Gibanel

Nacimiento: 1953

Profesión: Albañil desde los 14 años

Desde que empezó a trabajar, en 1967, en Daroca no había canteras, el yeso venía ya preparado para ser utilizado en obra en sacos provenientes de Villafeliche, Tierga, Morata, Albarracín y Cuarte posteriormente. El más utilizado era el de Villafeliche, debido a su proximidad y precio más bajo; sin embargo, su calidad era menor que el de Albarracín, el cual era más fuerte pero también más caro, unos 10€ el saco aproximadamente. Al provenir de otros municipios, el yeso no se cocía en Daroca, por lo que no hay hornos por la zona.

El yeso se utilizaba incluso para realizar suelos y para que tuviese más cuerpo y aguantase más se mezclaba con sílice.

MUNICIPIO: FUENTES DE EBRO – RODÉN



Nombre: Javier Moreno Lizaga

Nacimiento: 07/12/1952

Profesión: Albañil desde los 18 años.

En Fuentes de Ebro había varias canteras de yeso, sin embargo, desde hace unos años se han utilizado para extraer alabastro, al haber llegado a la zona en la que se encuentra dicho material. En Rodén, el pueblo de al lado, había más canteras y se conservan en la actualidad.

Los hornos se construían siempre cerca del lugar donde se iba a utilizar el yeso, cerca de la obra. Las cajas de los hornos se realizaban a mano, aprovechando el desnivel, se hacía una pared de piedra a cada lado y otra detrás otra detrás y posteriormente se llenaba. Había de 2 y de 3 bocas, aunque los más comunes eran los de 2, el primero se cocía durante 1 día y el segundo durante 2 días. Las piedras que salían más grandes y en cuña se aprovechaban para ir haciendo la forma abovedada de la boca y las más pequeñas para rellenar el resto. Los huecos que quedaban entre las piedras se rellenaban con barro hecho de la tierra blanca que hay alrededor, normalmente la que salía de la excavación.

La leña que se usaba era la que había alrededor, tomillos y juncos, pero también carrizas, matas del maíz que se cortaban y se juntaban en fajos. Cuando las llamas salían por algún agujero se

tapaba con tierra para que se repartiera por las zonas que no estaban cocidas todavía. Cuando salía llama por todos los agujeros, ya estaba cocida y se desmontaba y se cargaba en un carro para trasladarlo a una era, donde se molía. Las piedras se extendían en una era y con un mayo, (martillo grande) se chafaban las piedras hasta que se hacían más pequeñas. Posteriormente se molía con carros, cuyas las ruedas eran de madera y llevaban un cerco metálico alrededor.

Más tarde se cribaba y se utilizaba el mismo horno para almacenar el yeso hasta que fuera utilizado, por lo que se les hacía un tejadillo de cañizo y tejas para preservarlo de la humedad. Años más tarde uno del pueblo compró un molino que se desplazaba al lado de las obras.

En Fuentes de Ebro, el yeso se utilizaba para prácticamente todo, cimentaciones, muros, tabiques, suelos y revestimientos de techos y paredes.

El yeso aparece en capas en el terreno por lo que se utilizaba un pico y una barra de hierro y se picaba hasta extraer las piedras. Esto provocaba que las piedras fueran completamente irregulares por lo que para la construcción de muros de piedra de yeso se utilizaba un hacha para unificarlas y quitarle los picos y que encajara mejor todo.

Los muros se hacían colocando 2 hojas de piedras, las piedras se unían entre sí mediante capas de yeso y las 2 hojas se unían mediante yeso y piedras colocadas de forma transversal, para unirlas mejor. El yeso se masaba en unos recipientes de madera y únicamente se mezclaba con agua ya que era bastante gordo.



Las cimentaciones se realizaban excavando a mano a una profundidad de unos 60-90 centímetros y rellenándolas con las piedras más grandes en la zona inferior, unidas por capas de yeso mezclado con agua.

Los forjados se hacían con vigas de madera, pero había dos tipos. Uno era en forma de bóveda, éste se realizaba mediante un encofrado de tablas que sobraban de otros sitios, encima del cual se echaba una capa de yeso, mezclada con cascotes de teja para darle fuerza, y luego se allanaba con más yeso. La otra se realizaba con cañizo y se rellenaba con yeso y cascotes de teja. A veces, el yeso que se utilizaba para el suelo, se coloreaba con arcilla, también presente en la zona, o se le daba aceite, para dejarlo más brillante e impermeable.

Los techos y las paredes tanto exteriores como interiores se revestían con yeso también. En cuanto a los tabiques, construían de dos formas, con piedras de yeso colocadas de canto o con cañizos unidos al forjado y al techo, y ambos se revestían de yeso.

Muy cerca de Fuentes, está el pueblo de Rodén el viejo, el cual se sitúa en lo alto de un cerro y está en ruinas ya que fue abandonado y saqueado durante la guerra. Después de la guerra, Regiones Devastadas proyectó uno nuevo en las faldas del cabezo ya que el viejo era de difícil acceso.

Todo el suelo es yesífero por lo que había numerosas canteras que siguen existiendo en la actualidad. En muchos casos la extracción de la piedra se realizaba en el mismo lugar en el que se iba a construir la casa por lo que los hornos se construían al lado de la obra.

Las ruinas del pueblo viejo desvelan que todo estaba hecho de muros de piedra de yeso e incluso quedan algunos hornos cargados abandonados. Una de las construcciones más importantes y que más se conservan es la iglesia, la cual es probablemente la única en España que está hecha completamente de yeso. La iglesia data del año 1908 y para realizarla aprovecharon parte del cerro por lo que hay paredes que son el propio terreno.





Además, las decoraciones de la iglesia también están hechas de yeso, mediante moldes y con cuendas de fibras vegetales en el interior para darles más fuerza.



En este cerro también hay restos de un poblado íbero de la edad del bronce. Dichos restos desvelan que también utilizaron el yeso como material de construcción, utilizaban la piedra de yeso para hacer los muros de las casas.



Además, a la entrada del pueblo de Rodén el nuevo, hay una pared de piedra de yeso canteada, realizada por Regiones Devastadas. Es de las únicas que existen ya que era muy cara y difícil de ejecutar



MUNICIPIO: LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio.

Concretamente, hemos contactado con la empresa de Construcciones Radaragón, sin embargo, no ha sido posible localizar en el municipio gente que pueda aportar información al presente trabajo.

MUNICIPIO: LONGARES

- **José María Cortés:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.

MUNICIPIO: MALUENDA

- **Jesús Gil Alejandro:** Tras contactar con él, nos comenta que su abuelo fabricaba yeso y que hay un horno dentro de la Iglesia de San Miguel, sin embargo, él no conoce el proceso. No obstante, conoce a un albañil jubilado que sí que lo ha trabajado, Antonio Meléndez Aldea.

Nombre: Antonio Meléndez Aldea

Nacimiento: 06/09/1942

Profesión: Albañil a partir de los 40 años

Todo el terreno de Maluenda es yesífero por lo que el yeso se extraía de cualquier lugar y había múltiples canteras, aunque en la actualidad no se siguen utilizando ni se puede observar ninguna. Para extraer la piedra se utilizaban picos con los cuales se buscaban las vetas de las piedras, se introducían y se hacía palanca hasta extraerlas.

Normalmente los hornos se ubicaban en los rincones de las eras donde se iban a realizar las casas. Dichos hornos tenían 2 bocas de unos 80 centímetros de altura. Las piedras más grandes que se utilizaban para hacer las paredes de los hornos y las más triangulares para formar las bocas. Las demás, se machacaban con mayos para hacerlas más pequeñas y que se cocieran más rápido.

Una vez colocado todo, se realizaba una pared de contención con piedras de yeso para que no se cayese todo hacia afuera. Se cocía durante unas 24 horas y después se cubría con tierra y se dejaba reposar durante un día por lo menos. La leña que se utilizaba eran zarzales y junqueras.

Después de cocerse se sacaba y se iba extendiendo por la era en forma circular para que posteriormente molerse mediante mulas a las que se les ataban cilindros.

Después de molerlo se recogía y se tamizaba para dividir el yeso de la granza, de peor calidad. Además, el yeso que se utilizaba para enlucir era el más fino por lo que para obtenerlo el yeso se cribaba repetidas veces con tamices más finos.

El yeso se utilizaba para hacer muros de contención y cimentaciones, con piedra de yeso y granza. También se utilizaba para hacer suelos y enlucir paredes y techos. Para hacer los suelos y las paredes se echaba primero el yeso más basto, mezclado con cal, hasta enrasar todo y posteriormente se acababa con el yeso más fino.

La gran mayoría de las casas del pueblo están hechas de piedras de yeso en la planta baja y de adobe en las siguientes sin embargo no se ven ya que todas están enlucidas.

Hace unos 65 años se dejaron de hacer los hornos de uso individual ya que se creó un negocio en el pueblo y se vendía, por lo que era más cómodo comprar los sacos de yeso ya listos para ser usados.

MUNICIPIO: QUINTO DE EBRO

- **Armando Uliague:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.
- **Santiago Omedes:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.
- **Javier Val:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.

MUNICIPIO: BORJA

- **Paco Mercado:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.

MUNICIPIO: SAN MATEO DE GÁLLEGO

- **Jesús Juan Lacambra:** Tras la realización de un primer contacto, se determina que el grado de información que posee no es relevante para el presente trabajo.



Nombre: Gregorio Ortiz

Nacimiento: 23/09/41

Profesión: Albañil

En San Mateo de Gállego había varias canteras, por la zona de las Aguas Saladas y del Barranco de la Mascarola. De dichas zonas se extraía el yeso y se llevaba por un camino que conduce a la Cooperativa de San Mateo, a la entrada del pueblo. Allí había una fábrica de yeso y de cal, por lo que las piedras extraídas se cocían allí, en el horno que había. Dicho horno estaba excavado en la ladera y era tanto para yeso como para cal, unas veces se cocía yeso y otras cal.



Nombre: Enrique Bordonaba Almalé

Nacimiento:

Profesión: Albañil

Enrique vive en la Calle del Castillo, llamada así porque antiguamente, al final de la calle había una fortaleza, la cual fue construida con piedras de yeso. En San Mateo de Gállego había varias canteras, sin embargo, la fortaleza ya no tenía ninguna función por lo que, poco a poco, se fueron extrayendo las piedras de yeso de la fortaleza, ya que la extracción era más rápida y sencilla. Las piedras extraídas se cocían en un horno tradicional que se construyó al lado de la fortaleza, el horno era tradicional, estaba excavado y medía aproximadamente 2,5 metros de ancho por 2m de profundo y 2m de alto.

Enrique trabajó como yesero en el horno de la fortaleza y utilizó ese yeso ya que era albañil. Además, tuvo un horno en su casa, también tradicional excavado y de medidas similares al de la fortaleza

MUNICIPIO: TAUSTE



Nombre: José Pola Pola

Nacimiento: 15/07/1932

Profesión: Trabajó el yeso desde los 21 años hasta los 58

Empezó trabajando en el año 1952 en unas de las canteras que había en Tauste. Aprendió de su padre, el cual tenía hornos tradicionales muy antiguos y pequeños, sin embargo, poco después de empezar él, cambió el modelo de horno por una estructura más pesada de dos hornos. Posteriormente, pasó a una de hormigón, más industrializada todavía, con 4 hornos. La empresa de José Pola Pola se convirtió en una de las empresas más grandes de Aragón, vendiendo a gran parte de la comunidad, incluyendo al Alfredo Sancho, de Borja.

En Tauste había mucha tradición cerámica, por lo que también había hornos para cocer tejas y ladrillos. Esto provocó que en los hornos de yeso se utilizaran métodos propios de dichos hornos, siendo hornos híbridos. La diferencia radicaba en que se disponían unos arcos de ladrillo entre la leña y las piedras de yeso. Esto facilitaba el llenado del horno ya que no se tenían que realizar bocas, sin embargo, dichos arcos debían rehacerse cada 8 o 9 cocciones.

Además de José Pola Pola, en Tauste había otras 18 personas haciendo yeso, 4 de ellos fabricaban únicamente yeso. Los demás tenían negocios de tejerías y ladrillerías, éstos aprovechaban el calor que se obtenía al cocer las tejas y los ladrillos, en las tejerías y los ladrilleros, se ponía primero teja y luego mogoté, piedra de yeso, para que se cociera todo a la vez. Este yeso no era de calidad tan buena ya que no era la mejor cocción para el yeso, no se controlaba, por lo que siempre se pasaba o se quedaba corto de cocción.

El frontero de los hornos se tapaba con barro, se cocía durante unas 8 horas, durante el día o durante la noche y luego se cubría con tierra por arriba y se dejaba enfriar durante dos días. A pesar de que anteriormente se molía con carros, él siempre molía de forma mecánica, con un molino.

Para cocer 40.000kg de yeso hacen falta 4.000 kg de combustible, sea cual sea la leña utilizada. El signo de que estaba ya cocido era el olor, ya que era diferente.

Hasta 1960 aproximadamente no se utilizaban embalajes para el yeso, se vendía a granel, en sacos de cemento, en los cuales cabían 6 paladas de yeso. Posteriormente se crearon silos y debajo de éstos las máquinas envasadoras.

En Tauste, el yeso se utilizaba para hacer cimentaciones y para enlucir los interiores. Los muros eran de ladrillo o de adobe y se cogía con mortero de barro y algunos de yeso para que sujetara más. Los revestimientos exteriores de las fachadas eran de yeso.

El sistema de horno cambió varias veces y pasó por tres modelos diferentes, sin embargo, el proceso y las características del yeso eran muy parecidas. El motivo por el que el yeso se dejó de utilizar no fue porque bajase la calidad del yeso al hacerlo de forma más industrial, sino porque el mortero de cemento era más económico y porque duraba más, no moría tan pronto.



Nombre: Jesús Marcos Yagüe Sanz

Nacimiento: 20/07/1953

Profesión: Albañil desde los 14 años

Jesús empezó a trabajar en 1967 y el yeso que se utilizaba era el de Tauste, ya que había varios suministradores, José Pola Pola entre otros. Era el constructor era el que iba a por el yeso y lo llevaba a la obra en sacos de cemento que se reutilizaban para el yeso, ya que éste se vendía a granel.

Cuando empezó a trabajar, ya no se hacían ni cimentaciones, ni muros, ni lavados de fachadas, ni suelos de yeso. Se utilizaba sobre todo para lucir interiores y a veces para sentar los ladrillos de los tabiques o incluso para pegar algún azulejo.

Las propiedades de cada yeso no estaban certificadas todavía ni se les hacía ensayos, pero el fabricante sabía más o menos si era más fuerte o más débil. Esto dependía de si estaba más crudo o se había pasado a la hora de cocerlo.

Nombre: Jaime Carbonell Monguilán

Nacimiento: 12/07/1959

Profesión: Arquitecto Técnico

En Tauste también había un tipo de yeso que le llamaban yeso granzudo. Dicho yeso era muy fuerte ya que las piedras se quedaban sin triturar del todo porque estaba poco cocido, no había terminado de cocerse. Eso provocaba que la superficie de la piedra estaba muy ávida de agua y reaccionaba con esta en cuanto se amasaba.

Al revés que el hormigón, que es un árido inerte y funciona porque lo aglomera el cemento, el yeso es un árido activo que se aglomera por si solo, por lo que se genera una masa muy resistente, tanto a la tracción como a la compresión.

Además, dicho yeso granzudo tenía una menor absorción de la humedad, por tanto era más impermeable y más fuerte, por lo que se solía meter entre los tapiales.

MUNICIPIO: TERRER



Nombre: Eduardo Lavilla Francia

Nacimiento: 07/11/1956

Profesión: Albañil cuando era joven

Su abuelo compró unas tierras a las afueras del pueblo y montó el negocio del yeso, alrededor de 1918. El proceso se realizaba de forma escalonada, aprovechando la inclinación de la ladera. En el negocio trabajaban unas 12 personas por lo que posteriormente construyeron 12 casas para que los trabajadores vivieran allí con sus familias.

En Terrer, casi todas las casas del casco viejo del pueblo están hechas con yeso. Éste utilizaba tanto para enlucir muros techos de vigas de madera y cañizo, como para hacer suelos, muros, con juntas de yeso mezclado con cal y áridos, cimentaciones, con las piedras de peor calidad.

Además, la gente compraba eras para hacer sus casas. Debido a que todo el suelo es yesífero, todo el yeso que se extraía para hacer las explanadas y los caminos, se utilizaba para construir las propias casas. Para ello, construían un horno, al lado de la construcción que se iba a realizar y allí se cocía el yeso, el cual posteriormente se esparcía por la era y se molía mediante rulos.



El castillo, del cual en la actualidad solo quedan ruinas, también se construyó con tapial, con piedras de yeso de la zona.

La iglesia también está hecha de yeso, a pesar de haber tenido dos fases de construcción, siguen quedando zonas en las que se pueden distinguir los muros de piedras de yeso, pero también las decoraciones geométricas propias del arte mudéjar, las cuales se realizaban con éste mismo material y que incluso se pintaban con pigmentos de color negro y rojo.



En Terrer se fabricó yeso hasta 1970, cuando la familia de Eduardo Lavilla cerró el negocio. No obstante, en 1950 aproximadamente, con la llegada del cemento, el yeso pasó a utilizarse únicamente para enlucir las paredes ya que el cemento era más rentable.

MUNICIPIO: TOBED

- **Eduardo Anadón y Fernando Anadón Lahoz:** Tras contactar con ellos nos informan de que ambos han trabajado de albañiles, Fernando tiene 74 años y es el padre de Eduardo. Además, nos comentan que mientras ellos trabajaban de albañiles, en Tobed no se fabricaba ni se utilizaba yeso en la construcción.

- **Juan Salanova:** Tras contactar con él, nos informa de que posee un documento que escribió su abuela en 1903 en el que se exponen los gastos de una obra en Tobed realizada en dicho año. En el documento se puede observar que se compraron y utilizaron varias cargas de yeso provenientes de Langa, Morata, El Frasnó y Montón de Jiloca por lo que se puede afirmar que no se producía yeso en Tobed pero se compraba y traía de otros municipios cercanos.

Cuenta de gastos de la obra de la casa en

Mayo 26	Por la madera	---
" "	Por 4 cargas cal a 2 ^{da} pt.	---
" "	Por 100 cañinos a 2 cent uno	---
Junio 8	Por 23 caños de yeso a 2 ptas uno	---
" "	Por 4 peones 18 dias a hacer adoves para la	---
" 21	Por 340 ladrillos a 20 reales el ciento	---
" 22	Por 2 canales para la misma	---
" 23	Por 2 cargas de yeso de baraga	---
Julio 1	Por 4 cargas yeso	---
" "	Por 7 caños idem idem	---
" 3	Por 40 lb de idem	---
" 4	Por fierros para los plomas de (Quiragoza)	---
" 5	Por 400 adoves a 6 reales (100 de cada carga)	---
" 6	Por idem de Carlos	---
" 7	Por 400 adoves a 6 reales (100 de cada carga)	---
" 8	Por idem de Carlos	---
" 9	Por 300 ladrillos a 13 reales el ciento	---
" 8	Por dos canales para las fachadas	---
Julio 17	Aportan los jornales hasta este dia	254
" 20	Por 300 tejas a 22 reales 100	19
" "	12 jornales a hacer yeso en el terrazo	36
" 23	Por 400 ladrillos de Tabiquez	13
" "	Por 3 balcones segun factura y 3 ptas de laborarlo	189
" "	Por un escurado idem idem idem	26
" "	Por 7 caños de yeso de Morata	14
Agosto 1 ^{ta}	Por el chivo de uno jornalada, salamo	17
" "	de los peones	28
" 20	Por el chivo segunda semana	18
" "	de los peones	24
" 27	Por el chivo 3a semana	20
" "	de los peones idem	36
" 30	Al carpintero en dinero	250
" "	Por baldosa y todo lo necesario para la cocina	34
Sept 6	Por 4 cargas yeso	9
" "	Primera semana los peones	32
" "	Por el trabajo idem	28

Sept. 10	Por pinturas de Calatayud	9	1175	00
" 11	Por 4 cargas yeso	10		
" 17	Por dos cargas idem	5		
" "	Semana de la Virgen los peones	19		
" 19	Semana 3 ^a a 4 ^a peones	48		
" 11	Idem a Pedrote he hijo	21		
" 11	Por dos cargas yeso	5		
" 11	El yeso del Terrazo costo	125		
" 11	Por 35 caices de yeso elaborata	28		
" 22	Por 20 canizos	8		
" 23	Por 4000 baldosaz y portos de los mismos	110		
" 25	Por los jornales de los peones de la cucata semana	21		
" "	Por idem de Pedrote	15		
" 25	Por 44 jornales de los albañiles	132		
" 29	Por una carga yeso	2		50
" 30	Por 3 idem idem	7		5
Oct. 4	Por 5 caices yeso	9		35
" 6	Por 5 caices yeso	10		
" "	Del yeso de Abontin	5		
" 8	Por una carga yeso	3		
" 11	Por 17 jornales de los albañiles	39		
" 11	Por 2 peones de esta semana	21		
" "	Por idem de Pedrote y dia 7 el chico	15		
" 22	Por obra de la teoria	36		
Nov. 1	Por 10 canizos de sieca	24		50
" 3	Por 3 peonados de esta semana	16		
" "	Por 3 carga de yeso	7		35
" "	Por 11 piezas de papel del bueno y 8 del malo (de papel) 31	31		
" "	Por 15 caices de yeso 400 y 50 ladrillos	50		
" 20	Por trabajos de Cartajina	132		
" "	Por 9 peonados de Sierra y larronimos de un juon	35		
" "	Por trabajos del carpintero y maderas de idem	124		
" "	Por pinturas y trabajos de los pintores	117		
" "	Por 20 ladrillos que habian en casa	40		

MUNICIPIO: VILLAFELICHE

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio.

Concretamente, hemos contactado con Manuel Gil y Gil, alfarero de Villafeliche, sin embargo, no ha sido posible localizar en el municipio gente que pueda aportar información al presente trabajo.

MUNICIPIO: VILLAMAYOR DE GÁLLEGO



Nombre: Carlos Lostao Pisa

Nacimiento: 4/10/1974

Profesión: Albañil, empezó a trabajar de peón cuando acabó la mili, a los 18 años.

A pesar de no haber trabajado el yeso personalmente, ya que cuando empezó a trabajar no se trabajaba ya, conoce el proceso debido a que trabajó con albañiles que le transmitieron el conocimiento sobre el material, el proceso y la utilización.

En Villamayor casi todo el suelo es yesífero, a excepción de la zona norte más cercana a Perdiguera, donde el suelo es calcáreo. A la entrada del pueblo siguen existiendo varias canteras, una de ellas, la más grande, era de propiedad municipal y la sacaba a concurso. Dichas canteras eran a cielo abierto, lomas que se cortaban por la mitad y se utilizaban explosivos para extraer el yeso. También había otras canteras más pequeñas por lo que convivía la producción de yeso de empresas industrializadas con grandes extracciones con producciones más reducidas, de uso personal. Además, como todo el suelo era de yeso, los agricultores, al trabajar la tierra, iban sacando alguna piedra de yeso. Poco a poco, cuando tenían las suficientes hacían una hornada y así conseguían un dinero extra.

Cerca de ellas se ubicaban 2 hornos en los que se cocía el yeso. En la actualidad, ambos hornos se conservan a pesar de estar abandonados. Los hornos se excavaban en el terreno y tenían 2 bocas. Para llenarlos, colocaban las piedras más grandes en la zona inferior y las más pequeñas arriba, hasta formar un montículo que sobrepasaba la altura de las paredes. Estas piedras de

menor tamaño se conseguían machacándolas previamente, in situ, de modo que se cocieran con mayor facilidad, normalmente tardaba unas 24 horas.

En el centro de Villamayor sigue existiendo la calle de la Aljecería, en dicha calle había dos hornos en los cuales se cocía el yeso para posteriormente molerlo y venderlo. También hay una calle o camino de la calera, ya que existía un horno de cal y su almacén para su posterior venta.



En Villamayor el yeso se utilizaba para hacer los muros de las casas de las plantas bajas, hasta el primer forjado, donde se continuaba con adobe. Esto se debía a que los muros no necesitaban ser tan anchos por lo que el adobe era mejor ya que era más fácil y ligero de subir y colocar. El yeso también se utilizaba para revestir dichos muros, las paredes interiores de las casas, hacer los cielorrasos y suelos.

MUNICIPIO: VILLAR DE LOS NAVARROS

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio.

Concretamente, hemos contactado con Tomás Utrilla, el alcalde de Villar de los Navarros, sin embargo, no ha sido posible localizar en el municipio gente que pueda aportar información al presente trabajo.

MUNICIPIO: ZUERA

- **Jesús Calvo Prisco:** Tras contactar con él nos informa de que se dedicó a cocer yeso en Zuera. Los hornos eran de tipo B, de planta rectangular y semienterrados, y la leña que se solía utilizar era de aliaga. Dichos hornos estaban situados al noroeste de Zuera, entre la calle Hermanos Argensola y la calle Mosén Constantino Sarrato. Sin embargo, en dicho terreno se construyó posteriormente el Colegio Ntra Sra del Pilar, por lo que actualmente no queda ningún horno ni resto del proceso y del negocio que allí se llevaba a cabo.



Nombre: José de Buen Mustienes

Nacimiento: 20/11/1934

Profesión: Albañil desde los 15 años, comenzó de aprendiz, aunque visitaba las obras con su padre desde los 7 años.

Aprendió sobre el yeso porque hasta 1959 aproximadamente, era el material dominante en la construcción local.

Hasta 1950 se construían las viviendas unifamiliares usando tan sólo 4 sacos de cemento. La cimentación se hacía excavando a mano y se rellenaba con piedra de yeso y colada de yeso vertido por tongadas de 15/20 cm de altura cada vez (a veces se incorporaba una capa de hormigón pobre de 5 cm entre las tongadas).

También se utilizaba yeso para realizar zócalos, para ello utilizaban piedra de yeso con mortero de yeso y después el adobe cogido con barro, pero revestido con yeso.

Para los forjados utilizaban rollizos de madera, sobre él se colocaban los cañizos de 2x1 en sentido contrario y se colocaba una capa de "encascotado", consistente en yeso con densidad media (no muy líquido) y cascotes de teja antigua bien mojada para conseguir la adherencia. Posteriormente se cubría con una capa de yeso puro de 3-4cm. A veces podía quedarse el yeso visto como suelo terminado.

Las fachadas exteriores tradicionales se revestían con yeso. La piedra, si se dejaba vista, se sabollaba (rejuntaba) con yeso aplicado con paletín para que quedase fuerte.

Interiormente se realizaba un muestreado con yeso, rebajado con arena, para sacar una superficie plana, sobre la cual se realizaba un revestimiento de yeso fino, una vez finalizada la obra para evitarle golpes o daños.

Los cercos se realizaban con cuartones de rollizo y se dejaban cogidos con yeso al nivel del revestimiento interior del enlucido.

Además, las jambas y los dinteles de las puertas y ventanas también se cargaban con yeso.



**ANEXO V.
FICHAS DEL PROCESO DEL YESO POR
MUNICIPIO**

Índice de municipios

Se ha elaborado este anexo con un resumen de las canteras y hornos encontrados, organizándolas por los municipios.

- ANIÑÓN
- BORJA
- CALATAYUD
- DAROCA
- FUENTES DE EBRO
- LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA
- LONGARES
- MALUENDA
- QUINTO DE EBRO
- RICLA
- SAN MATEO DE GÁLLEGO
- TAUSTE
- TERRER
- TOBED
- VILLAFELICHCE
- VILLAMAYOR
- VILLAR DE LOS NAVARROS
- ZUERA

Leyenda

 CANTERA

 HORNO

 MOLIENDA Y CRIBADO

 ALMACENAJE Y VENTA

 ZONA DE PRODUCCIÓN DE YESO AMPLIADA

MUNICIPIO: ANIÑÓN

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio.

MUNICIPIO: BORJA

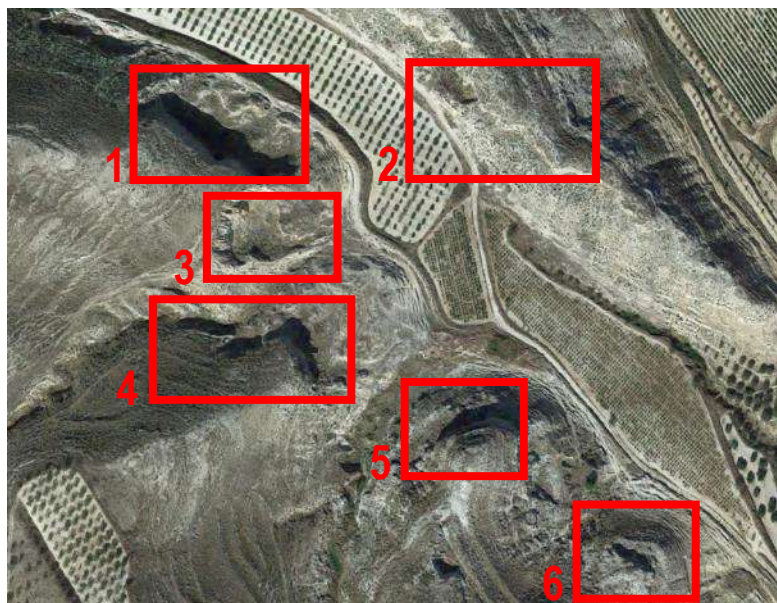
DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Nombre: Canteras de Sayón

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

Observaciones: Se trata de una zona con un suelo eminentemente yesífero, lo que favoreció la instalación de varias canteras. De hecho, en el catastro, la prolongación de la calle Sayón se denomina Camino de las Canteras y actualmente en él se pueden distinguir varios frentes abiertos (canteras).

Ortofoto:



CANTERA 1

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'52.1"N 1°32'37.8"W

Datos catastrales: Polígono: 15 Parcela: 47 Referencia: 50055A015000470000SS

Tipo de propiedad: -

Observaciones: El yeso se extraía mediante barrenas y posteriormente con pólvora y dinamita.

Ortofoto:



Fotografías:



CANTERA 2

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'53.9"N 1°32'32.8"W

Datos catastrales: Polígono: 14 Parcela: 87 Referencia:50055A014000870000SL

Ortofoto:



Fotografías:



CANTERA 3

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'49.7"N 1°32'37.5"W

Datos catastrales: Polígono:15 Parcela: 47 Referencia:50055A015000470000SS

Ortofoto:



CANTERA 4

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'47.9"N 1°32'36.7"W

Datos catastrales: Polígono:15 Parcela: 47 Referencia:50055A015000470000SS

Ortofoto:



CANTERA 5

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'46.4"N 1°32'31.1"W

Datos catastrales: Polígono:15 Parcela: 47 Referencia:50055A015000470000SS

Ortofoto:



CANTERA 6

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'43.5"N 1°32'27.4"W

Datos catastrales: Polígono:15 Parcela: 47 Referencia:50055A015000470000SS

Ortofoto:



DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: Afueras de Borja

Tipo de horno: Tradicional y semi-industrial

Estado: Abandonados

Observaciones: Había varias familias que se dedicaban al negocio del yeso por lo que había varios hornos en el pueblo y el proceso se fue desarrollando y siendo cada vez un poco más industrial.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'52.5"N 1°32'37.4"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo B

Aislado

Contra el terreno, semienterrado

Planta rectangular (2,5 de largo por 2 m de profundo y una altura aproximada de 2,5 m)

Observaciones: Los hornos más tradicionales eran de particulares

Ortofoto:



Fotografías:



HORNO 2: Explotación de yesos de Adolfo Sancho

Localización: Junto a la calle Sayón, a las afueras del norte del pueblo

41°50'43.6"N 1°32'27.3"W

Tipo de horno: Semi-industrial, de dos o tres bocas. Tipo C

Aislados

Contra el terreno, semienterrados

Planta rectangular (3 o 4m de largo por 3 o 4 m de profundo y una altura de 2,5 m)

Observaciones: Los hornos estaba situados bajo el frente de la cantera, por lo que el proceso se realizaba de forma descendente. Dichos hornos tenían 2 o 3 bocas y eran más industriales que los tradicionales.

Ortofoto:



Fotografías:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: -

Tipo: Manual y posteriormente mecánica

Estado: -

Observaciones: Desde el año 54 se realizaba de forma mecánica, con molinos movidos por tractores. Anteriormente se realizaba de forma manual. Fuente: Conversación con Alfredo Sancho

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: Mecánico

Distribución: Local y comarcal

Observaciones: La venta se realizaba por encargo y se transportaba mediante un remolque en el cual cabían unos 300 sacos. Fuente: Conversación con Alfredo Sancho

FUENTES:

Conversaciones con Alfredo Tejero Ballesta, Miguel Zardoya Lajusticia y Alfredo Sancho Pablo.

MUNICIPIO: CALATAYUD – VELILLA DE JILOCA

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: Varias, en las afueras del norte de Velilla de Jiloca

Observaciones: Gran parte del suelo de Velilla de Jiloca es yesífero por lo que había varias canteras, sin embargo, en la actualidad únicamente se conserva una.

CANTERA 1

Nombre: -

Localización: Junto a la calle Calvo Sotelo, en las afueras del pueblo

41°16'39.5"N 1°35'58.9"W

Datos catastrales: Polígono: 3 Parcela: 8 Referencia: 50284A003000080000QW

Tipo de propiedad: -

Observaciones: Gran parte del suelo de Velilla de Jiloca es yesífero por lo que había varias canteras.

Ortofoto:



DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: Junto a la calle Calvo Sotelo, en las afueras del pueblo

41°16'40.2"N 1°35'59.0"W

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo C

Aislados

Contra el terreno, semienterrados.

Planta rectangular (3m de largo por 3 m de profundo y una altura aproximada de 2,5 m)

Estado: En perfecto estado ya que se construyeron hace unos 5 años para dejarlos de exposición.

Observaciones: Estos 4 hornos preexistentes están situados en las afueras del pueblo y hace 5 años se convirtieron en hornos museísticos. Los hornos se llenaron de yeso tal y como se hacía antiguamente, sin embargo, cada uno está en un estado de llenado diferente de modo que se puede observar todo el proceso. Tal y como se puede observar, los hornos tenían 2 bocas, las cuales se formaban con las piedras más triangulares que se extraían, colocándolas en vertical.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: Junto a la calle Calvo Sotelo, en las afueras del pueblo

41°16'41.3"N 1°35'59.7"W

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo C

Estado: En perfecto estado ya que se llenaron hace unos 5 años para dejarlos de exposición.

Observaciones: Este horno está completo y es el de mayor altura

Ortofoto:



Fotografías:



HORNO 2

Localización: Junto a la calle Calvo Sotelo, en las afueras del pueblo

41°16'41.1"N 1°35'59.5"W

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo C

Estado: Regular ya que se ha caído parte de la estructura

Observaciones: Este horno únicamente muestra la estructura, no se llenó como los demás hornos.

Ortofoto:



Fotografías:



HORNO 3

Localización: Junto a la calle Calvo Sotelo, en las afueras del pueblo

41°16'40.6"N 1°35'59.1"W

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo C

Estado: En perfecto estado ya que se llenaron hace unos 5 años para dejarlos de exposición.

Observaciones: Este horno está a medio llenar, con únicamente una boca, de modo que se puede observar cómo se realiza cada una de ellas.

Ortofoto:



Fotografías:



HORNO 4

Localización: Junto a la calle Calvo Sotelo, en las afueras del pueblo

41°16'39.5"N 1°35'58.7"W

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo C

Estado: En perfecto estado ya que se construyeron hace unos 5 años para dejarlos de exposición.

Observaciones:

Ortofoto:



Fotografías:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: Junto a la calle Calvo Sotelo, en las afueras del pueblo

41°16'40.2"N 1°35'59.0"W

Tipo: Manual, mediante cilindros de piedra tirados por mulas.

Estado: -

Observaciones: Una vez cocidas las piedras de yeso, éstas se esparcían sobre las eras en las que se encontraban los hornos. El yeso se molía mediante cilindros de piedra que se ataban a las mulas y daban vueltas hasta que se acababa de moler y se guardaba en sacos.

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: -

Distribución: Local

Observaciones: -

FUENTES:

Conversación con Elier Gallego Pascual.

MUNICIPIO: DAROCA

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio, a pesar de que las construcciones tradicionales cuentan con una gran utilización del yeso como material de construcción y la geología del entorno muestra una alta disponibilidad de este recurso, por lo que sin duda, debieron de existir canteras, hornos y centros de transformación.

En base a ello, debido a la importancia y la alta utilización del yeso como material de construcción en este municipio, se recomienda que se continúe dicho trabajo de investigación con mayor profundidad, ahondando en su sistema de extracción, cocción y utilización.

MUNICIPIO: FUENTES DE EBRO – RODÉN

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: A las afueras de Rodén el viejo

Observaciones: Gran parte del suelo de Fuentes de Ebro y de Rodén es yesífero por lo que había varias canteras. En la actualidad únicamente se conserva una cantera a las afueras de Rodén el Viejo, sin embargo, en ese mismo pueblo había más canteras ya que el yeso se extraía donde se iban a construir las casas. En el caso de Fuentes de Ebro, antiguamente había canteras de yeso, sin embargo, en la actualidad las canteras que quedan se utilizan para extraer alabastro.

CANTERA 1

Nombre: -

Localización: A las afueras de Rodén el viejo

41°29'23.4"N 0°38'38.1"W

Datos catastrales: Polígono: 103 Parcela: 42 Referencia: 50116A103000420000JH

Tipo de propiedad: -

Observaciones: Todo el suelo de Rodén el Viejo, y de sus alrededores, es yesífero por lo que las casas se realizaban con el yeso que se extraía del lugar donde se iban a construir. Actualmente se pueden observar como todas las casas del pueblo se construyeron con muros de piedras de yeso, ya que el pueblo está completamente abandonado.

Además, en las afueras del pueblo actualmente se pueden observar canteras de yeso de mayor envergadura.

Ortofotos:





Fotografias:



DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: En Rodén el Viejo

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo B

Observaciones: Antiguamente al lado de cada casa que iba a construirse en Rodén el Viejo había un horno, ya que todo el suelo era yesífero y se realizaban casi en su totalidad con yeso. Sin embargo, en la actualidad no queda casi ninguno, y el que queda, al igual que el pueblo, está abandonado y en mal estado. Además, este estado de abandono del pueblo, nos permite ver cómo se construían todas las casas antiguamente en esta zona.

HORNO 1

Localización: En Rodén el Viejo

41°29'36.2"N 0°39'10.1"W

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo B

Aislados

Contra el terreno, semienterrados.

Planta rectangular (2m de largo por 2,5m de profundo y una altura aproximada de 2 m)

Estado: Abandonados

Observaciones: Los hornos tenían 2 bocas y se llenaban colocando las piedras más grandes y apuntadas en la zona inferior, formando las bocas y las más pequeñas arriba. Normalmente se cocían durante unas 24 horas aproximadamente.

Ortofoto:



Fotografias:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: Junto al horno en el cual se cocía el yeso.

Tipo: Manual

Estado: -

Observaciones: -

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: -

Distribución: Local

Observaciones: -

FUENTES:

Conversación con Javier Moreno Lizaga.

MUNICIPIO: LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: -

Observaciones: A pesar de que en la actualidad se conservan dos hornos de yeso, en el restaurante La Yesería, no se han encontrado canteras de yeso en este municipio.

CANTERA 1

Nombre: -

Localización: -

Datos catastrales: Polígono: Parcela: Referencia:

Tipo de propiedad: -

Observaciones: -

DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

HORNO 1

Localización: Junto a la carretera N-IIa, en el restaurante la Yesería

41°28'39.0"N 1°23'28.1"W

Tipo de horno: Tipo D con modificaciones

Doble

Planta circular (m de diámetro y una altura aproximada de m)

Estado: En perfecto estado

Observaciones: Los hornos...

Ortofotos:





Fotografias:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: -

Tipo: -

Estado: -

Observaciones: -

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: -

Distribución: Local

Observaciones: -

FUENTES:

MUNICIPIO: LONGARES

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio.

MUNICIPIO: MALUENDA

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Nombre: -

Localización: -

Datos catastrales: Polígono: - Parcela: - Referencia: -

Tipo de propiedad: -

Observaciones: Había múltiples canteras ya que todo el terreno es yesífero, sin embargo, en la actualidad no se conserva ninguna. El yeso se extraía de forma manual, con picos.

DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: Varias, dentro del pueblo.

Observaciones: Había varios hornos en Maluenda, sin embargo, en la actualidad no queda ninguno. Dichos hornos se situaban en las eras donde se iban a construir las casas y eran de propiedad y uso personal. El único horno que se conserva está en el interior de la Iglesia de San Miguel.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: Dentro de la Iglesia San Miguel, en la calle San Miguel

41°17'18.3"N 1°36'57.3"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo C

Aislados

Contra dos paredes de la iglesia abandonada

Planta rectangular (2,5 m de largo por 2,5 m de profundo y una altura de 2 m)

Estado: Abandonado

Observaciones: La iglesia de San Miguel fue vendida por el obispado a un particular del pueblo, el cual la utilizó para la ganadería. Posteriormente construyó un horno, el cual se conserva cargado hasta la actualidad ya que el acceso a la iglesia es restringido debido a que está en ruinas.

La propia iglesia, construida aproximadamente en el siglo XV, se realizó aprovechando la ladera de la montaña y con piedra de yeso. Además, se pueden observar distintas capas de enlucido de yeso, una de ellas decorada con los motivos geométricos propios del estilo mudéjar.

Fotografías:





DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: Dentro de la Iglesia San Miguel, en la calle San Miguel

41°17'18.3"N 1°36'57.3"W

Tipo: Manual, mediante cilindros de piedra tirados por mulas.

Estado: -

Observaciones: Una vez cocidas las piedras de yeso, éstas se esparcían y se molía mediante cilindros de piedra que se ataban a las mulas y daban vueltas hasta que se acababa de moler. Posteriormente se cribaba para conseguir yesos de distinta calidad y propiedades.

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: -

Distribución: Local

Observaciones: Cada uno lo transportaba según sus medios

FUENTES:

Conversación con Antonio Meléndez Aldea.

MUNICIPIO: QUINTO DE EBRO

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio, a pesar de que las construcciones tradicionales cuentan con una gran utilización del yeso como material de construcción y la geología del entorno muestra una alta disponibilidad de este recurso, por lo que sin duda, debieron de existir canteras, hornos y centros de transformación.

En base a ello, debido a la importancia y la alta utilización del yeso como material de construcción en este municipio, se recomienda que se continúe dicho trabajo de investigación con mayor profundidad, ahondando en su sistema de extracción, cocción y utilización.

MUNICIPIO: RICLA

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio, a pesar de que las construcciones tradicionales cuentan con una gran utilización del yeso como material de construcción y la geología del entorno muestra una alta disponibilidad de este recurso, por lo que sin duda, debieron de existir canteras, hornos y centros de transformación.

En base a ello, debido a la importancia y la alta utilización del yeso como material de construcción en este municipio, se recomienda que se continúe dicho trabajo de investigación con mayor profundidad, ahondando en su sistema de extracción, cocción y utilización.

MUNICIPIO: SAN MATEO DE GÁLLEGO

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: En las afueras de San Mateo de Gállego, en la zona de las Aguas Saladas.

Observaciones: En San Mateo de Gállego, gran parte del suelo es yesífero por lo que había varias canteras. Dichas canteras estaban al sureste del pueblo y la piedra que se extraía de ellas se transportaba por un camino que las comunicaba con la fábrica de yesos y cal presente en la entrada sur del pueblo. En dicha fábrica se cocía en el horno que había allí y posteriormente se molía y cribaba para finalmente venderlo.

Ortofoto:



CANTERA 1

Nombre: -

Localización: En el barranco de la Mascarada, cerca del camino de San Mateo a Leciñena

41°49'40.5"N 0°45'40.7"W

Datos catastrales: Polígono: 19 Parcela: 182 Referencia: 50238A019001820000GU

Tipo de propiedad: -

Observaciones: Se trata de un frente con cortados del que extraían el yeso. Dicho frente estaba situado junto a un camino, el cual conducía a una fábrica de yeso y cal, por lo que por ese camino transportaban las piedras para posteriormente cocerlas allí.

Ortofoto:



CANTERA 2

Nombre: -

Localización: En el camino de San Mateoa Leciñena, por la zona de las Aguas Saladas.

41°49'37.6"N 0°45'14.7"W

Datos catastrales: Polígono: - Parcela: - Referencia: -

Tipo de propiedad: -

Observaciones: Las piedras de yeso extraídas de la cantera eran transportadas por un camino que conducía a una fábrica de yeso y cal, donde posteriormente se cocían, molían y vendían.

Ortofoto:



Fotografías:





DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: Varias

Estado: No existen en la actualidad ya que fueron destruidos

Observaciones: En San Mateo de Gállego había varios hornos, sin embargo, en la actualidad no se conserva ninguno.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: Frente a la actual fábrica de piensos, en la Cooperativa de San Mateo, en una fábrica de yeso y cal que existía antiguamente pero que en la actualidad ya no.

41°49'27.0"N 0°46'21.1"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo B

Aislado

Contra el terreno, semienterrado

Planta rectangular (2,5 m de largo por 2,5 m de profundo y una altura de 2 m)

Estado: Destruído, ya no existe en la actualidad.

Observaciones: El horno estaba en una fábrica de yeso y cal y se utilizaba para cocer ambos, unas veces yeso y otras cal. El horno estaba excavado en la ladera y las piedras que se cocían allí provenían de las canteras de la zona de Aguas Saladas.

HORNO 2

Localización: En la casa de Enrique Bordonaba

41°49'56.9"N 0°46'06.8"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo B

Aislado

Contra el terreno, semienterrado

Planta rectangular (2,5 m de largo por 2,5 m de profundo y una altura de 2 m)

Estado: Destruído, ya no existe en la actualidad.

Observaciones: El horno era de propiedad y uso personal ya que se encontraba en la casa de Enrique Bordonaba.

HORNO 3

Localización: Al lado de la antigua Fortaleza de San Mateo

41°50'00.3"N 0°46'09.0"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo B

Aislado

Contra el terreno, semienterrado

Planta rectangular (2,5 m de largo por 2,5 m de profundo y una altura de 2 m)

Estado: Destruído, ya no existe en la actualidad.

Observaciones: El horno estaba al lado de la Fortaleza de San Mateo, la cual estaba construida con piedras de yeso. Esto se debe a que dichas piedras se sacaban de la fortaleza y se cocían en el horno para hacer yeso cuando lo necesitaban.

DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: Varias

Tipo: Manual y mecánica

Estado: -

Observaciones: La molienda era manual en los hornos tradicionales y mecánica en el horno de la fábrica de yeso y cal.

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: -

Distribución: Local

Observaciones: Cada uno lo transportaba según sus medios

FUENTES:

Conversación con Antonio Meléndez Aldea.

MUNICIPIO: TAUSTE

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: Junto al Barranco de Valdepuyolbil, al sureste de Tauste

Observaciones: En Tauste, gran parte del terreno es yesífero por lo que había varias canteras a las afueras del pueblo. En la actualidad se pueden observar dos de ellas, ambas explotadas por José Pola Pola y su padre, los cuales se dedicaron al negocio del yeso.

Ortofoto:



CANTERA 1

Nombre: -

Localización: Junto al Barranco de Valdepuyolbil, al sureste de Tauste

41°54'06.3"N 1°14'23.2"W

Datos catastrales: Polígono: 35 Parcela: 402 Referencia: 50255A035004020000DP

Tipo de propiedad: Particular, del padre de José Pola Pola

Observaciones: Se trata de la primera cantera que explotaba el padre de José Pola Pola, junto a ella, se ubica el horno que utilizaba para cocer el yeso y posteriormente venderlo.

Ortofoto:



Fotografías:



CANTERA 2: Explotación de yesos de José Pola Pola

Nombre: -

Localización: Junto al Barranco de Valdepuyolbil, al sureste de Tauste

41°53'53.8"N 1°14'29.7"W

Datos catastrales: Polígono: 35 Parcela: 72 Referencia: 50255A035000720000DZ

Tipo de propiedad: Particular, de José Pola Pola

Observaciones: La cantera estaba situada al lado del resto de la explotación de José Pola Pola.

Ortofoto:



Fotografías:



DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

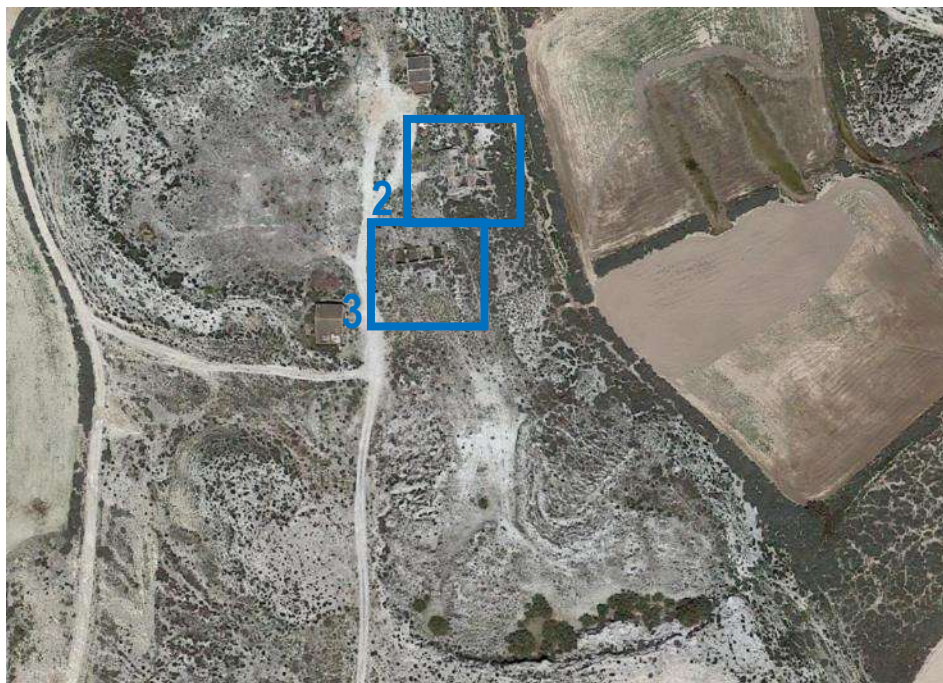
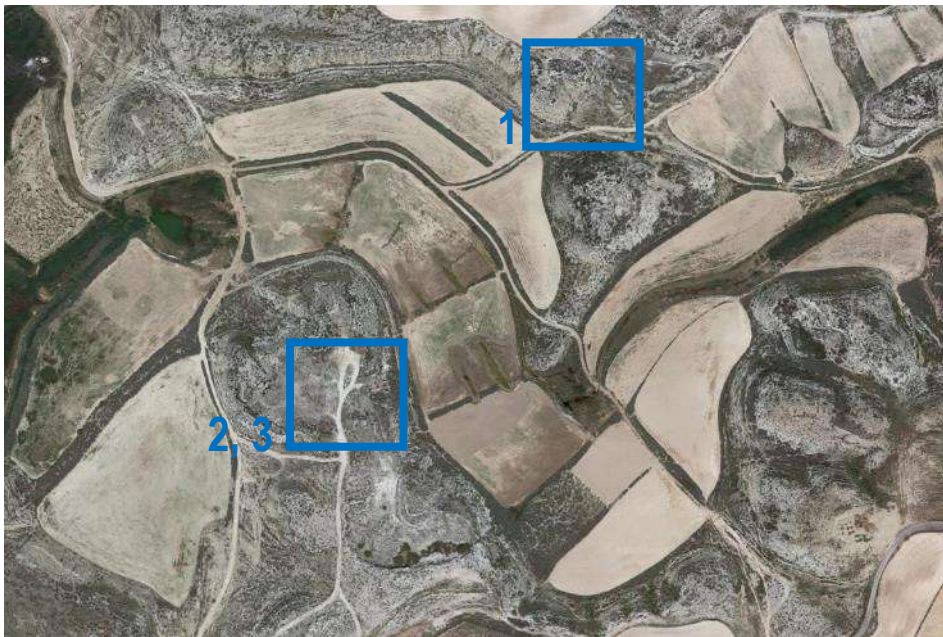
Localización: Junto al Barranco de Valdepuyolbil, al sureste de Tauste

41°53'57.1"N 1°14'31.7"W

Tipo de horno: Varios

Observaciones: Había varias familias que se dedicaban al negocio del yeso por lo que había varios hornos en el pueblo. José Pola Pola tenía una de las fábricas de yeso y el proceso pasó por tres fases ya que se fue industrializando cada vez más.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: Junto al Barranco de Valdepuyolbil, al sureste de Tauste

41°54'06.8"N 1°14'24.0"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo B con una cámara de combustión independiente realizada con arcos de ladrillo cerámico (hibridación influenciada por el tipo de horno utilizado para la floreciente industria de cerámica en Tauste).

Aislado

Contra el terreno, semienterrado

Planta rectangular

Estado: Abandonados

Observaciones: Se trata del primer horno que tuvo el padre de José Pola Pola. José Pola Pola solo lo vio funcionar siendo un niño. Era el horno utilizado por todas las familias de Tauste que cocían yeso y fue con el que empezó el negocio del yeso. Era tradicional, de pequeñas dimensiones (2,5x2,5x2m, b x b x h) con la salvedad de incorporar una cámara de combustión independiente realizada con arcos de ladrillo cerámico por lo que posteriormente, José Pola Pola fue industrializando el proceso.

Fotografías:



HORNO 2

Localización: Junto al Barranco de Valdepuyolbil, al sureste de Tauste

41°53'57.1"N 1°14'31.7"W

Tipo de horno: Industrial, de 1 boca. Con una cámara de combustión independiente realizada con arcos de ladrillo cerámico (hibridación influenciada por el tipo de horno utilizado para la floreciente industria de cerámica en Tauste).

Adosados, 2 hornos

Contra el terreno

Planta rectangular

Estado: Abandonados, unos en ruinas

Observaciones: Estructura de dos hornos con paredes de piedra de yeso. Las bocas se realizaban mediante unos arcos de ladrillo que les daban forma abovedada y permitían dejar el espacio necesario para la leña. Dichos arcos de ladrillo se cambiaban cada 8 o 9 cocciones. herencia del sistema tradicional de Tauste, que incorporaba esta cámara de combustión típica de los hornos de cerámica.

Ortofoto:



Fotografias:



HORNO 3

Localización: Junto al Barranco de Valdepuyolbil, al sureste de Tauste

41°53'57.1"N 1°14'31.7"W

Tipo de horno: Industrial, de varias bocas

Adosados, 4 hornos

Contra el terreno

Forma cúbica, de 3 o 4 m de lado, ancho y alto

Estado: Regular, abandonados

Observaciones: Estructura rectangular de hormigón, de paredes masivas y gran tamaño. Al igual que los hornos anteriores, las bocas se realizaban con arcos de ladrillo, los cuales había que mantener y reemplazar cada 8 o 9 cocciones aproximadamente. Para cocer 40.000kg de yeso hacían falta 4.000 kg de combustible, sea cual sea la leña utilizada.

Fotografías:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: -

Tipo: Mecánica, con un molino

Estado: -

Observaciones: A partir de 1950 aproximadamente se molía de forma mecánica, anteriormente de forma manual, con carros.

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: Mecánico, con un remolque

Distribución: Local y comarcal

Observaciones: Hasta 1960 aproximadamente, el yeso no necesitaba embalaje y se vendía a granel. Se transportaba en sacos de cemento reutilizados y se transportaban en un remolque en el que cabían unos 300 sacos.

FUENTES:

Conversaciones con José Pola Pola, Jesús Marcos Yagüe Sanz y Jaime Carbonell Monguilán.

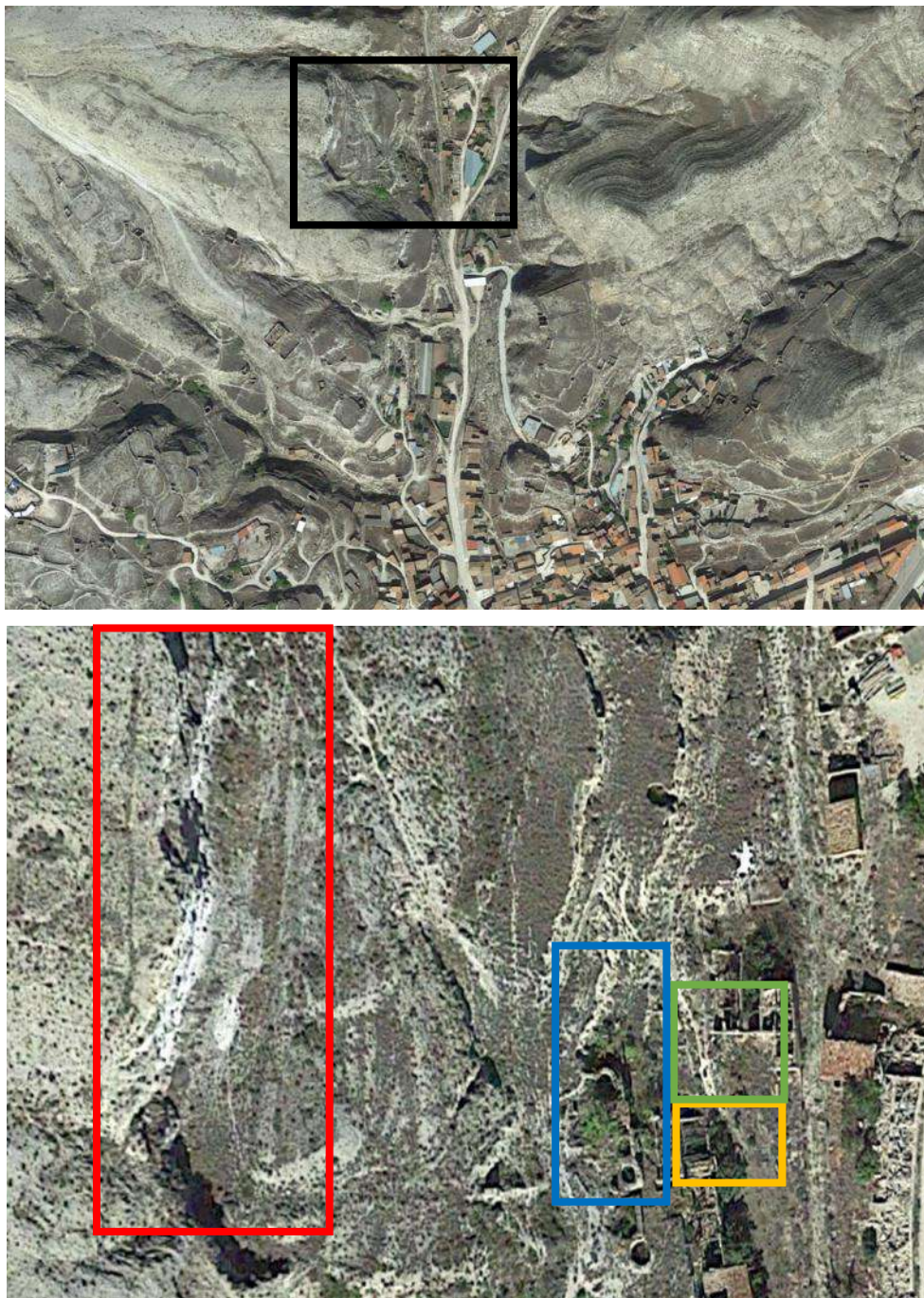
MUNICIPIO: TERRER

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: Junto al barranco de la Quebrada, al norte de Terrer

Observaciones: En Terrer, gran parte del suelo es yesífero por lo que había varias canteras. Sin embargo, en la actualidad únicamente se conserva una, la de la familia Lavilla.

Ortofoto:



CANTERA 1

Nombre: Explotación Lavilla

Localización: Junto al barranco de la Quebrada

41°19'52.7"N 1°43'00.0"W

Datos catastrales: Polígono: 1 Parcela: 252 Referencia: 50256A001002520000JA

Tipo de propiedad: Particular

Observaciones: La familia Lavilla compró la parcela y montó un negocio de explotación del yeso. La cantera se halla en la parte alta de la colina, de ahí se extraían las piedras y se transportaban hasta el límite de dicho nivel. El desnivel se aprovechaba para que costara el menor esfuerzo posible por lo que las piedras de yeso se echaban al nivel inferior, donde se almacenaban y se dividían según su tipo y su calidad en dos zonas diferenciadas.

Ortofoto:



Fotografias:



DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: Junto al barranco de la Quebrada, al norte de Terror

41°19'52.8"N 1°42'57.4"W

Observaciones: La familia Lavilla tenía 5 hornos en los que cocía todo el yeso que extraían de la cantera que estaba situada en la zona superior.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: Junto al barranco de la Quebrada

41°19'52.8"N 1°42'57.4"W

Tipo de horno: Semi-industrial. Tipo D

En grupo, 5 hornos juntos

Contra el terreno, semienterrados.

Planta circular (2,5m de diámetro y una altura aproximada de 4,5 m)

Estado: Regular, abandonados

Observaciones: Todo el proceso se realizaba de forma escalonada, desde la extracción del yeso hasta su distribución en sacos. La cantera estaba en la zona superior de la colina, en el siguiente nivel se almacenaban las piedras según si tipo y calidad y en el nivel inferior a este los 5 hornos. Una vez cocido el yeso, se movía a una tolva que conducía el yeso a la máquina trituradora situada en el nivel inferior.

Ortofoto:



Fotografias:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: Junto al barranco de la Quebrada, en un nivel inferior al horno.

41°19'52.9"N 1°42'57.0"W

Tipo: Mecánico, mediante máquinas

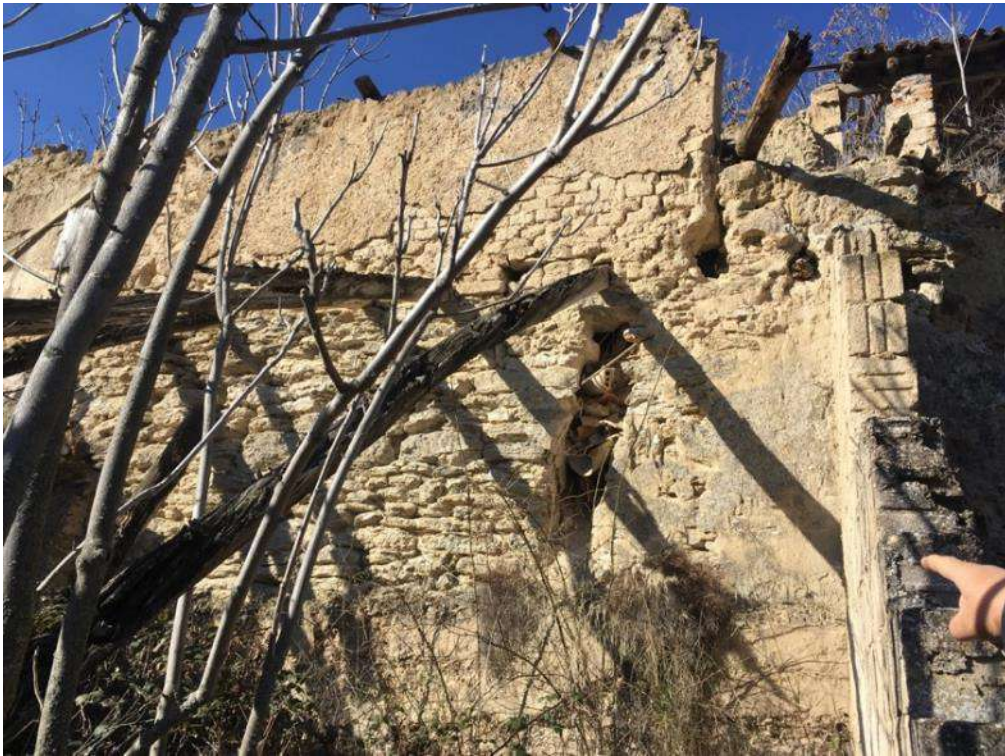
Estado: Regular, abandonado

Observaciones: Una vez cocidas las piedras de yeso se transportaban a una tolva que las conducía a una máquina que las trituraba. Ya obtenido el yeso en polvo éste se dividía según su calidad y se guardaba en dos almacenes diferenciados donde se quedaba hasta que se vendía.

Ortofoto:



Fotografías:



DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: -

Distribución: Local

Observaciones: No se guardaba en sacos, se vendía a granel en bidones.

FUENTES:

Conversación con Eduardo Lavilla Francia.

MUNICIPIO: TOBED

Tras contactar con varios albañiles y habitantes de Tobed, no se han encontrado datos significativos de explotación del yeso en este municipio. Sin embargo, existe constancia de que el yeso se utilizaba como material de construcción en Tobed y que se importaba de otros municipios, concretamente de Langa, Morata, El Frasno y Montón de Jiloca. Dicha información se obtiene de un documento de 1903 en el que se exponen los gastos y materiales utilizados en una obra de Tobed, realizada ese mismo año.

MUNICIPIO: VILLAFELICHE

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio, a pesar de que las construcciones tradicionales cuentan con una gran utilización del yeso como material de construcción y la geología del entorno muestra una alta disponibilidad de este recurso, por lo que sin duda, debieron de existir canteras, hornos y centros de transformación.

MUNICIPIO: VILLAMAYOR DE GÁLLEGO

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: Cerca de la carretera de entrada al pueblo, el Camino la Puebla

Observaciones: Parte del suelo de Villamayor es yesífero por lo que había varias canteras en el pueblo, actualmente se pueden observar dos, a la entrada del pueblo, sin embargo, ninguna está activa.

Ortofoto:



CANTERA 1

Nombre: -

Localización: Al este del Camino Puebla, en la entrada al pueblo

41°40'45.2"N 0°46'24.9"W

Datos catastrales: Polígono: 58 Parcela: 93 Referencia: 50306A058000930000RB

Tipo de propiedad: Municipal

Observaciones: La cantera era de propiedad municipal y se sacaba a concurso. Se trataba de lomas que se cortaban por la mitad y para extraer el yeso se utilizaban barrenas y explosivos. También había otras más pequeñas de explotación personal.

Ortofoto:



Fotografias:



CANTERA 2

Nombre: -

Localización: Al oeste del Camino Puebla, a las afueras del sur de Villamayor

41°40'45.2"N 0°46'24.9"W

Datos catastrales: Polígono: 59 Parcela: 657 Referencia:50306A059006570000RR

Tipo de propiedad: Particular

Observaciones: Se trata de una explotación a cielo abierto y de propiedad particular.

Ortofoto:



DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: Varias

Tipo de horno: Semi-industriales. Tipo D

Observaciones: A pesar de que antiguamente había varios hornos en Villamayor de Gállego, en la actualidad únicamente se pueden observar dos de ellos.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: En la calle de la Aljecería

41°41'04.6"N 0°46'16.9"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo C

Aislado

Contra el terreno, semienterrados.

Planta rectangular (3m de largo por 3 m de profundo y una altura aproximada de 2,5 m)

Estado: Destruído, ya no existe en la actualidad

Observaciones: A pesar de que no se conserva nada en la actualidad, este horno formaba parte de una yesería, de hecho, la calle en la que se situaba se denomina Calle Aljecería. Aljecería es sinónimo de yesería, por lo que dicha yesería le otorgó el nombre a la calle.

HORNO 2

Localización: Junto al Camino de Val de Sonda de Abajo

41°40'54.7"N 0°46'17.4"W

Tipo de horno: Tradicional, de dos bocas. Tipo C

Aislados

Contra el terreno, semienterrados.

Planta rectangular (3m de largo por 3 m de profundo y una altura aproximada de 2,5 m)

Estado: Abandonados

Observaciones: Los hornos tenían 2 bocas y se llenaban colocando las piedras más grandes en la zona inferior y las más pequeñas arriba. Las piedras de menor tamaño se machacaban previamente, in situ, de modo que se cocieran con mayor facilidad. Normalmente se cocían durante unas 24 horas aproximadamente.

Ortofotos:



Fotografias:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: Varias

Tipo: Manual

Estado: -

Observaciones: Se molía al lado de los hornos en los que se cocía

DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: -

Distribución: Local

Observaciones: -

FUENTES:

Conversación con Carlos Lostao Pisa.

MUNICIPIO: VILLAR DE LOS NAVARROS

Pese a que hemos contactado con el Ayuntamiento y con las empresas del gremio de la construcción en busca de posibles contactos y se ha investigado sobre las posibles explotaciones de yeso en el municipio, no ha sido posible documentar resultados suficientemente representativos en este municipio.

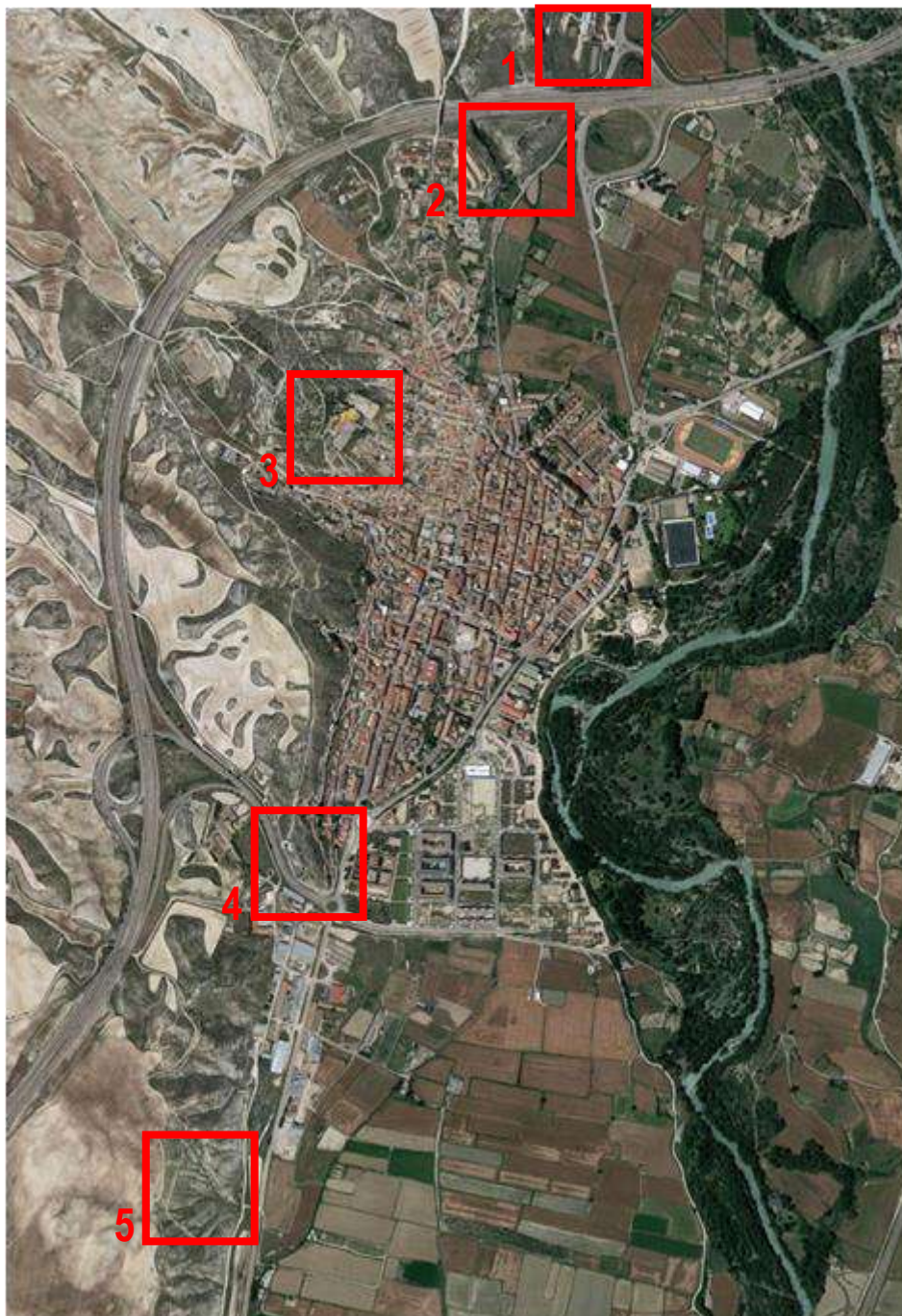
MUNICIPIO: ZUERA

DATOS GENERALES DE EXTRACCIÓN

Localización: Varias

Observaciones: Gran parte del suelo de Zuera es yesífero por lo que había varias canteras en el municipio.

Ortofoto:



CANTERA 1

Nombre: Fábrica de Yesos "Alceda"

Localización: Al otro lado de la Autovía Mudéjar, al norte de Zuera

41°52'44.5"N 0°47'11.9"W

Datos catastrales: Polígono: 29 Parcela: 9020 Referencia: 50304A029090200000LP

Tipo de propiedad: Particular, de la familia Alceda

Observaciones: La familia Alceda fundó en 1970 aproximadamente este negocio de explotación del yeso. De todas las de Zuera, esta explotación era la más reciente y por tanto la más industrializada, de hecho contaba también con una nave industrial.

Ortofoto:



CANTERA 2

Nombre: Fábrica de Yesos "Jaraba"

Localización: Cerca del Arco de la Mora, al norte de Zuera

41°52'37.9"N 0°47'14.3"W

Datos catastrales: Polígono: 29 Parcela: 172 Referencia: 50304A029001720000LE

Tipo de propiedad: Particular, de la familia Jaraba

Observaciones: Actualmente se puede observar parte de la cantera, aunque con las obras que se realizaron para construir la rotonda de acceso a Zuera ya no se puede observar en su totalidad.

Ortofoto:



Fotografias:







CANTERA 3

Nombre: Zona de extracción manual de distintas familias, entre ellas la familia de Jesús Calvo Prisco.

Localización: Al noroeste de Zuera, cerca de la calle Hermanos Argensola

41°52'17.3"N 0°47'32.9"W

Datos catastrales: Polígono: - Parcela:- Referencia: 3381009XM8338S0001FJ

Tipo de propiedad: -

Observaciones: En la actualidad no se puede observar ningún resto ya que se construyó el Colegio de Ntra Sra del Pilar en el mismo terreno.

CANTERA 4

Nombre: Fábrica de Yesos "Colón"

Localización: En la calle Val de la Horca, dentro de Zuera.

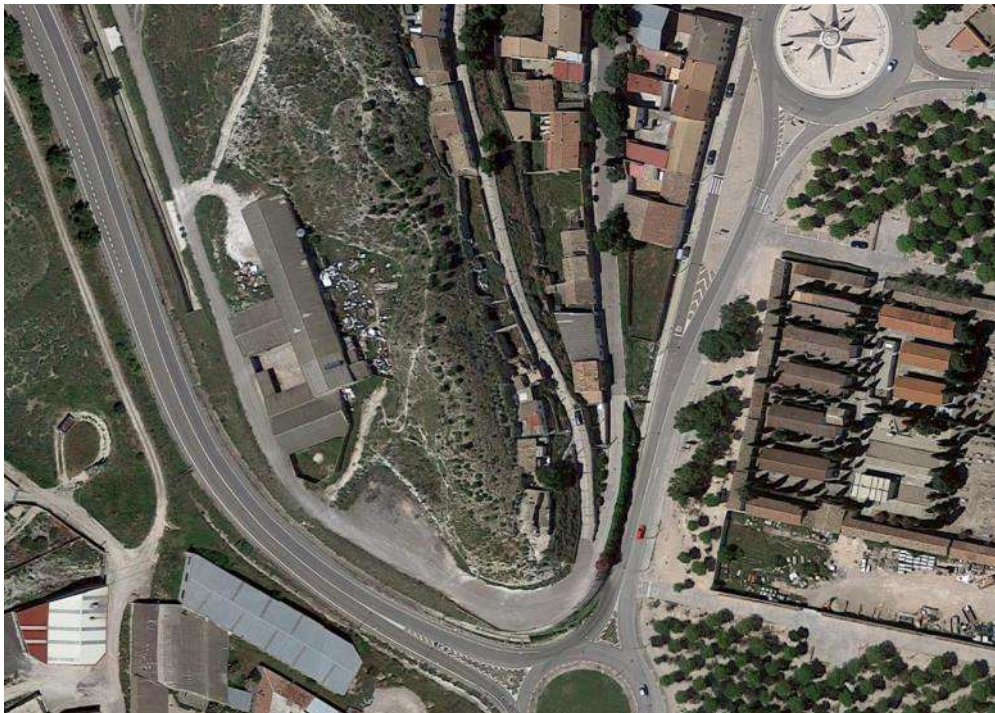
41°51'41.3"N 0°47'36.2"W

Datos catastrales: Polígono: - Parcela: - Referencia:3276101XM8337N0001DG

Tipo de propiedad: Particular, de la familia Colón

Observaciones: Actualmente se puede observar parte de la cantera, aunque con las obras que se realizaron para construir la rotonda de acceso a Zuera ya no se puede observar en su totalidad.

Ortofoto:



Fotografias:



CANTERA 5

Nombre: Fábrica de Yesos "Colorao"

Localización: Junto a la carretera N-303a, antes de entrar a Zuera.

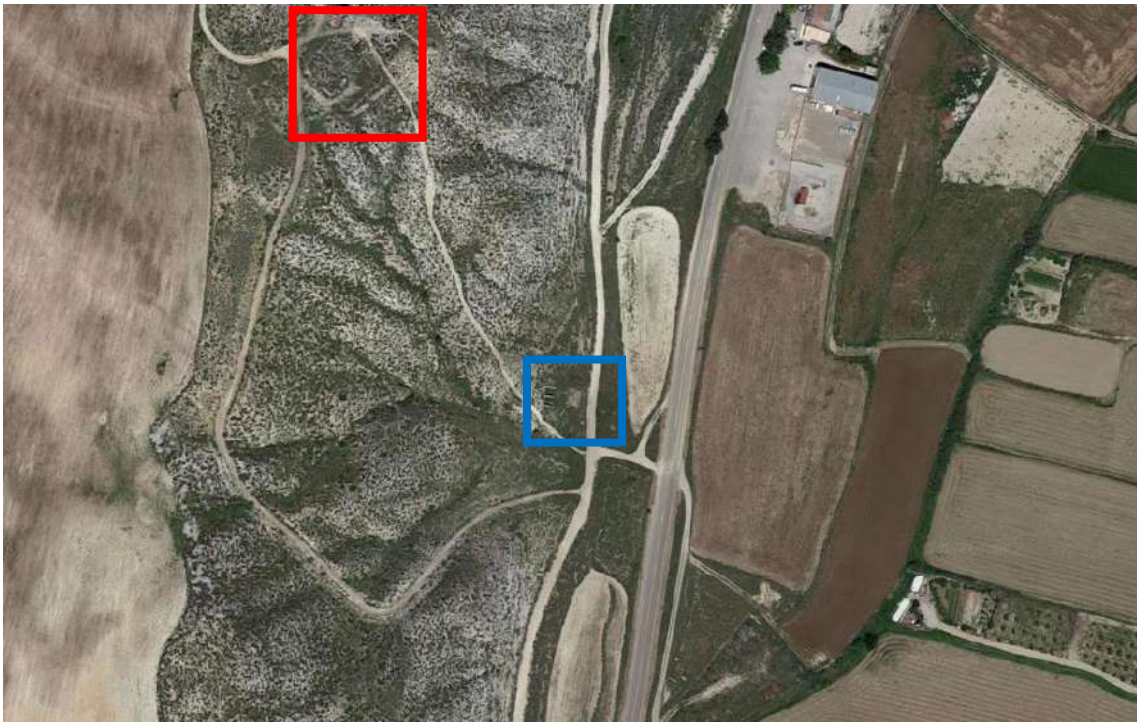
41°51'22.1"N 0°47'48.8"W

Datos catastrales: Polígono: 39 Parcela: 6 Referencia: 50304A039000060000LZ

Tipo de propiedad: Particular

Observaciones: Todo el proceso se realizaba de forma escalonada, desde la extracción del yeso hasta su distribución en sacos. La cantera estaba en la zona superior de la colina y las piedras obtenidas se bajaban con carretos, por un camino todavía existente, hasta el nivel en el que se ubicaban los hornos.

Ortofoto:



DATOS GENERALES DE CALCINACIÓN

Localización: Varias

Observaciones: Como se ha mencionado anteriormente, en Zuera había varias canteras por lo que cada una tenía unos hornos cerca para cocer el yeso que se extraía. Además, como gran parte del suelo es yesífero, los agricultores también tenían hornos. Esto se debía a que constantemente encontraban en sus terrenos piedras de yeso, por lo que las apartaban y acumulaban hasta tener suficientes para hacer una hornada. Dichos hornos eran pequeños, tradicionales de tipo B y posteriormente lo vendían. De este modo, ganaban un dinero extra.

Ortofoto:



HORNO 1

Localización: Cerca del Arco de la Mora, al norte de Zuera

41°52'39.5"N 0°47'14.0"W

Tipo de horno: Industrial, de varias bocas

Adosados, 3 hornos

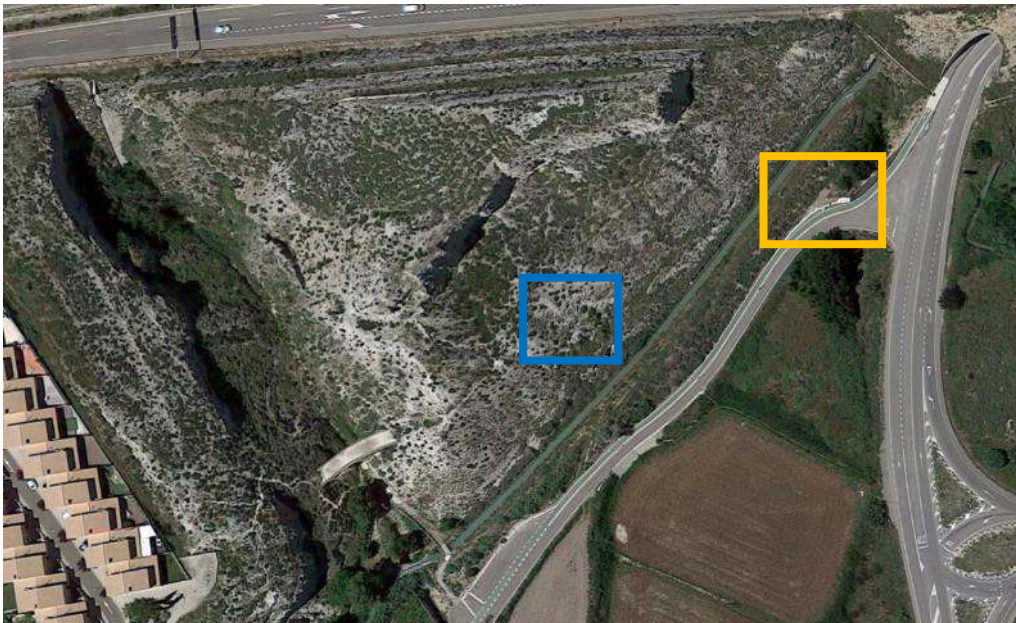
Contra el terreno

Forma cúbica, de 3 o 4 m de lado, ancho y alto

Estado: Regular, abandonados

Observaciones: -

Ortofoto:



Fotografias:



HORNO 2

Localización: En la calle Val de la Horca, dentro de Zuera.

41°51'45.1"N 0°47'39.2"W

Tipo de horno: Tradicional. Tipo B

Aislado

Contra el terreno, semienterrado

Planta rectangular (2m de ancho y 2,5m de profundidad y una altura aproximada de 2m)

Estado: Regular, abandonados

Observaciones: -

Ortofoto:



Fotografías:



HORNO 3

Localización: Junto a la carretera N-303a, antes de entrar a Zuera.

41°51'16.3"N 0°47'45.0"W

Tipo de horno: Tradicional, pero de mayor tamaño. Tipo C

En grupo, hornos dobles

Contra el terreno, semienterrados.

Planta rectangular (5m de ancho y 6m de profundidad, con paredes de 0,5 m de espesor y una altura aproximada de 3m)

Estado: Regular, abandonados

Observaciones: se colocaban en el horno cuyas paredes son de piedras de yeso mezcladas con otras de la zona. Una vez cocido el yeso, se movía a una máquina trituradora situada a unos 5 metros de los hornos, en el punto central de éstos, conformando otro desnivel en la ladera. Una vez triturado en este escalón, se guarda en sacos y se pasan a camiones ubicados en el camino.

Ortofoto:



Fotografias:



DATOS GENERALES DE MOLIENDA Y CRIBADO

Localización: Junto a la carretera N-303a, antes de entrar a Zuera, en un nivel inferior al horno.

41°51'16.3"N 0°47'45.0"W

Tipo: Mecánico, mediante máquinas

Estado: Destruído y abandonado

Observaciones: -

Fotografías:



DATOS GENERALES DE TRANSPORTE

Tipo: Camiones

Distribución: Local

Observaciones: En el caso de la explotación “Jaraba”, se conserva el muelle de carga dónde se cargaban los sacos de yeso en los camiones para posteriormente distribuirlos y venderlos.

Fotografías:



FUENTES:

Conversación con Pepe de Buen Mustienes y José Calvo Prisco.

ANEXO VI.
TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS:
DIFUSIÓN A TRAVÉS DE CHARLAS,
PONENCIAS, CURSOS, JORNADAS Y
TALLERES

Listado de las diferentes charlas, ponencias, cursos, jornadas y talleres dedicados al ámbito universitario, profesional y social, entre las que se ha contado con la presencia de más de 500 oyentes y personas.¹

- Contribución oral “Le Patrimoine, enjeux et opportunités pour le développement durable” en el *3^{ème} Forum International des Médinas*, organizado por Commune de Tanger y Réseau Méditerranéen des Médinas, 24-26 de abril de 2014.
- Ponencia “La cal en construcciones históricas árabes. Características del tapial con cal. Procedimientos de restauración/conservación” en el curso *La cal en las construcciones históricas. 3^a edición*, organizado por el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Fundación CICOP (ICON-FCICOP) en colaboración con la Universidad de Granada, 10-11 de diciembre de 2014.
- Ponencia en la jornada *Bioconstrucción - Construcción con tierra*, organizada por el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza, 25 de noviembre de 2014.
- Seminario de docencia teórico-práctica “La Tierra como material de construcción sostenible” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, febrero de 2015.
- Ponencia en el curso *Construyendo hoy con la tierra, jornadas teórico-prácticas*, organizado por el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Fundación CICOP (ICON-FCICOP) en colaboración con la Universidad de Granada y la Asociación Nacional de Patrimonio, 25-27 de febrero de 2015 y 4-6 de marzo de 2015.
- Conferencia “La Tierra como material de construcción en el Patrimonio Arquitectónico y en las construcciones de nueva planta” en la sede de la Demarcación de Zaragoza del Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, 12 de marzo de 2015.
- Charla “Introducción a la Bioconstrucción” en el Grado de Arquitectura Técnica de la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina (Zaragoza), 13 de marzo de 2015.
- Ponencia “Construcción contemporánea con tierra. Tecnología y arquitectura neovernacular” en el curso *In Extremis [III]. Arquitectura y urbanismo desértico*, organizado por Centro Mediterráneo de la Universidad de Granada celebrado en Guadix, 26 de septiembre de 2015.
- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en

- Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 21 de octubre de 2015 y 23 de diciembre de 2015.
- Ponencia “Bioconstrucción” en el ciclo formativo de grado superior Proyectos de Edificación del Centro Público Integrado de Formación Profesional Pirámide de Huesca, 21 de abril de 2016.
 - Clase práctica “Análisis previos y clasificación de tierras según aptitudes. Realización de muestras de adobe, COB y tapia” en el curso *Construyendo hoy con la tierra. Jornadas teórico-prácticas 2ª Edición*, organizado por el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Fundación CICOP (ICON-FCICOP) en colaboración con el Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada y la Asociación Nacional de Patrimonio, 11-13 de mayo de 2016.
 - Comunicación oral “Estudios previos sobre la utilización del yeso de elaboración tradicional, en elementos de carácter estructural” en las *I Jornadas de Investigadores en Formación de la Escuela Internacional de Posgrado de la Universidad de Granada*, 18-20 de mayo de 2016.
 - Asistencia en el *Taller de trabajo: CONSTRUYENDO EN EL HUERTO*, celebrado en Huertos de Ocio ‘Llano de Oliveros’, Campanillas (Málaga), 20-21 de mayo de 2016.
 - Ponencia “Bioarquitectura: tradición y modernidad. ¿Por qué es necesario un cambio de paradigma en la arquitectura?” en el Curso de Verano *Arquitectura sana vs edificio enfermo. Bioarquitectura, salud y bioelectromagnetismo*, organizado por la Universidad de Alcalá de Henares, 23-25 de junio de 2016.
 - Comunicación oral “Nuevo paradigma en la arquitectura ecológica” en las Jornadas *Arquitectura sana vs edificio enfermo*, organizadas por la Universidad de Alcalá de Henares, 23-25 de junio de 2016.
 - Contribución oral “Monitoring the traditional gypsum calcination process” en el *5th INTERNATIONAL CONFERENCE Youth in Conservation of Cultural Heritage YOCOCU 2016*, organizado por el Instituto de GEociencias IGEO, YOCOCU España y Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 21-23 de septiembre de 2016.
 - Comunicación oral “Aprendiendo de los usos locales: utilización de fibras naturales en adobe” en el *XIII Congreso Internacional de Arquitectura en Tierra, XIII CIATTI 2016*, organizado por el Grupo TIERRA de la Universidad de Valladolid, 2 de octubre de 2016.
 - Organización y coordinación de las *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turoloense* del Centro de Estudios del Jiloca en colaboración con el Ayuntamiento de Calamocha, la Asociación Nacional de Patrimonio, el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes culturales de la fundación CICOP y el

Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada. Jornada práctica: “Montaje y cocción de un horno de yeso tradicional”, 13-16 de octubre de 2016 (Figura-Material Complementario 1a).

- Ponencia “Las posibilidades del yeso como material estructural” en las *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense*, 13-16 de octubre de 2016.
- Colaboración como experto invitado en el videochat para el *Módulo 20. Fisiología y seguridad en la vivienda* para el Máster en Bioconstrucción IBN (Institut für Baubiologie & Oekologie Neubeuern) – IEB (Instituto Español de Baubiologie) – UdL (Universitat de Lleida), 21 de diciembre de 2016.
- Artículo “Jugando con la arquitectura decrecentista” junto con Ignacio Abad Cayuela, en la revista *Zabaglia* nº 12 (2017). Huesca: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Huesca, 15-21.
- Capítulo “A home with roots. Construction process of an adobe contemporanean house”, en el libro *Vernacular and Earthen Architecture. Conservation and Sustainability* editado por C. Mileto, F. Vegas López-Manzanares, L. García-Soriano y V. Cristini (2017). Londres: Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-138-03546-1.
- Presentación oral “A home with roots. Construction process of an adobe contemporanean house” en la *Conferencia Internacional SOSierra 2017* en Valencia, 14-16 de septiembre de 2017.
- Participación en el curso *La intervención sobre el Patrimonio histórico. Tercer curso* celebrado en Zaragoza por la Institución Fernando el Católico, 17-19 de octubre de 2017.
- Comunicación oral “Construction with earth: vegetal fibers and manure” en el *V Congreso Internacional sobre documentación, conservación y reutilización del Patrimonio Arquitectónico y Paisajístico ReUSO 2017*, organizado por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada, 18-21 de octubre de 2017.
- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 6 de noviembre de 2017 y 12 de enero de 2018.
- Profesor invitado en el *Taller de Construcción en tierra* vinculado con las materias de Proyectos I y Proyectos III del Grado en Arquitectura de la Universidad San Jorge, 15 de noviembre de 2017.

- Participación en el *Tercer curso La intervención sobre el Patrimonio histórico* celebrado en Zaragoza, 17 de octubre-19 de diciembre de 2017.
- Miembro de Jurado para la resolución del Concurso de Diseño Arquitectónico para la recepción y punto de información de las Canteras de Navarrete (Teruel), 26 de marzo de 2018.
- Organización y coordinación de las *II Jornadas del yeso tradicional* del Centro de Estudios del Jiloca en colaboración con el ayuntamiento de Calamocha, la Asociación Nacional de Patrimonio y el IEB (Instituto Español de Baubiologie), 19-22 de abril de 2018 (Figura-Material Complementario 1b).

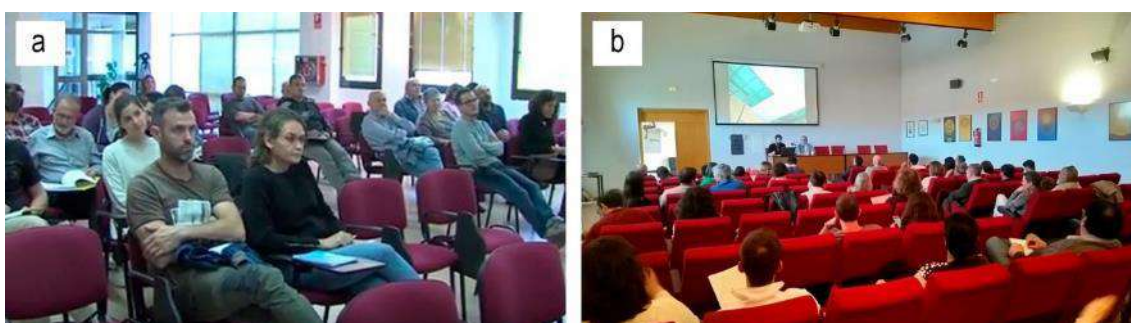


Figura-Material Complementario 1. a) *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense*, celebradas del 13-16 de octubre de 2016 en Calamocha. b) *II Jornadas del yeso tradicional*, celebradas del 19-22 de abril de 2018 en Calamocha.

- Ponencia “La tierra en la tapia de yeso. Granulometría de los áridos” en las *II Jornadas del yeso tradicional*, 19-22 de abril de 2018.
- Ponencia “El yeso en el sXX: evolución de la tecnología, empeoramiento de la calidad” en las *II Jornadas del yeso tradicional*, 19-22 de abril de 2018.
- Ponencia “Investigación en el uso de aditivos naturales en estructuras de “tierra” y Formación Alhambra” en el Seminario *Ciencia y tecnología en la restauración de la materialidad. El caso de la Alhambra*, organizado por la Sede Antonio Machado de Baeza de la Universidad Internacional de Andalucía, 8-10 de mayo de 2018.
- Participación “Fabricación de los yesos tradicionales (multifase)” en el taller práctico *Ejecución y restauración de estucos de yeso* del Máster Oficial en Conservación del Patrimonio Arquitectónico de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universitat Politècnica de València, 7-8 y 29 de junio de 2018.
- Asistencia al Encuentro *La Transformación y adaptación de núcleos y construcciones tradicionales del Pirineo a las exigencias actuales*, organizado por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP), 27-28 de septiembre de 2018.

- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 25 de octubre de 2018 y 18 de diciembre de 2018.
- Conferencia “Ecología y bioconstrucción: bases para la definición de un proyecto responsable” para el Máster Oficial en Proyectos Arquitectónicos: Diseño Ambiental y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Málaga, 22 de noviembre de 2018.
- Jornada “Construcción tradicional y bioconstrucción. Proyectos contemporáneos de arquitectura tradicional” en el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza, 18 de febrero de 2019.
- Ponencia “La evolución en el sistema de producción y sus propiedades” en el curso *El yeso tradicional. Gran protagonista y desconocido de la arquitectura aragonesa* de la Institución Fernando el Católico, 19 de septiembre de 2019.
- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 24 de octubre de 2019 y 19 de diciembre de 2019.
- Colaboración en el *Programa Expertia* en el curso 2019/2020 en la modalidad Expertia Docente, en la asignatura Arquitectura y Sostenibilidad del Grado en Estudios en Arquitectura de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, 12 de noviembre de 2020.
- Participación en el proyecto “Estancias 2019. El yeso mudéjar, su uso actual: búsqueda en la memoria de los artesanos de las claves de la fabricación tradicional”, y “Estancias 2019. El yeso mudéjar, su uso actual: resultados” de Territorio Mudéjar.

Se puede consultar en:

Territorio Mudéjar (2020) *Estancias 2019. El yeso mudéjar, su uso actual: proyecto* [vídeo en línea]. Disponible en:

<<https://www.youtube.com/watch?v=Ep4ThwIVPg4&t=10s>> [Consultado 30-03-2023].

Territorio Mudéjar (2020) *Estancias 2019. El yeso mudéjar, su uso actual: resultados* [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=1mdU7NdwCEU>> [Consultado 30-03-2023].

- Coordinación del proyecto “Estancias 2020: Yeso mudéjar, elemento de identidad, conocimiento y oportunidades de futuro” de Territorio Mudéjar. Se puede consultar en:

Territorio Mudéjar (2021) *Estancias 2020: Yeso mudéjar, elemento de identidad, conocimiento y oportunidades de futuro* [en línea]. Disponible en: <https://www.territoriomudejar.es/estancias-2020-yeso-mudejar-elemento-de-identidad-conocimiento-y-oportunidades-de-futuro/?fbclid=IwAR0dQQFlmFMBDmyNimD2oQt37_y8zvtR1IDT-1Iz72kXSkmLDjAPRINfy> [Consultado 29-03-2023].

Territorio Mudéjar (2020) *Estancias 2020: Yeso mudéjar. Pedro bel* [Facebook]. Disponible en: <<https://www.facebook.com/watch/?ref=saved&v=335594180832023>> [Consultado 30-03-2023].

- Participación en charla transmitida en directo para las “Estancias de Investigación de Territorio Mudéjar”, el 19 de junio de 2020. Se puede consultar en:

Territorio Mudéjar (2020) *Territorio Mudéjar en directo: Estancias de Investigación 2020* [Facebook]. Disponible en:

<<https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid0jFahyePz82V3DcmebYKC1Sr5Qve1go3Hdt26mQyz6gY2mZZ4HY68SZGQBM296FEDI>> [Consultado 30-03-2023].

Territorio Mudéjar (2020) *Territorio Mudéjar en directo: Estancias de Investigación 2020* [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=IN3NI2NUw0U>> [Consultado 30-03-2023].

- Reportaje para el programa Unidad Móvil (Aragón TV) en el episodio “Mudéjar Aragonés” del 26 de junio de 2020, donde se da una primera aproximación a todo el mundo que rodea al yeso tradicional en Zuera (Zaragoza) (Figura-Material Complementario 2a), y se enseña la construcción de una escalera realizada con bóveda tabicada en una obra de reforma de vivienda en San Mateo de Gállego (Zaragoza) (Figura-Material Complementario 2b). Se puede consultar en:

Aragón TV a la carta (2020) *Mudéjar Aragonés – 26/06/2020 21:42* [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3nweVqd>> [Consultado 30-03-2023].



Figura-Material Complementario 2. Reportaje para el programa Unidad Móvil de Aragón TV: a) aproximación al yeso tradicional en Zuera; b) escalera tabicada en la reforma de una vivienda en San Mateo de Gállego (Zaragoza). Aragón TV a la carta (2020) Mudéjar Aragonés – 26/06/2020 21:42 [vídeo en línea]. Disponible en: <<https://bit.ly/3nweVqd>> [Consultado 30-03-2023].

- Coordinación y participación en los “Itinerarios Territorio mudéjar: pueblos de yeso. Zuera, los orígenes del mudéjar”, en el municipio de Zuera (Zaragoza) el 7 de noviembre de 2020, con un total de tres sesiones (Figura-Material Complementario 3). Se hizo un paseo urbano localizando detalles en calles y casas, hablando de la importancia del yeso de tradición islámica en la construcción y visualidad urbana de los pueblos de los valles mudéjares. Se puede consultar en:

Territorio Mudéjar (2020) *Itinerarios Territorio mudéjar: pueblos de yeso. Zuera, los orígenes del mudéjar* [Facebook]. Disponible en:

<<https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid0FDmgAXf7V2Rgo2PvKUqcPfhfFdLWRhfWMwRKurckm1n4gY1yE5HNpLr675DFWwHsl>> [Consultado 30-03-2023].

Territorio Mudéjar (2020) *Itinerarios Territorio mudéjar: pueblos de yeso: Zuera* [Facebook]. Disponible en:

<<https://www.facebook.com/watch/?ref=saved&v=1358051964538632>> [Consultado 30-03-2023].

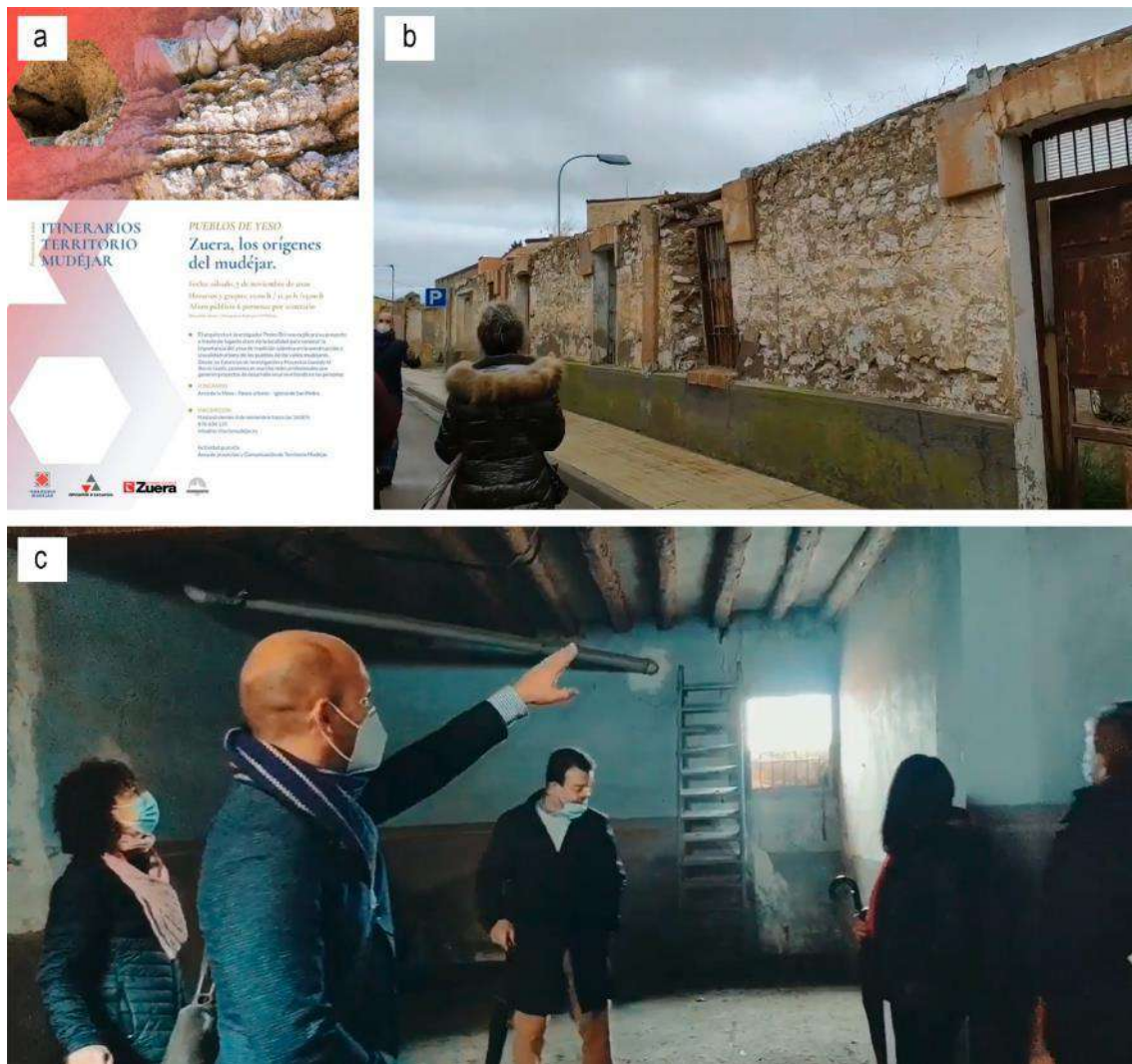


Figura-Material Complementario 3. Itinerarios Territorio mudéjar: pueblos de yeso. Zuera, los orígenes del mudéjar: a) cartel de presentación del itinerario. Territorio Mudéjar (2020) *Itinerarios Territorio mudéjar: pueblos de yeso. Zuera, los orígenes del mudéjar* [imagen en línea]. Disponible en: https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid0FDmgAXf7V2Rgo2PvKUgcPfhFdlWRhfWMwRKu_rckm1n4qY1yE5HNpLr675DFWwHsl> [Consultado 30-03-2023]; b) c) imágenes durante la visita a antiguas viviendas del municipio. Territorio Mudéjar (2020) *Itinerarios Territorio mudéjar: pueblos de yeso: Zuera* [vídeo en línea]. Disponible en: <https://www.facebook.com/watch/?ref=saved&v=1358051964538632>> [Consultado 30-03-2023].

- Participación en charla transmitida en directo para el “XIX Aniversario Mudéjar Patrimonio Mundial” de Territorio Mudéjar, desde la iglesia de Santa María del municipio de Tobed (Zaragoza), 14 de diciembre de 2020. Se puede consultar en: Territorio Mudéjar (2020) *XIX Aniversario Mudéjar Patrimonio Mundial* [vídeo en línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=6WA4iqYqTrs>> [Consultado 29-03-2023].
- Capítulo “El yeso en San Esteban” junto con Kerstin Elert y Edurado Sebastián Pardo, en el libro *San Esteban de Litera. Historia viva de la villa y sus gentes* coordinado por V.

Bayona, S. Monzón y J. Rovira (2021). San Esteban de Litera: Ayuntamiento de San Esteban de Litera, 33-37. ISBN 978-84-09-32114-8.

- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 21 de enero de 2021 y 22 de enero de 2021.
- Participación en el curso *Por el Patrimonio de la Arquitectura Tradicional Rural Aragonesa. Situación actual, técnicas y criterios de intervención* del Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, 10-11 de febrero de 2021.
- Comunicación oral “Propuesta de innovación aplicada en técnicas de investigación. Experiencia de formación multidisciplinar” en el *V Congreso Internacional de innovación educativa en edificación CINIE 2021*, organizado por el Departamento de Tecnología de la Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación (Universidad Politécnica de Madrid), 24-31 de marzo de 2021.
- Ponencia “Consumo mínimo y arquitectura circular” en las *I Jornadas de Arquitectura Circular* dentro del proyecto *SArch PROTOTIPE STUDIO-UMA* de la Universidad de Málaga, 14-15 de mayo de 2021.
- Participación en el Proyecto de Innovación Docente titulado *Difracción de Rayos X (DRX). Análisis cualitativo y cuantitativo aplicados a los materiales del patrimonio histórico*, coordinado por Kerstin Elert, 20 de septiembre de 2020 a 30 de mayo de 2021.
- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 15 de diciembre de 2021 y 16 de diciembre de 2021.
- Coordinación y participación en los “Itinerarios Territorio mudéjar. Proyectos en ruta. Estancias de investigación y proyectos “Gonzalo M. Borrás Gualis” de Territorio Mudéjar. Se realizó una visita al municipio de Maluenda (Zaragoza) el 4 de julio de 2021 (Figura-Material Complementario 4), con el objetivo de divulgar el verdadero papel del yeso en la arquitectura tradicional aragonesa, a través de un estudio y cuantificación de los sistemas y las técnicas constructivas realizadas con yeso tradicional en los pueblos del territorio mudéjar, tanto en la arquitectura popular como en la arquitectura monumental. Estas visitas, cuya asistencia fue gratuita y abierta, ayudaron a acercar el

yeso como material de construcción y su puesta en valor a la población local. Se puede consultar en:

Territorio Mudéjar (2021) *Itinerarios Territorio Mudéjar. Proyectos en ruta* [Facebook].

Disponible en:

<<https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid0rTCdpeWACpQTLKsMATxX5ZMTUenLCKbmZHCgoZfp4JKXgc7T8A8W5SucqP68BhDBI>> [Consultado 30-03-2023].

Territorio Mudéjar (2021) *Estancias 2020: Yeso mudéjar, elemento de identidad, conocimiento y oportunidades de futuro* [Facebook]. Disponible en:

<<https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid09NM3qsafx7pLkK7aXRViitekiop8NYEoYrkdn6qft2HScUkJeqyubkEnTSrSAB9I>> [Consultado 30-03-2023].



Figura-Material Complementario 4. Imágenes del recorrido del Itinerario Territorio mudéjar. Proyectos en ruta. Estancias de investigación y proyectos “Gonzalo M. Borrás Gualis” en Maluenda (Zaragoza). Territorio Mudéjar (2021) *Estancias 2020: Yeso mudéjar, elemento de identidad, conocimiento y oportunidades de futuro* [imagen en línea]. Disponible en:

<<https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid09NM3qsafx7pLkK7aXRViitekiop8NYEoYrkdn6qft2HScUkJeqyubkEnTSrSAB9I>> [Consultado 30-03-2023].

- Ponencia “Restauración de la arquitectura tradicional, el caso de la tapia de La Cartuja de las Fuentes” en las *XVI Jornadas Técnicas ESCYRA*. 21-22 de octubre de 2021.
- Ponencia “Arquitectura, materia y textura; reforma de una vivienda ecológica en el entorno urbano” y participación en la mesa redonda “Vivienda y construcción contemporánea en tierra” del *V Encuentro/meeting Terra Ibérica 2022* del Colegio Oficial de Arquitectos de León, 21 de octubre de 2022.

- Ponencia “Restauración de la arquitectura tradicional de la tierra, el caso de la tapia de la Cartuja de las Fuentes” en las *XVI Jornadas Técnicas ESCYRA: Pintura mural en La Cartuja de las Fuentes*, organizadas por el C.P. Ana Abarca de Bolea de Huesca, 21-22 de octubre de 2021.
- Participación en la “Ruta clave de un estilo, orígenes: Zuera” de Territorio Mudéjar el 14 de noviembre de 2021 (Figura-Material Complementario 5). Se puede consultar en: Territorio Mudéjar (2021) *Ruta claves de un estilo, orígenes: Zuera* [Facebook]. Disponible en:
<<https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid0VCsgFk5GV5DV6rHgMXkUqWng45VjzWgiogNabng62pRmSPbuZ22Fq2RmnPz2z137l>> [Consultado 30-03-2023].



Figura-Material Complementario 5. Ruta clave de un estilo por Zuera: a) b) visita a la Iglesia de San Pedro Apóstol; c) visita a un antiguo horno de yeso a las afueras del municipio. Territorio Mudéjar (2021) *Ruta claves de un estilo, orígenes: Zuera* [imagen en línea]. Disponible en:
<<https://www.facebook.com/proyectoterritoriomudejar/posts/pfbid0VCsgFk5GV5DV6rHgMXkUqWng45VjzWgiogNabng62pRmSPbuZ22Fq2RmnPz2z137l>> [Consultado 30-03-2023].

- Capítulo “Procesos de fabricación tradicional” junto con Belén González, Kerstin Elert y Antonia Navarro, en el libro *El yeso en la arquitectura histórica* editado por D. Sanz Arauz y A. Sepulcre Aguilar (2022). Madrid: UPM-Press, 41-52.
- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 1 de diciembre de 2022 y 2 de diciembre de 2022.
- Colaboración científica con el equipo investigador del proyecto de investigación: *Sustainable reuse of earthen architecture and its lessons for contemporary architecture (EARTH 4 FUTURE)*, cuyos investigadores principales son la doctora Camilla Mileto y el

doctor Fernando Vegas López-Manzanares, Convocatoria 2022, Proyectos de Generación de Conocimiento en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023.

- Seminario de docencia teórico-práctica “Caracterización, análisis y sistemas de aplicación de la tierra como material de construcción para obra nueva y rehabilitación” y “Aplicación de técnicas de análisis al Patrimonio Arquitectónico” en el Máster Oficial en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico (CiTPA) de la Universidad de Granada, 23 de octubre de 2023 y 24 de octubre de 2023.

**ANEXO VII.
TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS:
DIFUSIÓN A TRAVÉS DE LOS MEDIOS DE
COMUNICACIÓN**

- *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense* del Centro de Estudios del Jiloca, difundidas por Aragón TV en los informativos:



INFORMATIVOS PROGRAMAS LO + VISTO POR FECHA

Portada | Informativos | **Aragón Noticias 2 - 15/10/2016 20:30**

ARAGÓN NOTICIAS 2 - 15/10/2016 20:30



Figura-Material Complementario 6. *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense* en los informativos de Aragón TV (Aragón TV, 2016).

- *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense* del Centro de Estudios del Jiloca, difundidas por Calamocha TV en una entrevista en plató, y dos visitas a las Jornadas con retransmisión:

CalamochaTV (2016) *El yeso de Navarrete un material con futuro* [vídeo en línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=-BWI2YDuvIA> [Consultado 13-11-2016].

CalamochaTV (2016) *Encuesta: ¿crees que el Yeso de la zona puede tener un futuro rentable?* [vídeo en línea]. Disponible en:

<<https://www.youtube.com/watch?v=mGsKUK6ad30>> [Consultado 13-11-2016].

CalamochaTV (2016) *Calamocha Noticias entrevista a Pedro Bel* [vídeo en línea].

Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=hoQQCIMYe2E>> [Consultado 13-11-2016].



Figura-Material Complementario 7. Entrevista concedida a Calamocha TV en los informativos (Calamocha TV, 2016).

- *I Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense* del Centro de Estudios del Jiloca, difundidas por Heraldo de Aragón:

Amatriáin, A. (2016) El misterio del 'súper yeso' de Teruel. Aragón es uno de los lugares con mayor Patrimonio Histórico construido en yeso. Pero nadie conoce la fórmula que antaño le dio tanta resistencia a ese material, *Heraldo de Aragón* [en línea], 28 septiembre 2016. Disponible en:

<<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/teruel/2016/09/28/varios-edificios-teruel-hechos-solo-yeso-encabezan-una-investigacion-cientifica-1078712-2261128.html>> [Consultado 11-05-2020].

HERALDO
Miércoles, 28 de septiembre de 2016, actualizado a las 13:55 horas

Premium Inicio Aragón Teruel provincia Teruel



ARQUITECTURA

El misterio del 'súper yeso' de Teruel

Aragón es uno de los lugares con mayor Patrimonio Histórico construido en yeso. Pero nadie conoce la fórmula que antaño le dio tanta resistencia a esta material.

A. Amatriáin, Zaragoza Actualizado 28/09/2016 a las 13:14

Etiquetas: A. Amatriáin Arquitectura Teruel

3 comentarios 



Dóculo en Subiaguas con pilares y revestimiento exterior de Yeso. Pedro Bel

Más información

- ▶ Transacastilla celebrará una jornada sobre el yeso rojo y la bioconstrucción
- ▶ Leclifeno recuperará tres antiguos hornos de yeso



El arquitecto zaragozano Pedro Bel, tras años de investigación, ha llegado a una conclusión. En Teruel existe una presencia atípica de edificios **construidos entre los siglos XII-XVIII con estructura sola de yeso**. Este hallazgo ha puesto de manifiesto la calidad de este material sostenible en todo el territorio aragonés, sobre todo en monumentos como las Torres Mudéjares, la iglesia de San Pedro y otras edificaciones.

El super yeso de Teruel



Con el Seguro de Salud de Caja Rural tendrás acceso a una sanidad de máxima calidad y ese trato personal que deseas.



CAJA RURAL DE TERUEL

TE RECOMENDAMOS



Ángel, sancionado con dos partidos



Las demandas de incapacidad judicial en Aragón aumentan más de un 40% en dos años

Figura-Material Complementario 8. Artículo publicado en el Heraldo (Amatriáin, 2016).

- *Las Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense* del Centro de Estudios del Jiloca, difundidas por Diario de Teruel:

Pérez, P. (2016a) "El yeso es un material que aporta a la salud, lo contrario que el cemento". Calamocha y Navarrete del Río acogen las jornadas sobre yeso tradicional para medir su dureza, *Diario de Teruel* [en línea]. Disponible en: <https://www.diariodeteruel.es/noticia/76083/las-jornadas-del-yeso-tradicional-seran-un-reconocimiento-al-de-teruel> [Consultado 13-11-2016].

Pérez, P. (2016b) El CEJ solicita que los hornos de yeso de Navarrete sean visitables. Se propone recuperar las zonas de yesos donde están las canteras y en las inmediaciones medio centenar de hornos, que están en su mayoría hundidos, *Diario de Teruel* [en línea]. Disponible en: <https://www.diariodeteruel.es/noticia/76390/el-cej-solicita-que-los-hornos-de-yeso-de-navarrete-sean-visitables> [Consultado 13-11-2016].

Pérez, P. (2016c) Las Jornadas sobre el yeso tradicional miden su dureza y recuperan un horno en Navarrete. Un trabajo de investigación quiere averiguar por qué era tan resistente que sustentaba edificios, *Diario de Teruel* [en línea]. Disponible en: <<https://www.diariodeteruel.es/noticia/76303/las-jornadas-sobre-el-yeso-tradicional-miden-su-dureza-y-recuperan-un-horno-en-navarrete>> [Consultado 13-11-2016].



Figura-Material Complementario 9. Publicaciones en diferentes publicaciones del Diario de Teruel (Pérez, 2016a; Pérez, 2016b; Pérez, 2016c).

- *Las Jornadas de yeso tradicional, origen y utilización en el patrimonio arquitectónico turolense* del Centro de Estudios del Jiloca, difundidas por OndaCero:

Figura-Material Complementario 10. Entrevistas concedidas a OndaCero.

- *Estancias 2019. El yeso mudéjar, su uso actual: búsqueda en la memoria de los artesanos de las claves de la fabricación tradicional* de Territorio Mudéjar, difundidas por Aragón TV en los informativos:

Territorio Mudéjar (2019) *Pedro Bel busca en la memoria de los artesanos cómo volver a antiguos materiales como el yeso tradicional para intervenir en patrimonio* [vídeo en línea]. Disponible en:

<<https://www.facebook.com/watch/?ref=saved&v=3451638461513760>> [Consultado 30-03-2023].

ANEXO VIII.
PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS

- Año 2017: selección finalista en el XXXVIII Premio de Arquitectura “Ricardo Magdalena” convocado por la Cátedra de Arquitectura de la Institución Fernando el Católico por el trabajo “Vivienda unifamiliar, sita Marte, 55 Zaragoza”.

- Año 2018: ganador del Premio en “Tipología residencial unifamiliar” de la VII Edición de los Premios de Construcción Sostenible 2017-2018 por el proyecto “Vivienda unifamiliar Marte 55 (Zaragoza)”.

- Año 2019: ganador del Premio en categoría “Vivienda” del I Premio de Arquitectura Terra Ibérica convocado por el Colegio Oficial de Arquitectos de León por el trabajo “Arquitectura, Materia y Textura, Reforma de Vivienda Ecológica en el Entorno Urbano”.

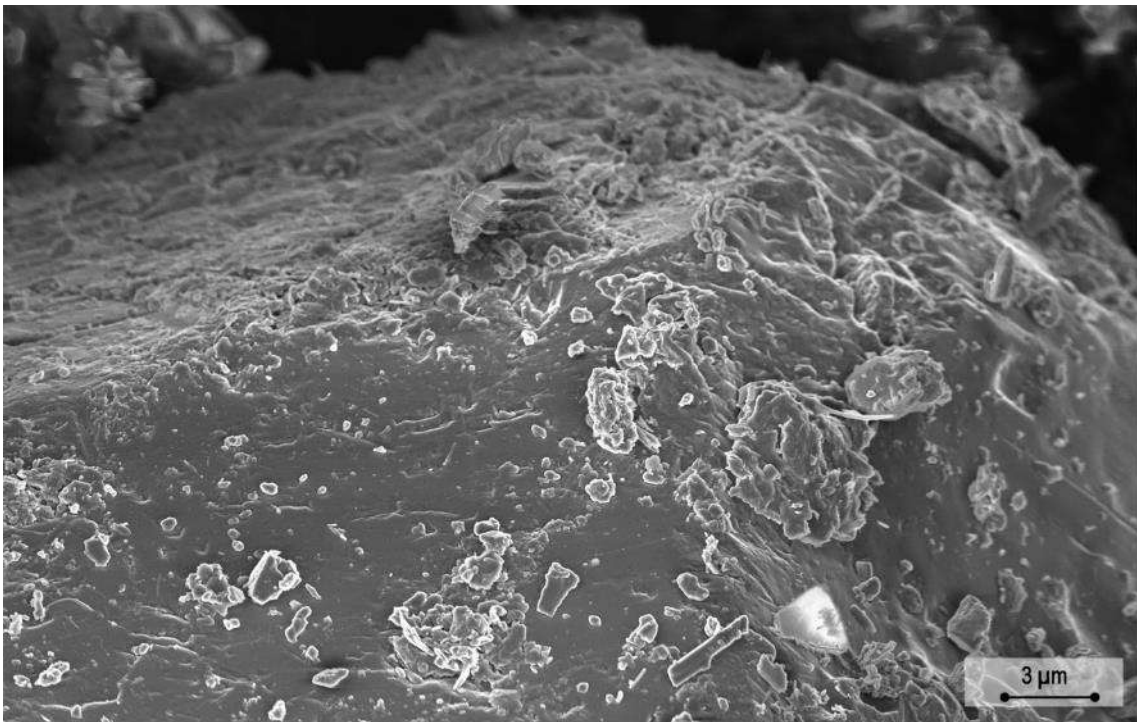
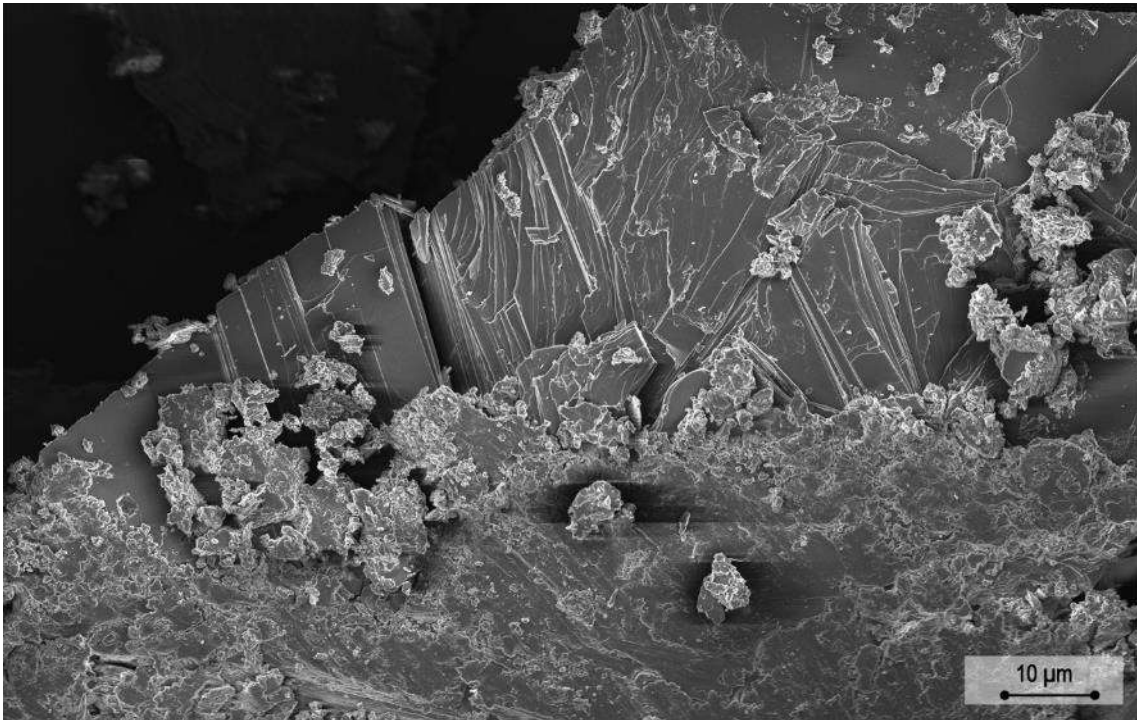
- Año 2021: selección finalista como una de las 40 mejores construcciones del mundo en categoría “vivienda unifamiliar” de los premios TERRAFIBRA Award por el proyecto “Casa Marte”, formando parte de la exposición itinerante TERRAFIBRA, además de formar parte en la exposición permanente del Pavillon de l’Arsenal de París, Francia.

- Año 2023: selección finalista en el Premio de Arquitectura “Ricardo Magdalena” convocado por la Cátedra de Arquitectura de la Institución Fernando el Católico por el trabajo “Acondicionamiento de recinto cultural: anfiteatro”.

**ANEXO IX.
IMÁGENES COMPLEMENTARIAS AL TRABAJO
EXTRAÍDAS DEL ANÁLISIS DE MICROSCOPIA
ELECTRÓNICA DE BARRIDO (FESEM)**

Muestras de yeso procedente de la cantera, previa a la cocción

1) CB:



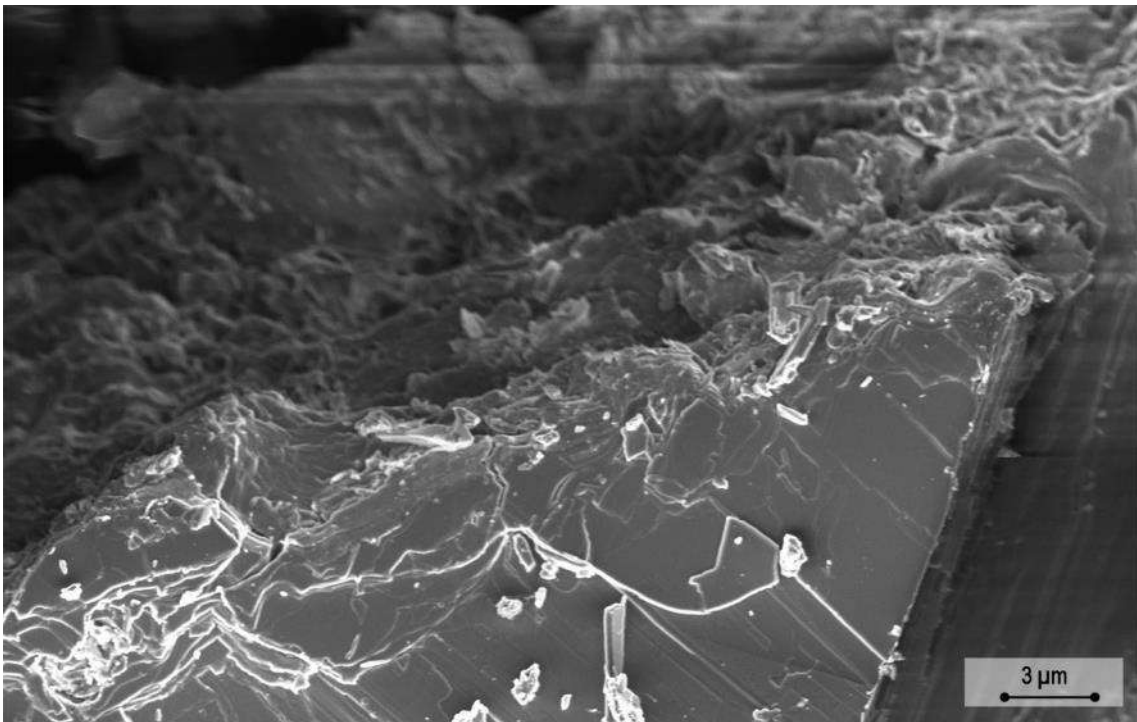
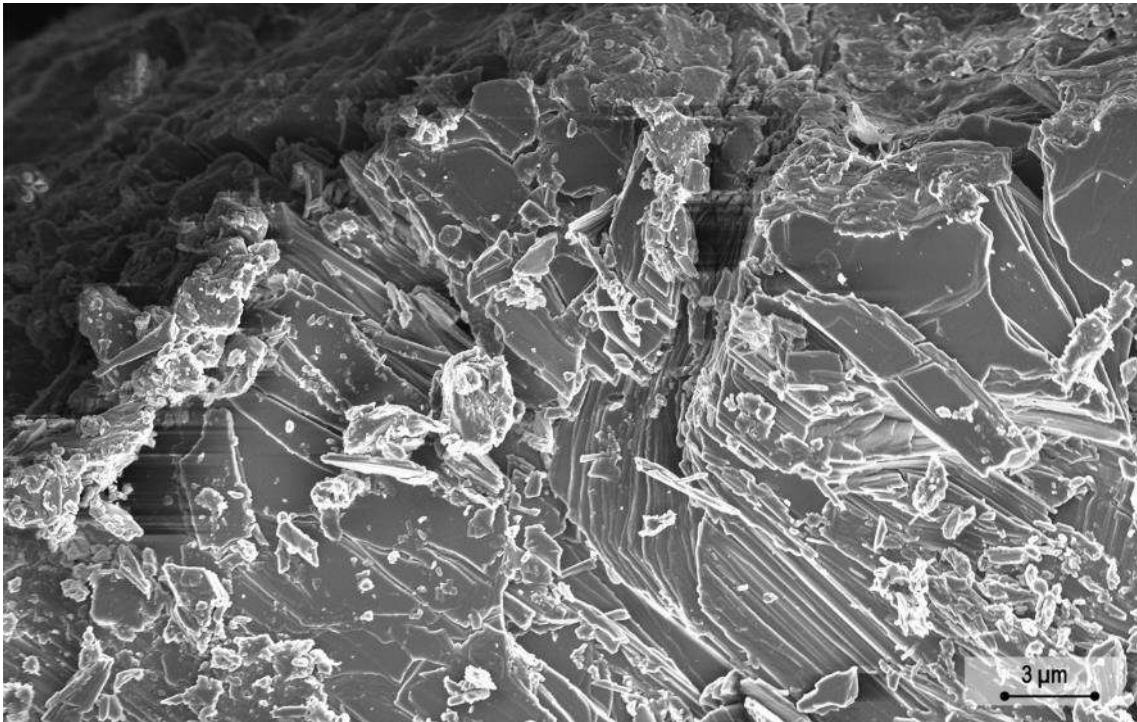
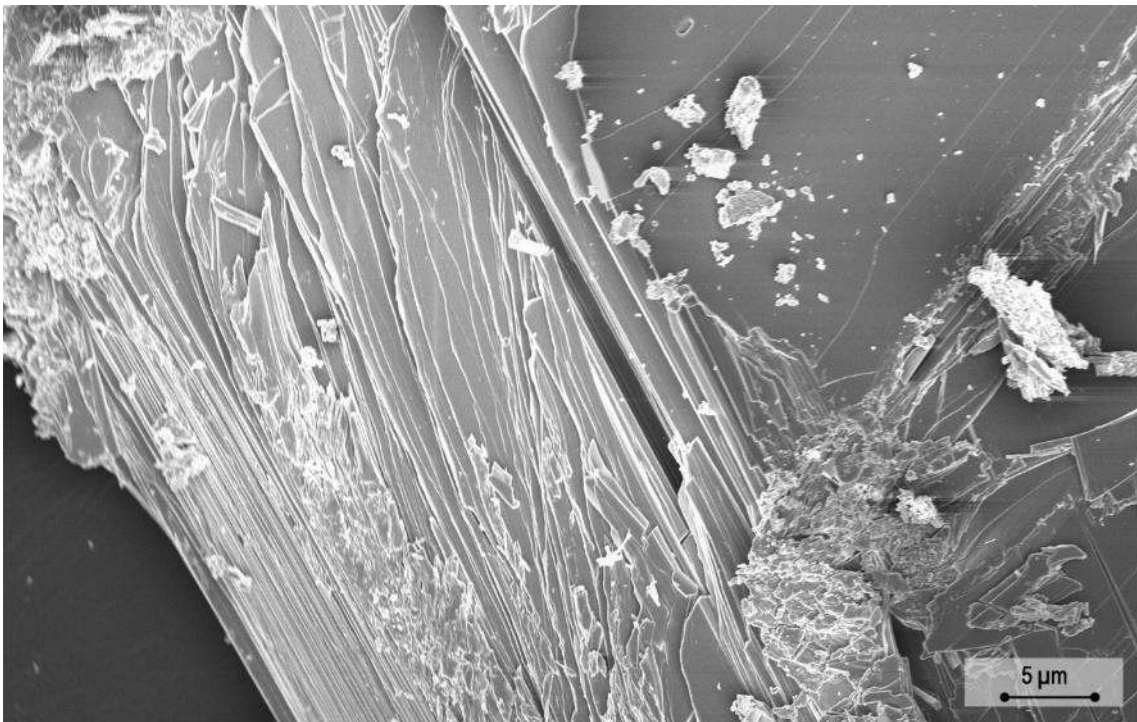
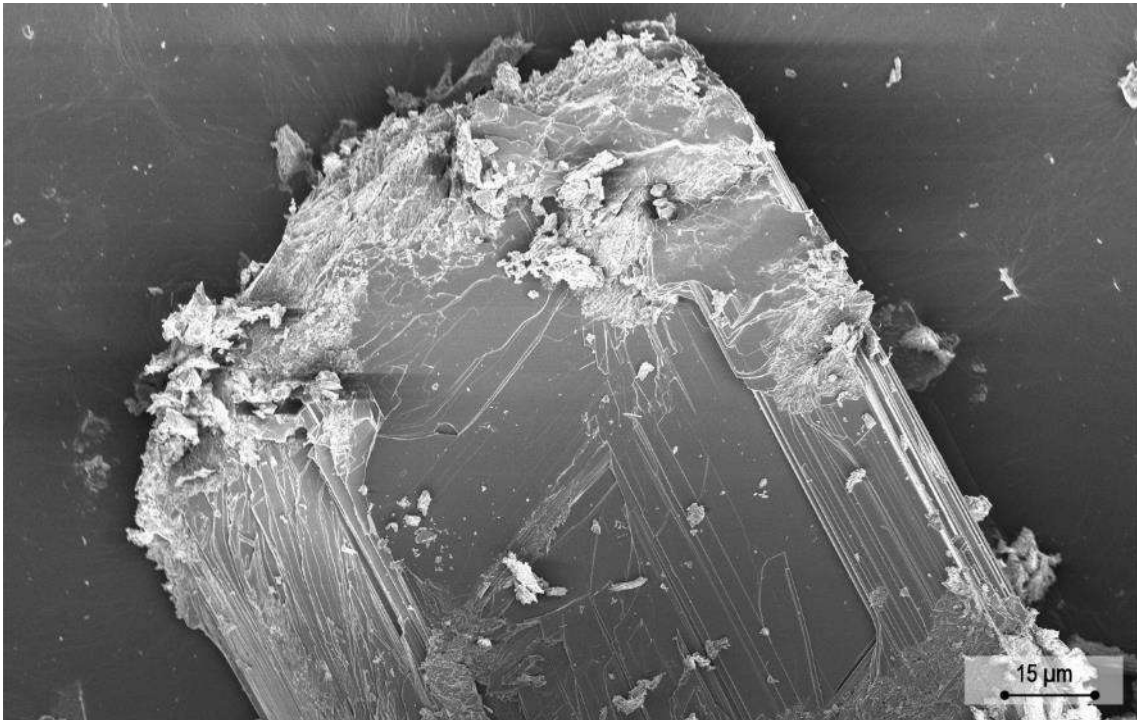


Figura-Material Complementario 11. Imágenes FESEM de la materia prima extraída de la cantera.

Se puede observar la morfología cristalina del yeso con sus característicos cristales con morfología acicular fácilmente reconocible, entrelazados con cristales más pequeños de la misma morfología formando una estructura entrelazada. También se aprecia la morfología típica de placa con caras $\{010\}$ sobredesarrolladas (Liu et al., 2021), teniendo la menor energía superficial y correspondiendo al plano de clivaje primario del yeso (Aquilano et al., 2016).

Muestras de yeso tras la cocción controlada en el horno de mufla

1) T100:



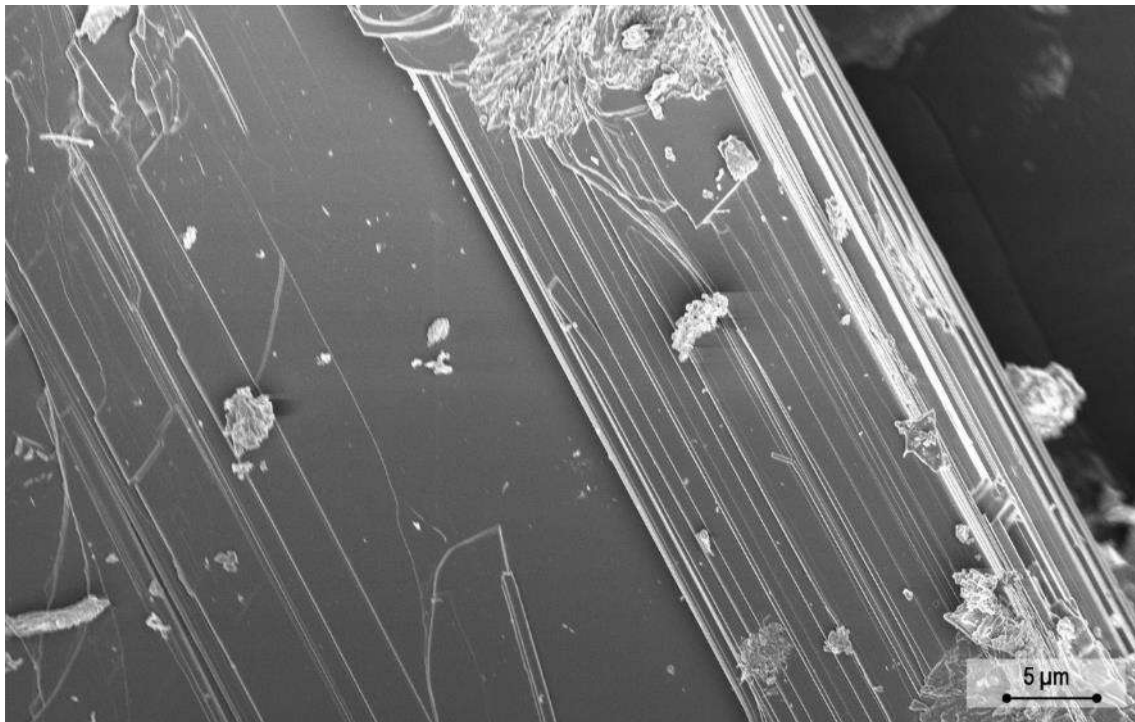
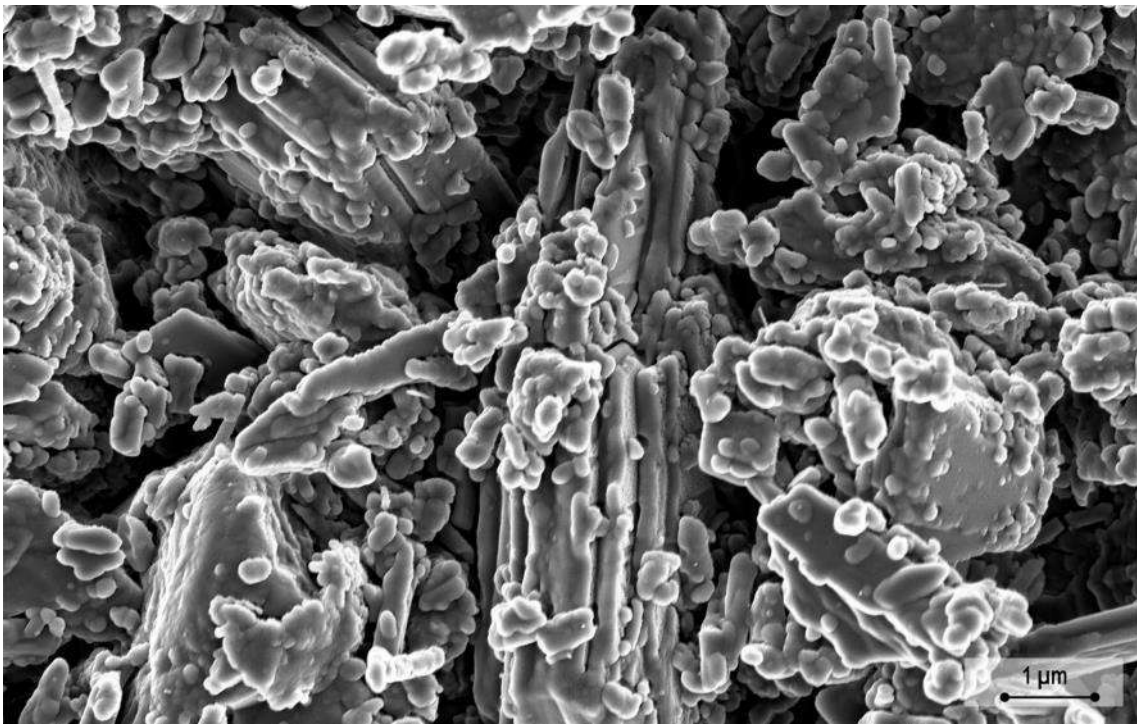
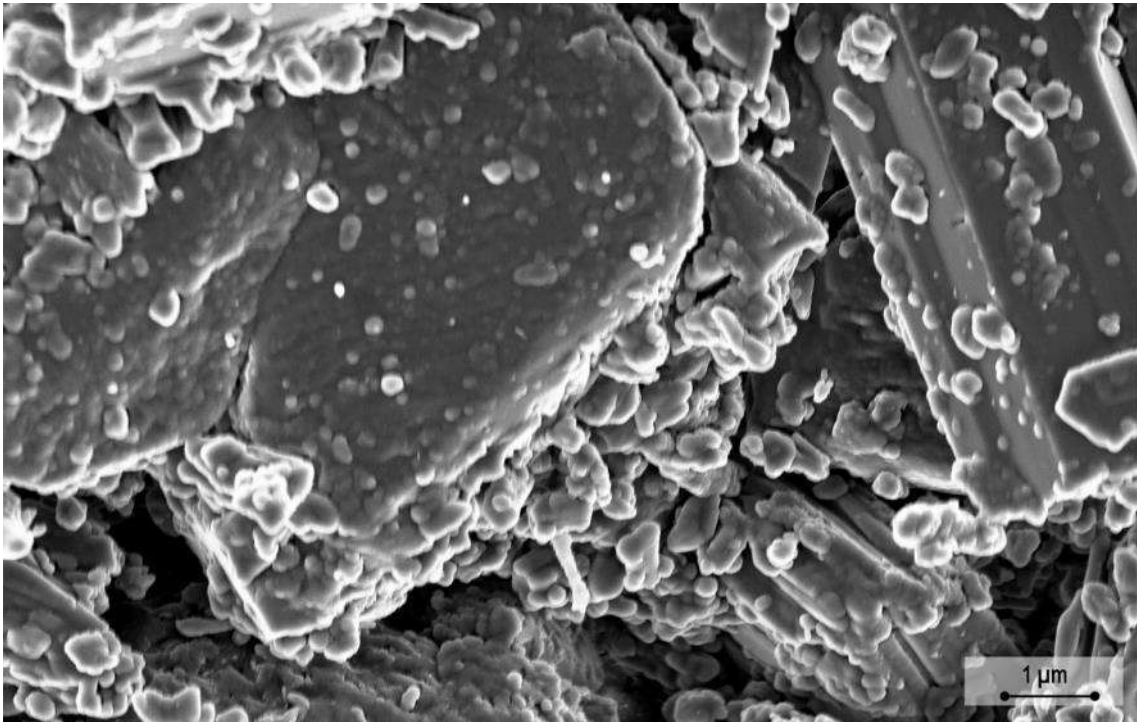


Figura-Material Complementario 12. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 100°C.

Se puede observar el hábito laminar similar al yeso sin cocer, con caras uniformes {010} sobredesarrolladas y claramente reconocibles.

2) T150:



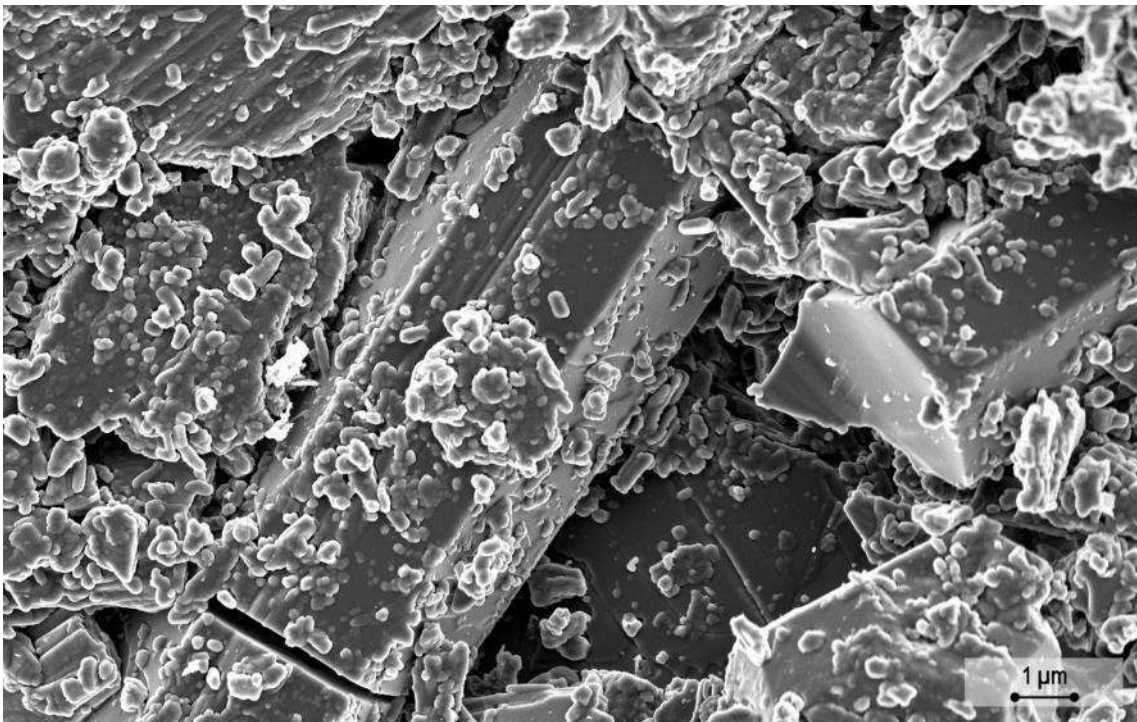
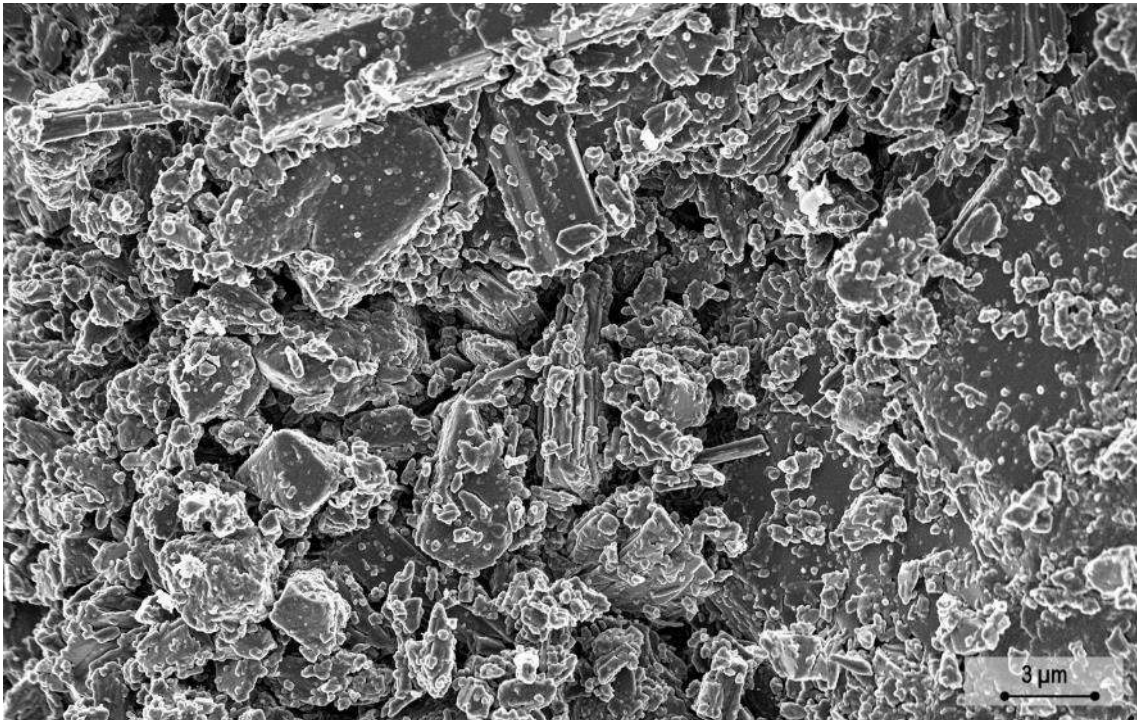
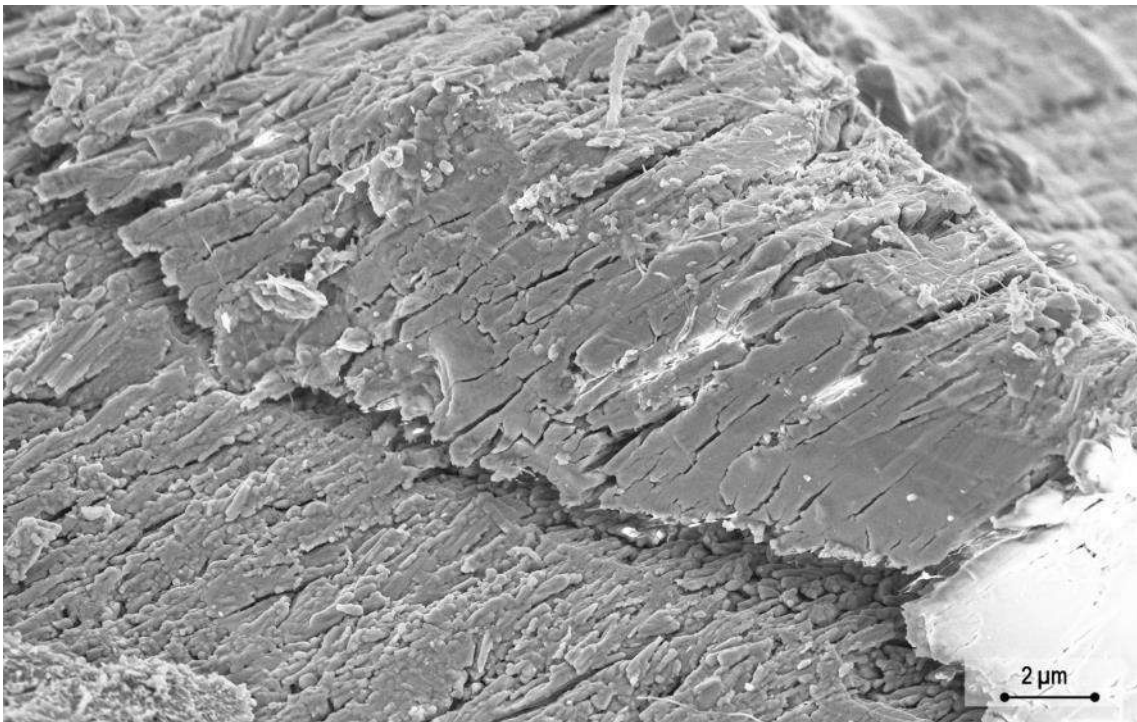
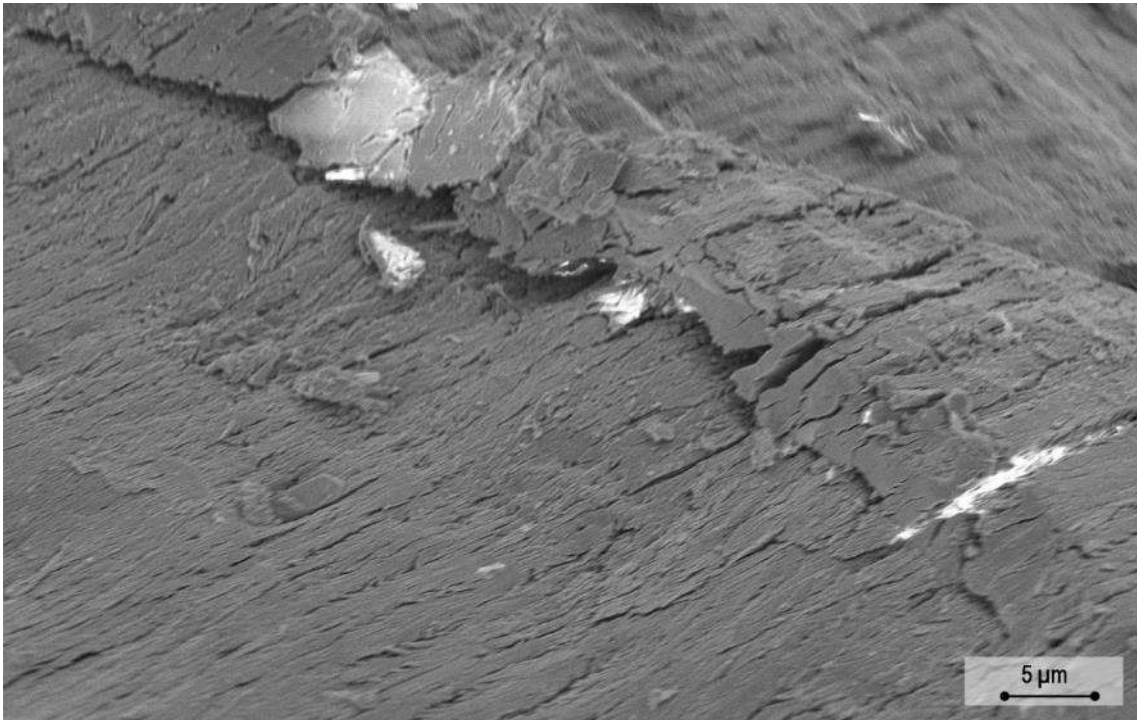


Figura-Material Complementario 13. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 150°C.

Ya no se observan la morfología típica laminar del yeso, debido a que se está produciendo la descomposición térmica.

3) T200:



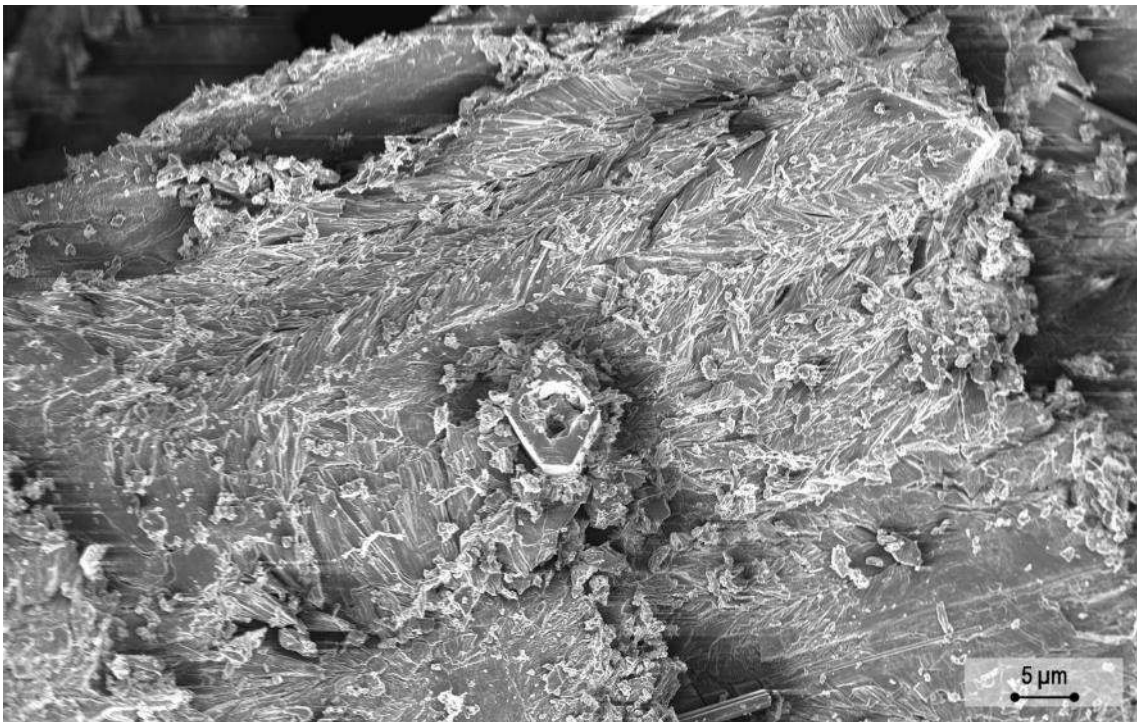
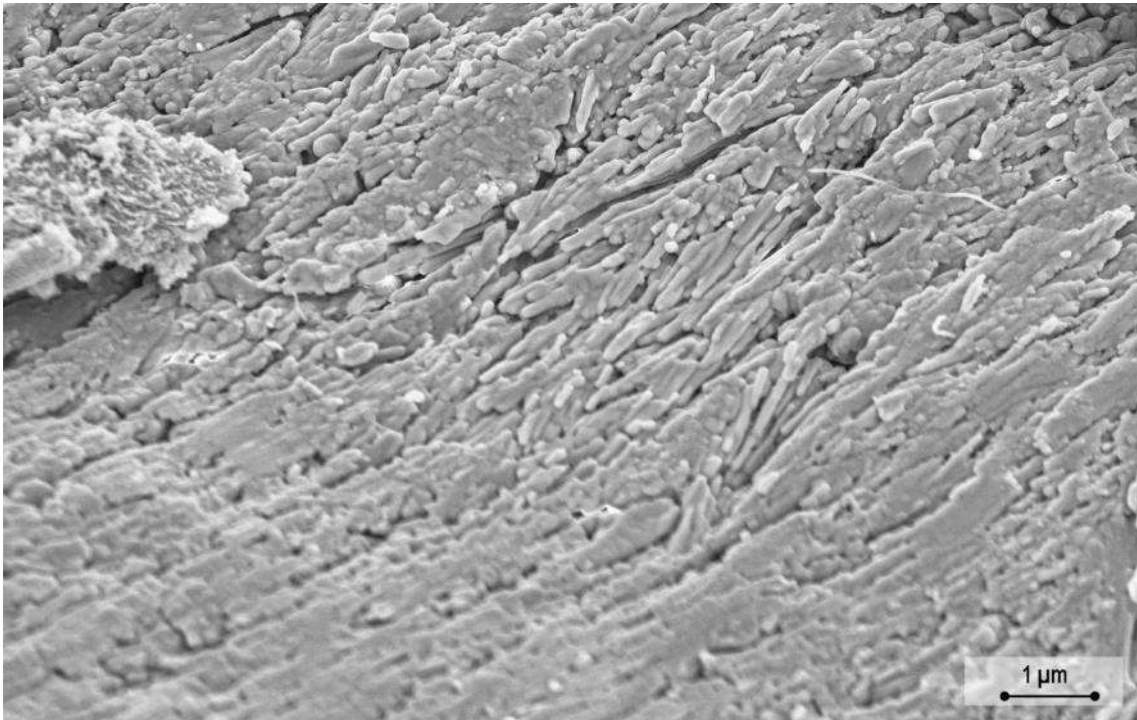
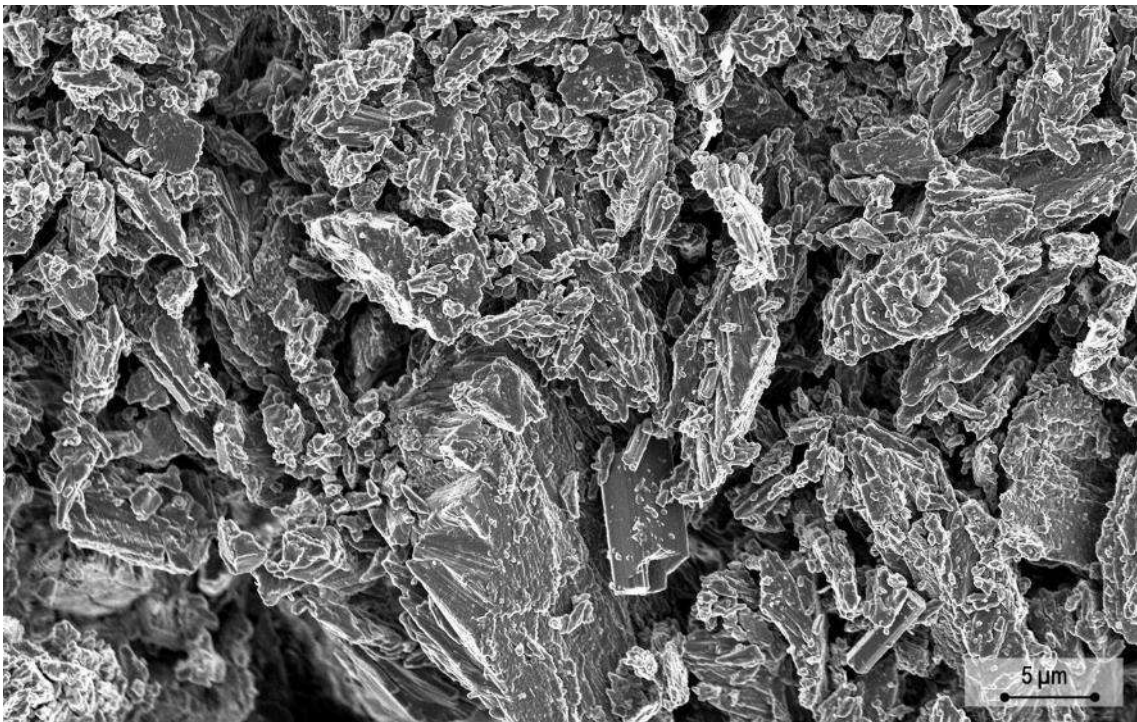
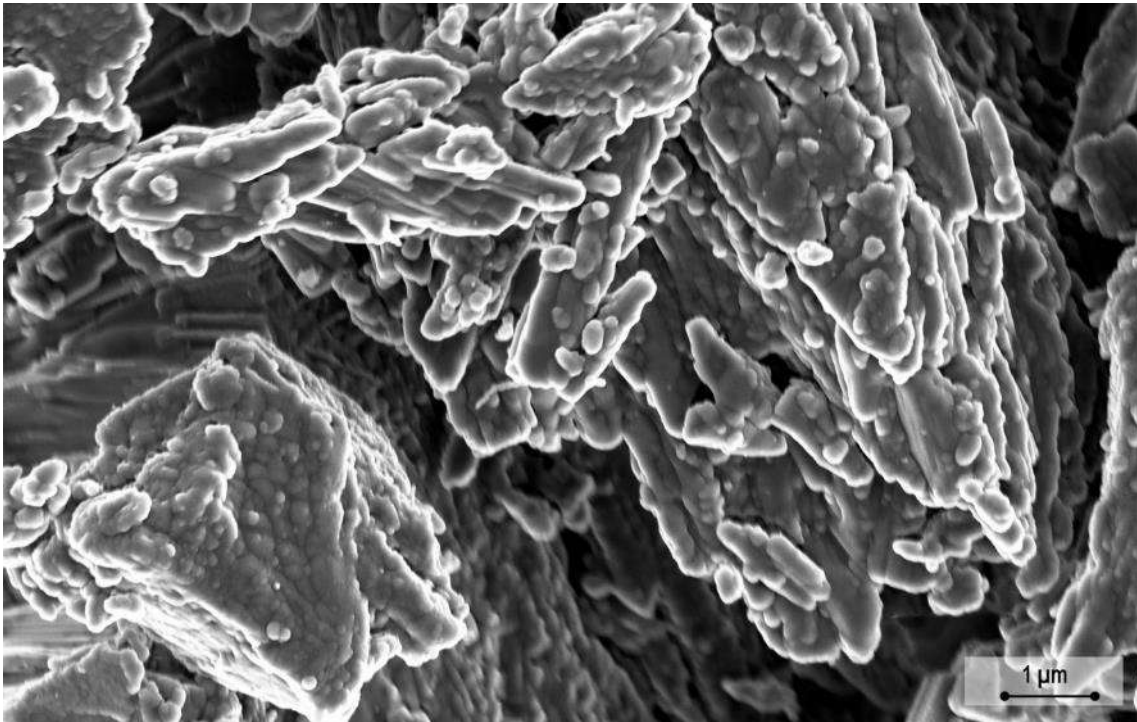


Figura-Material Complementario 14. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 200°C.

Se observa la formación de abundantes microfracturas, causadas por cambios de volumen tras la cocción, ya que la descomposición térmica se asocia inicialmente con una expansión y una posterior contracción, lo que ocasiona estas fisuras (Liu et al., 2021).

4) T250:



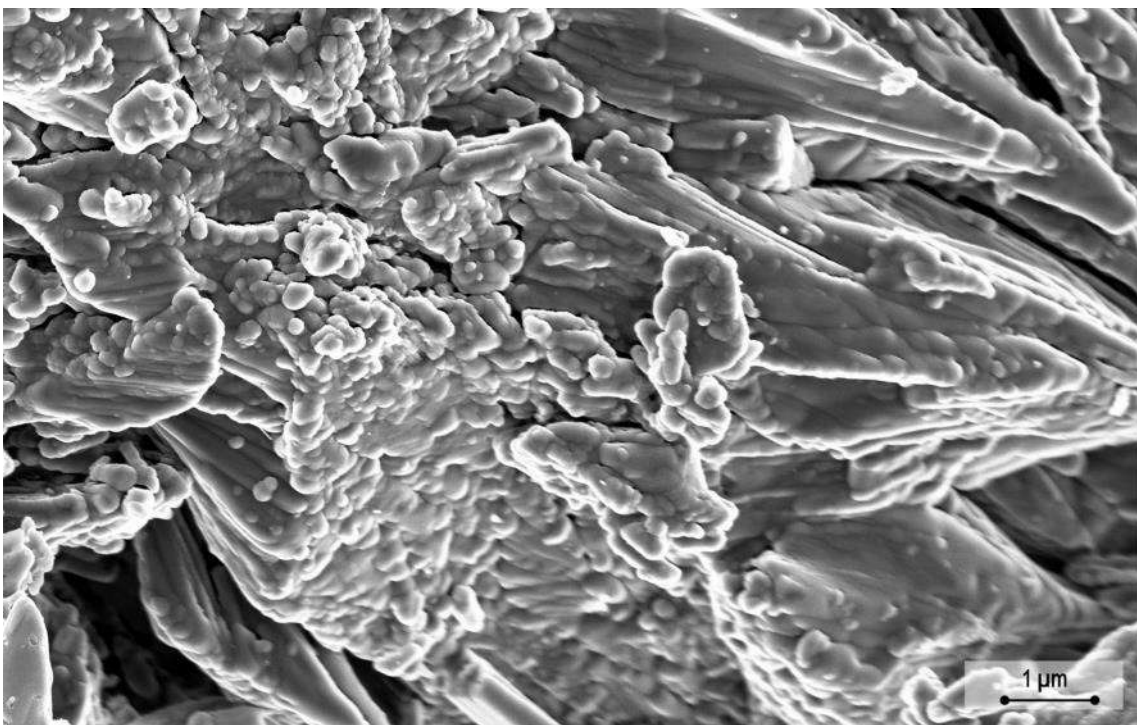
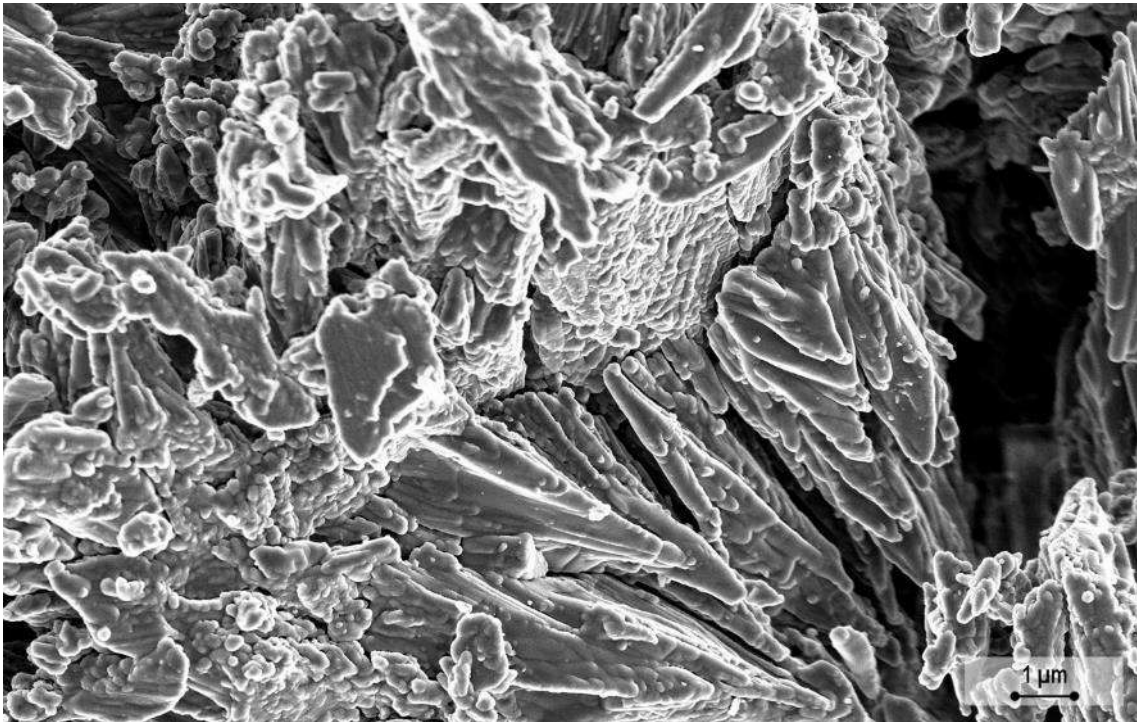
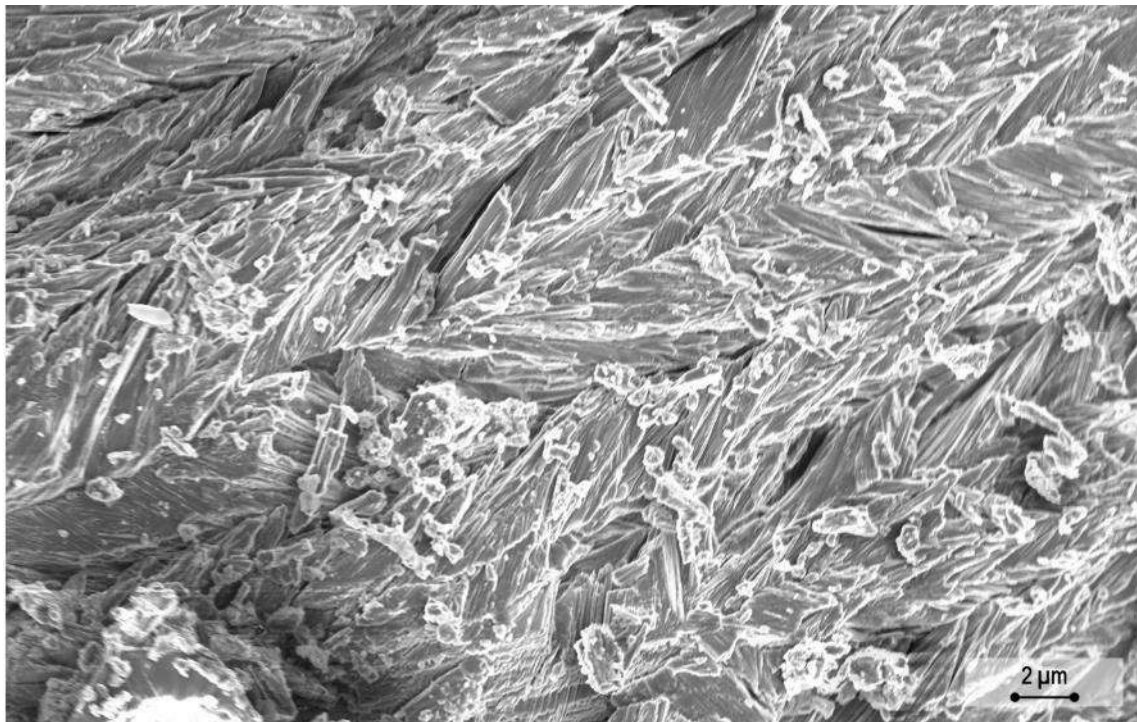
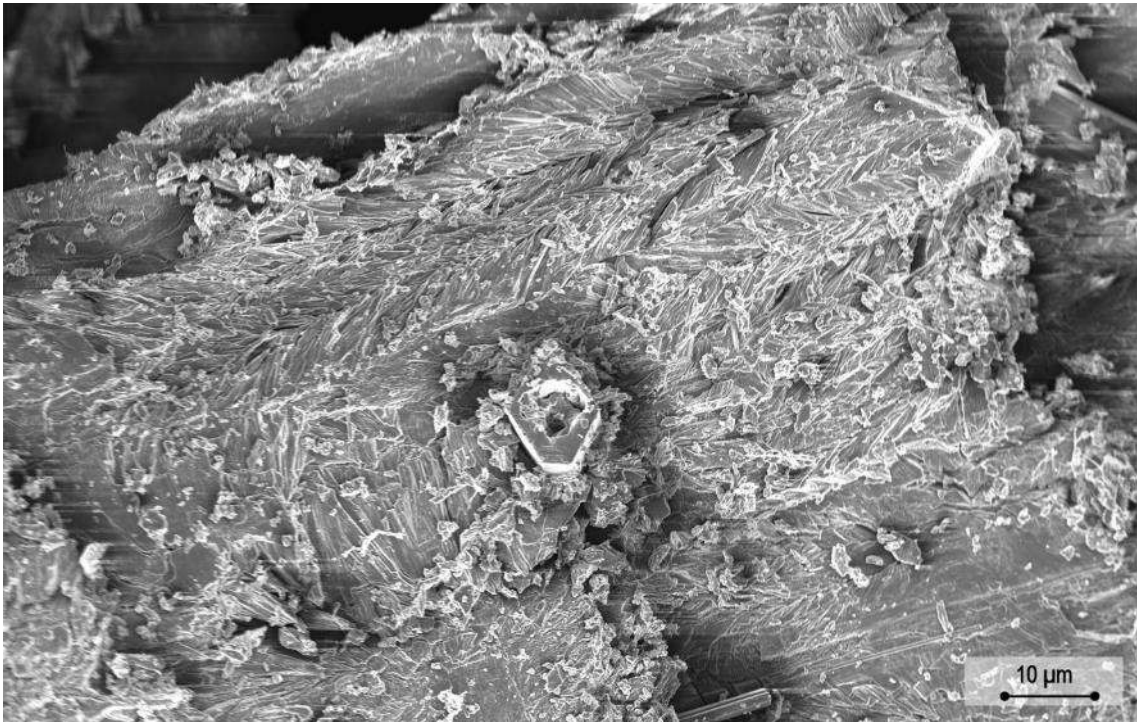


Figura-Material Complementario 15. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 250°C.

Se continúa apreciando la presencia de microfisuras ocasionadas por la descomposición térmica del yeso durante la cocción.

5) T300:



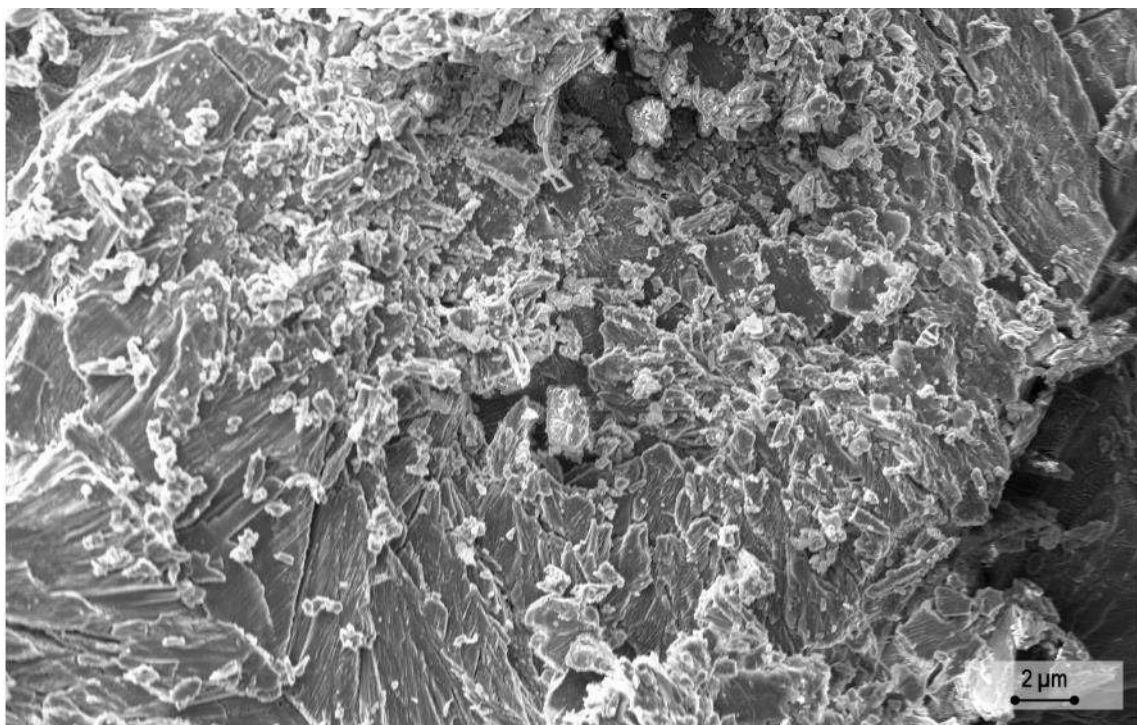
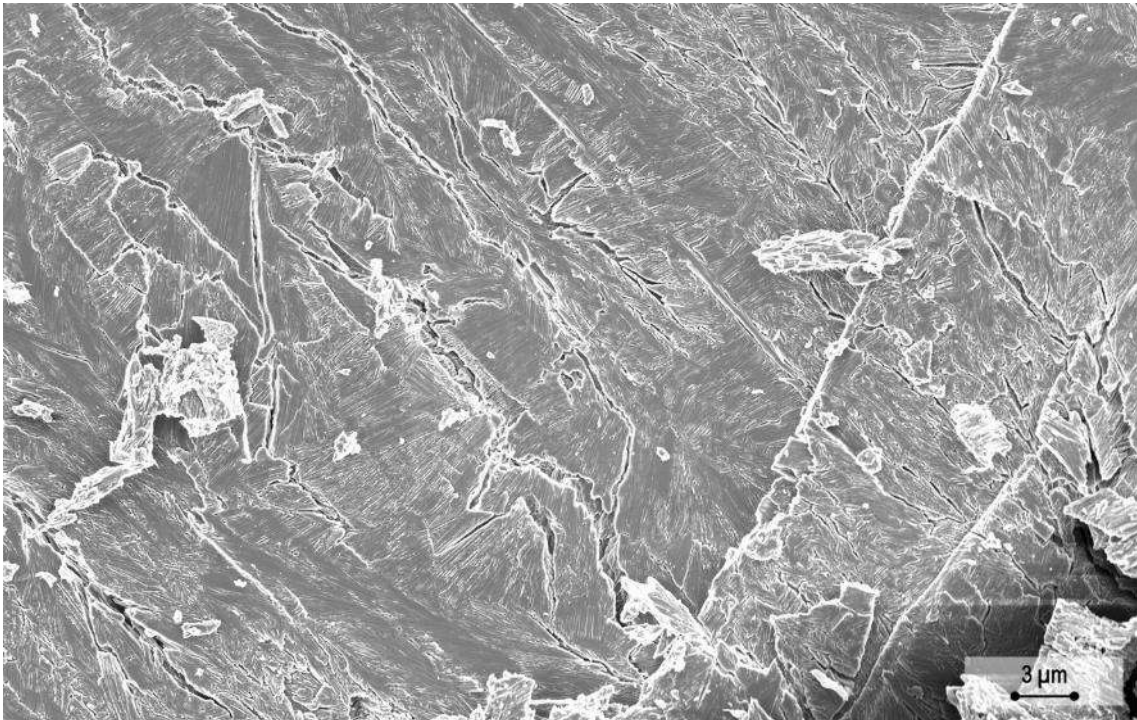
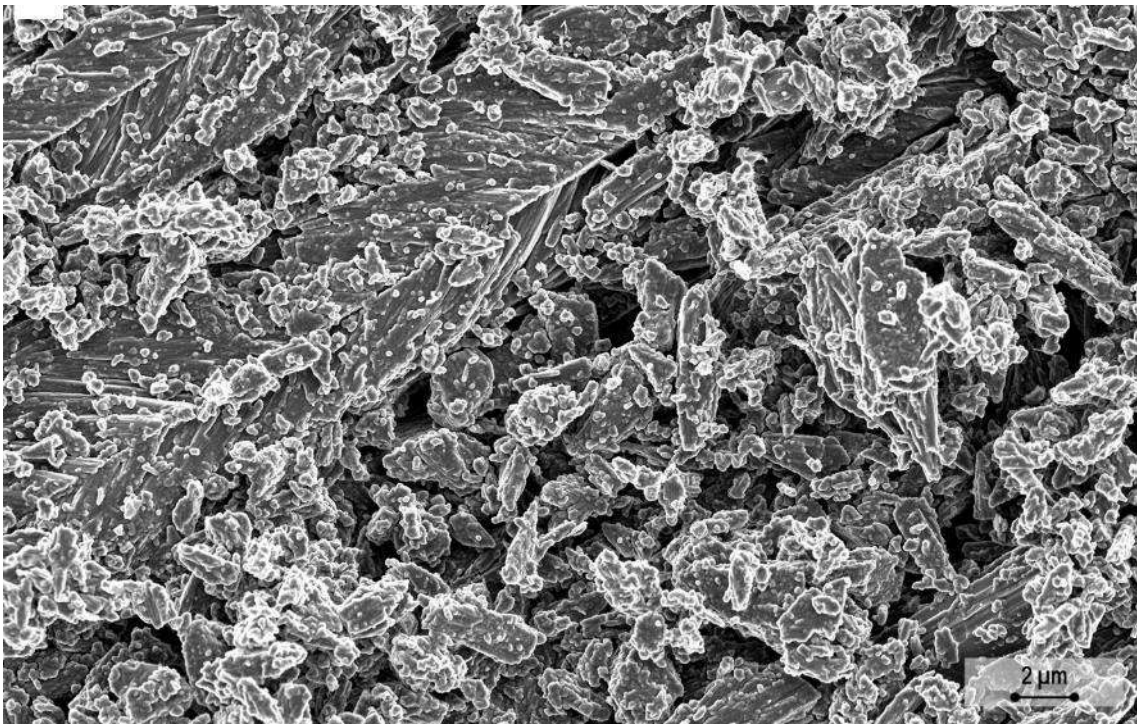
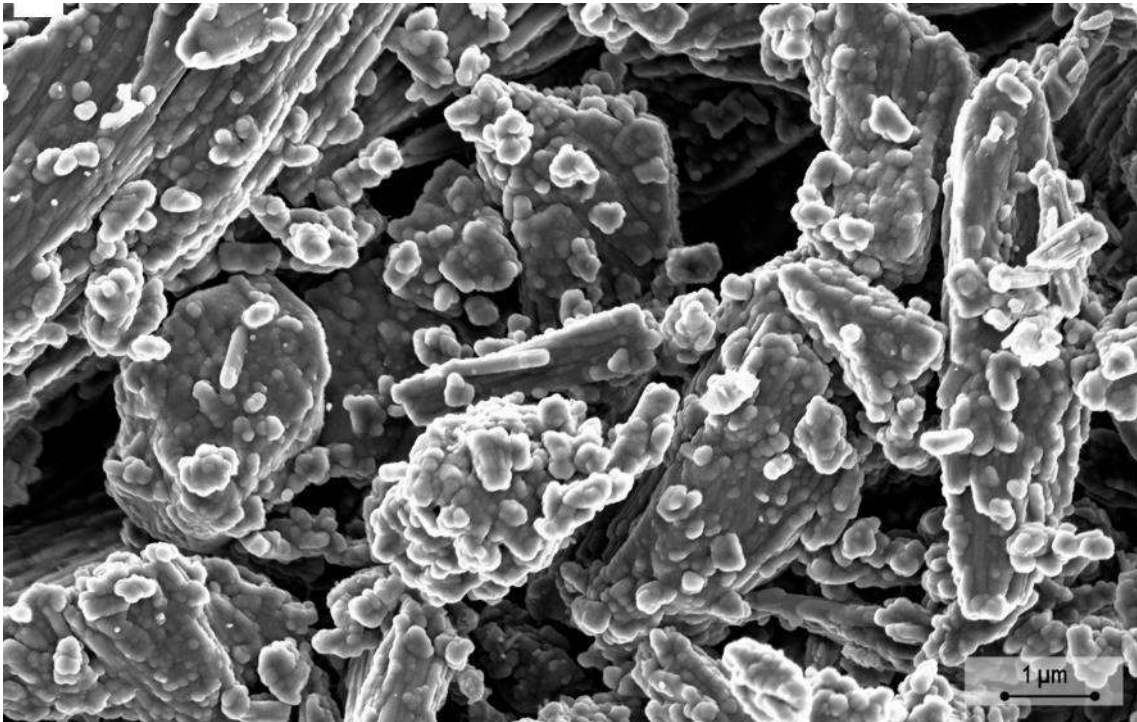


Figura-Material Complementario 16. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 300°C.

Se continúa apreciando la presencia de microfisuras ocasionadas por la descomposición térmica del yeso durante la cocción.

6) T350:



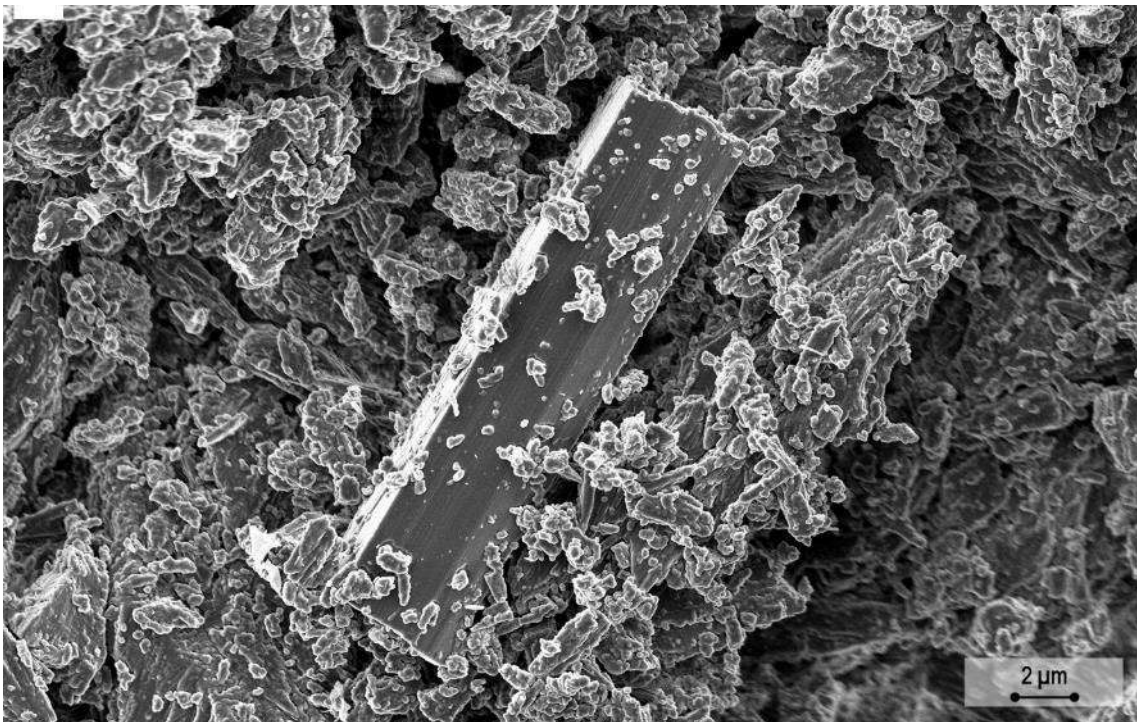
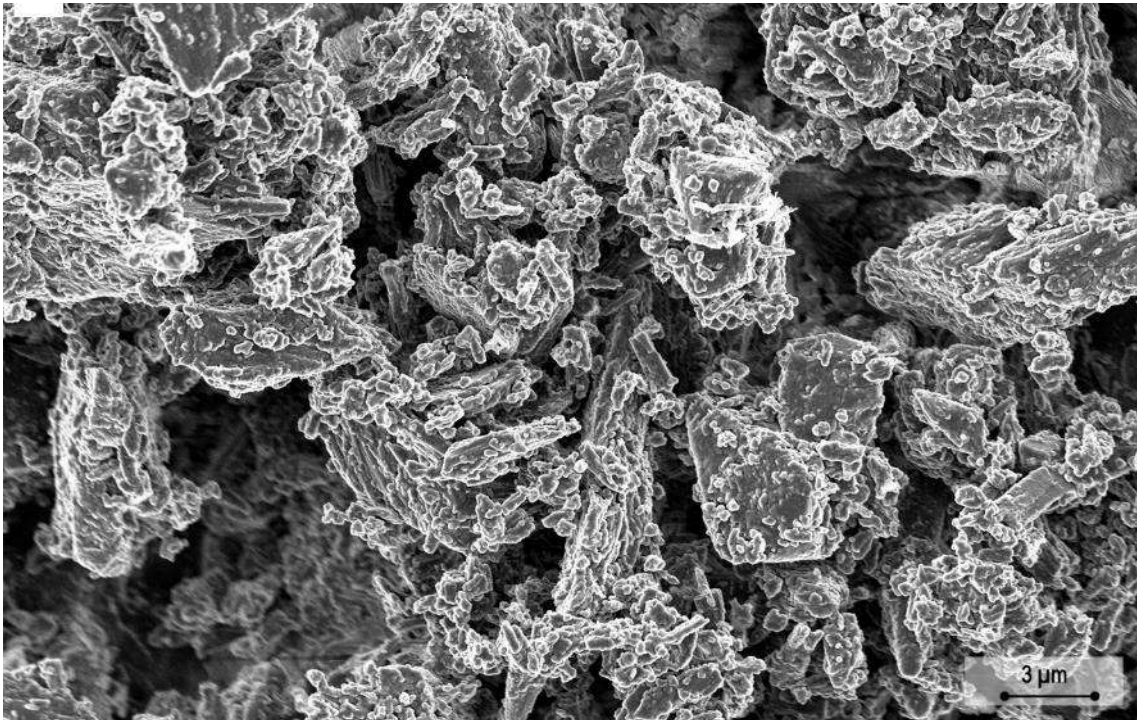
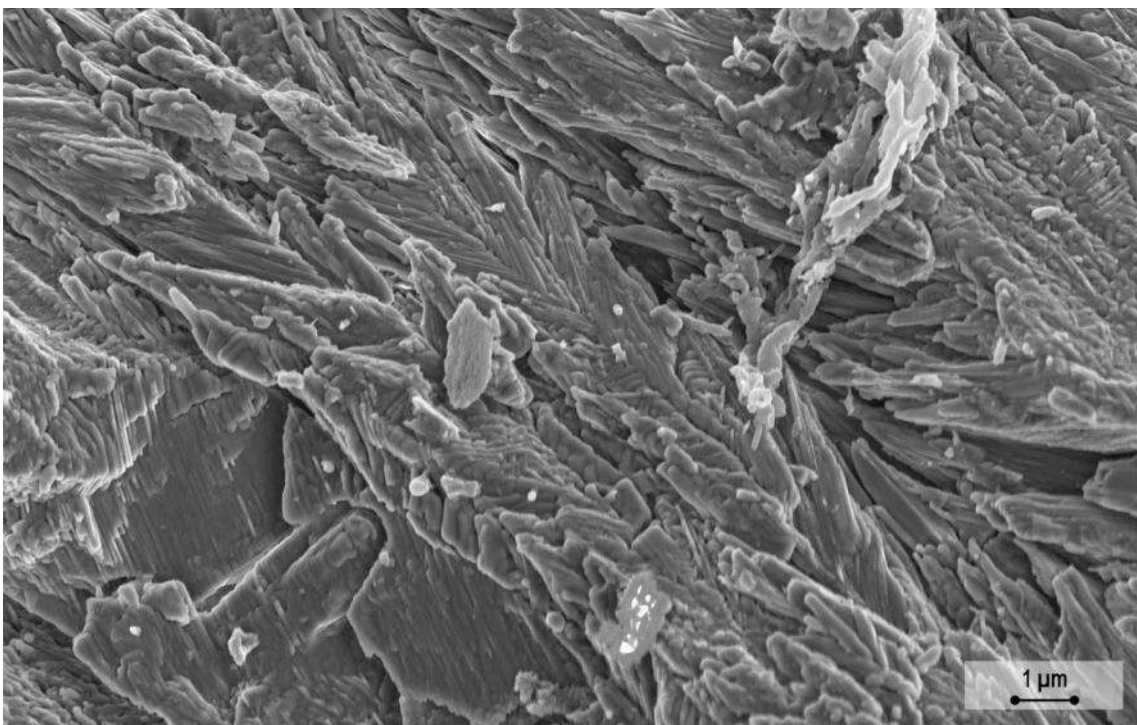
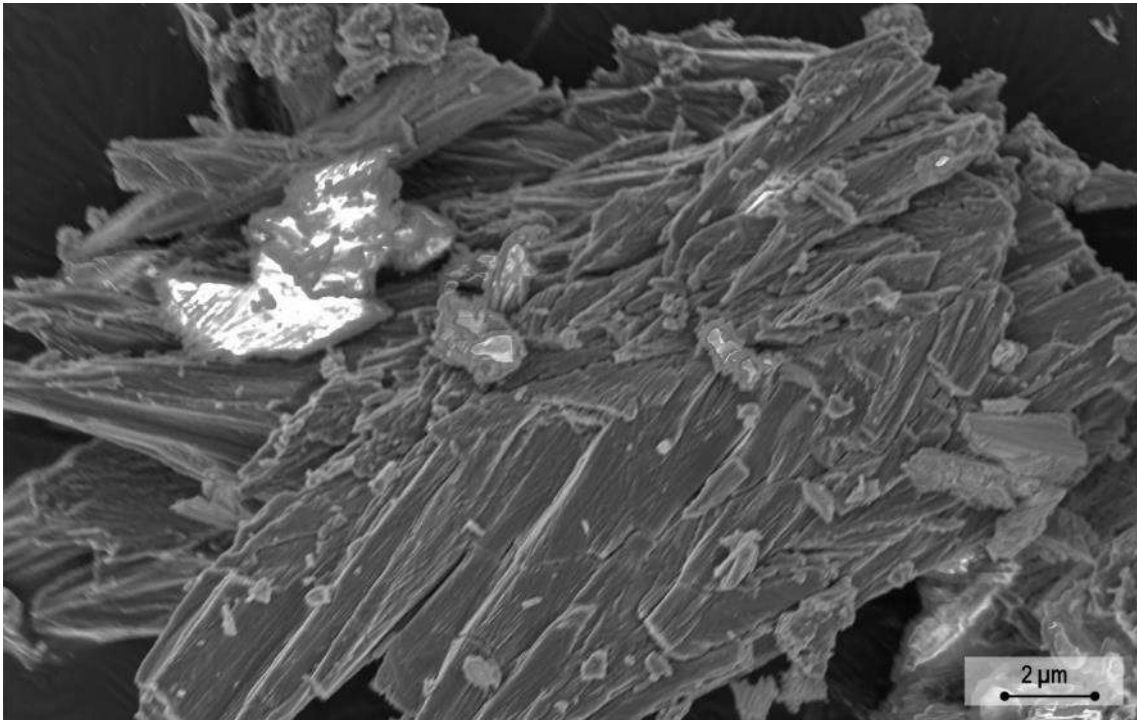


Figura-Material Complementario 17. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 350°C.

Se continúa apreciando la presencia de microfisuras ocasionadas por la descomposición térmica del yeso durante la cocción, comenzándose a observar algunos cristales con hábito acicular.

7) T400:



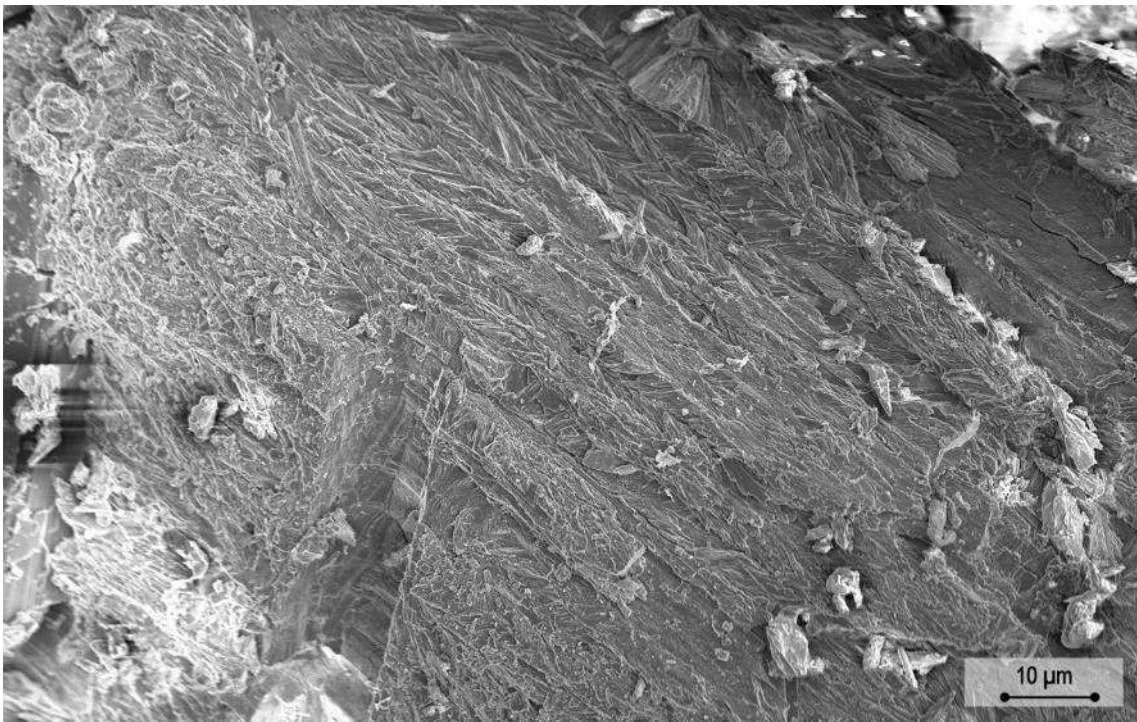
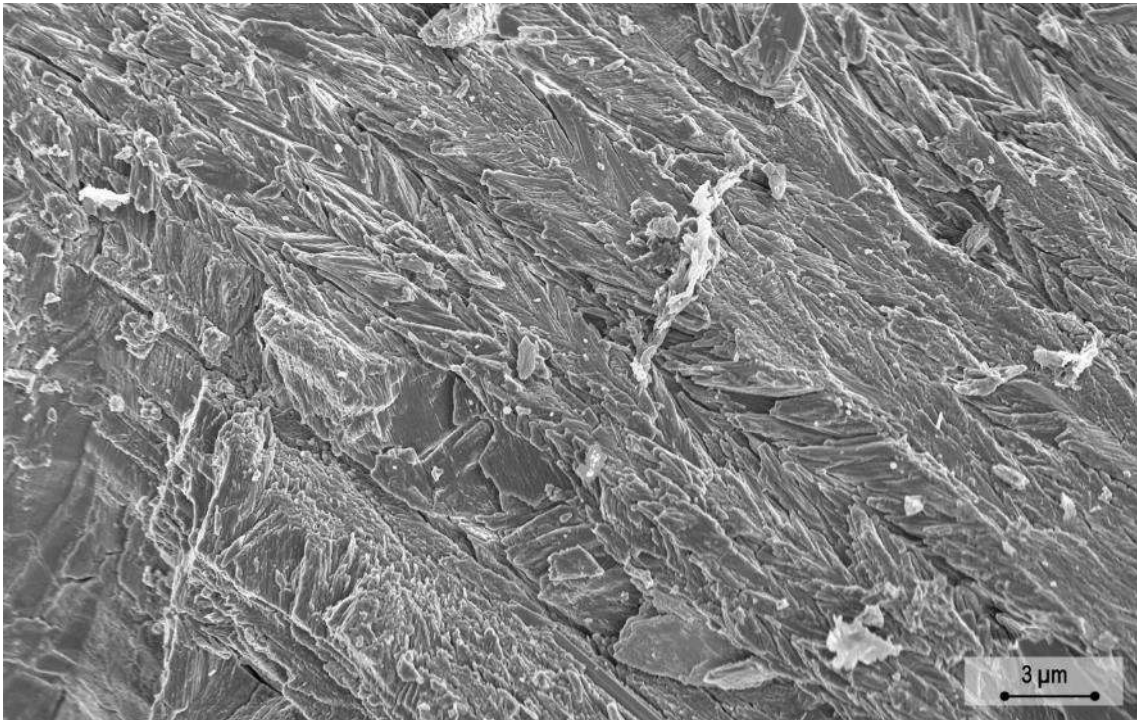
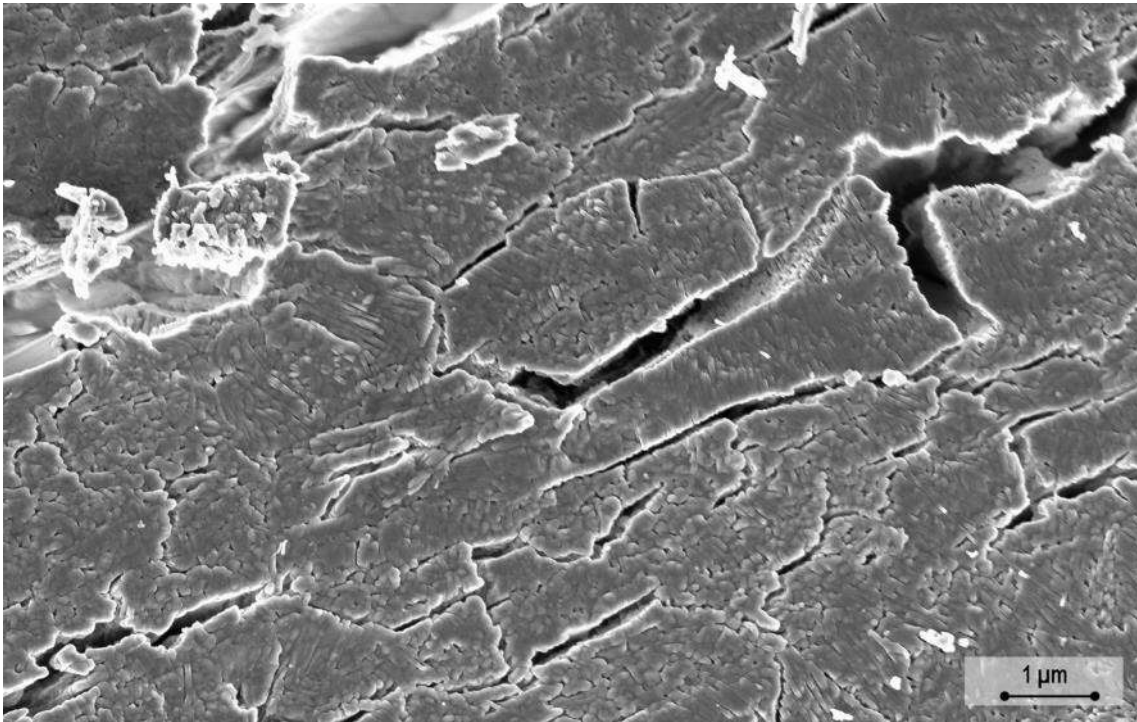


Figura-Material Complementario 18. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 400°C.

Se hacen patentes los cristales con hábito acicular, debidos probablemente a una mayor concentración del mineral, lo que puede explicarse por la disminución adicional del volumen molar del 15% al formarse la anhidrita II (esta muestra contenía un 90% de anhidrita II en peso).

8) T500:



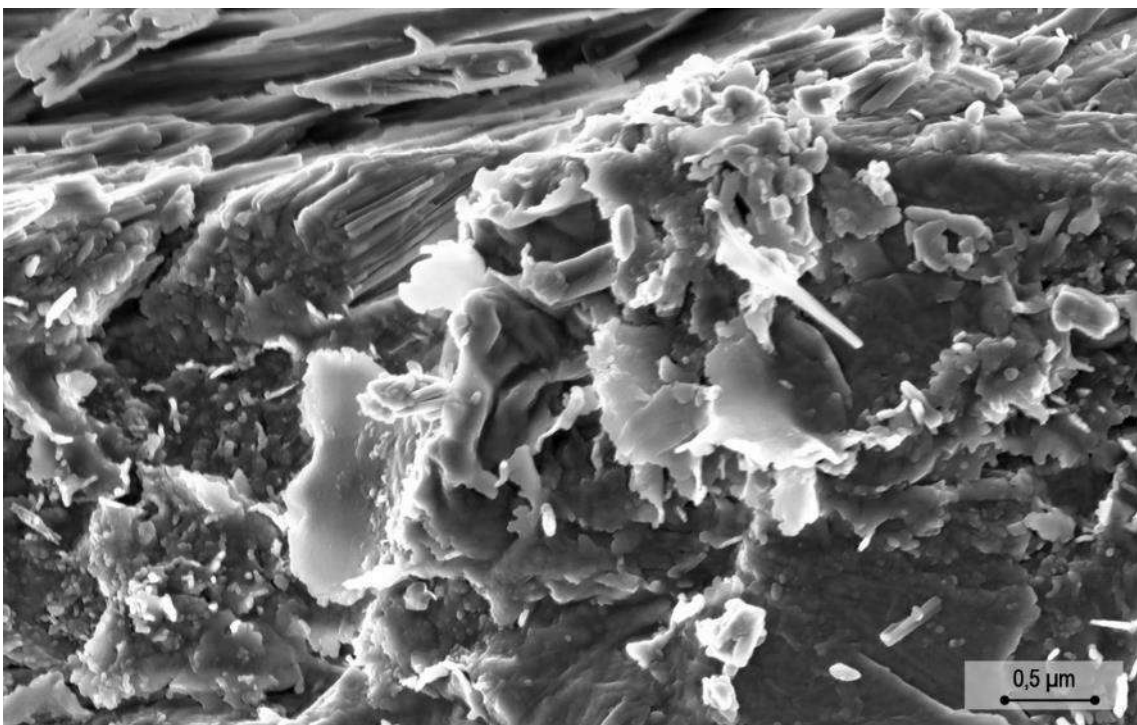
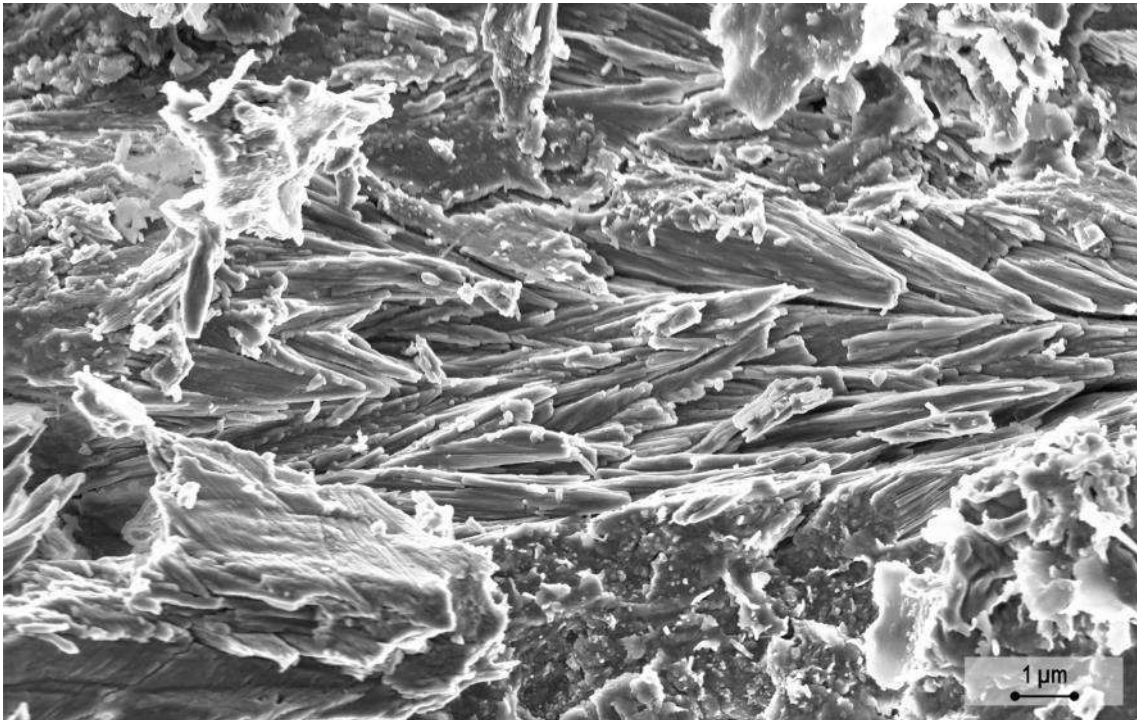
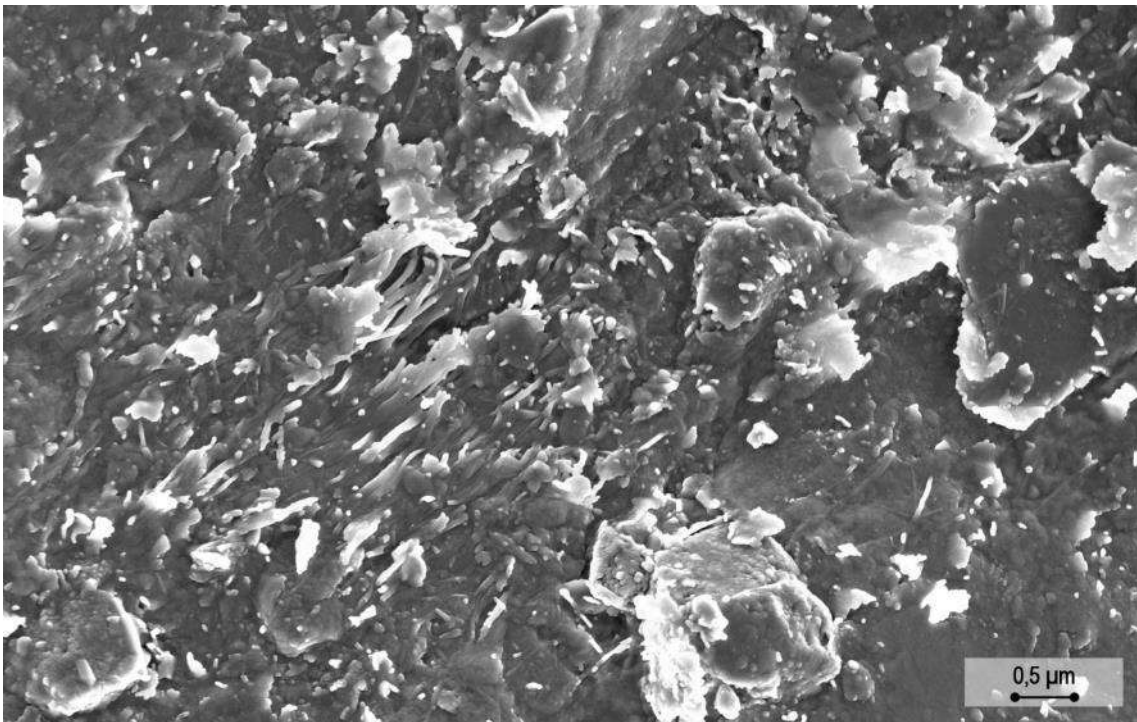
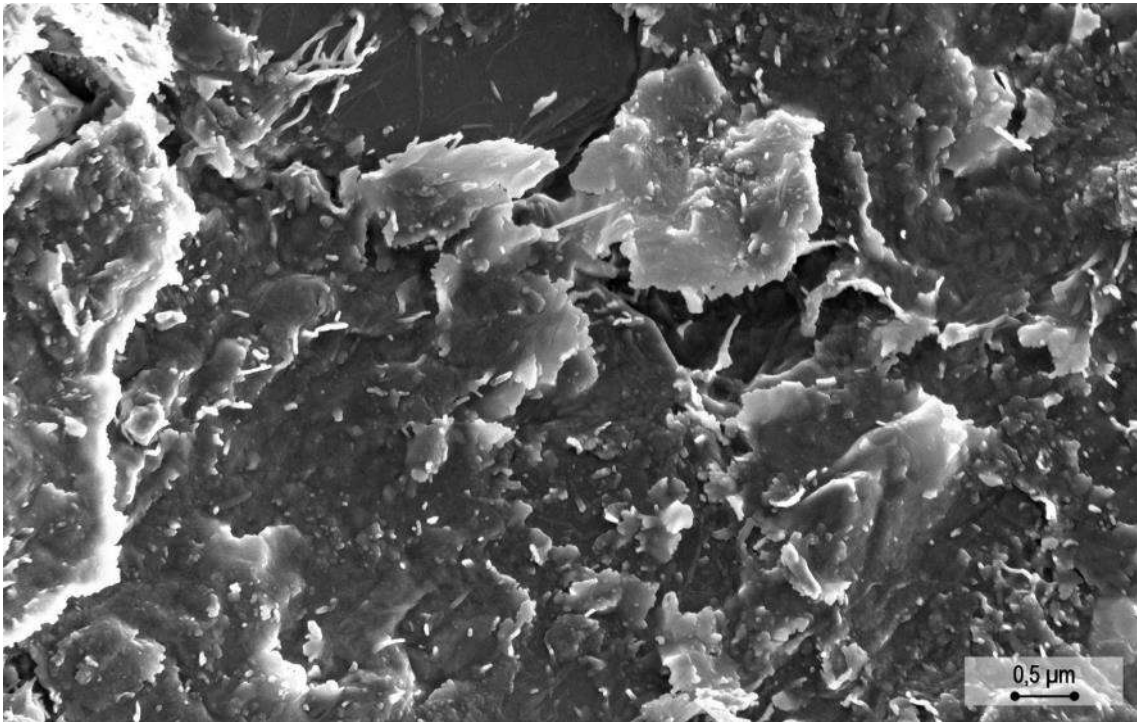


Figura-Material Complementario 19. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 500°C.

Los cristales con hábito acicular comienzan a segmentarse y a acentuarse progresivamente.

9) T600:



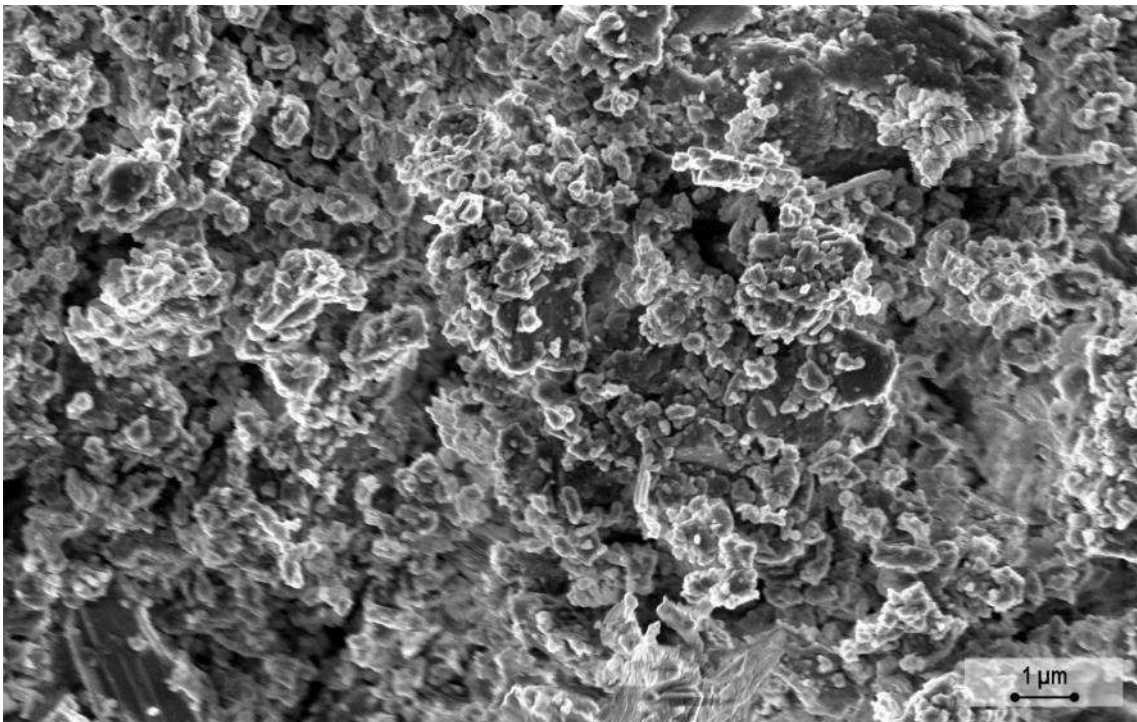
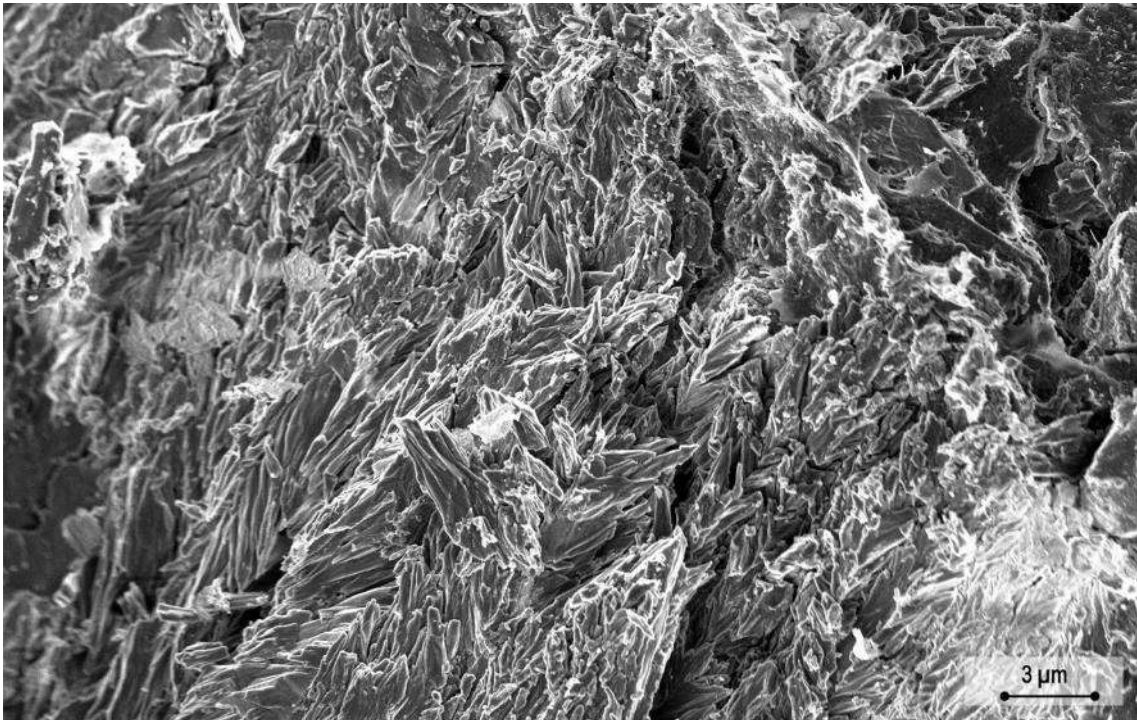
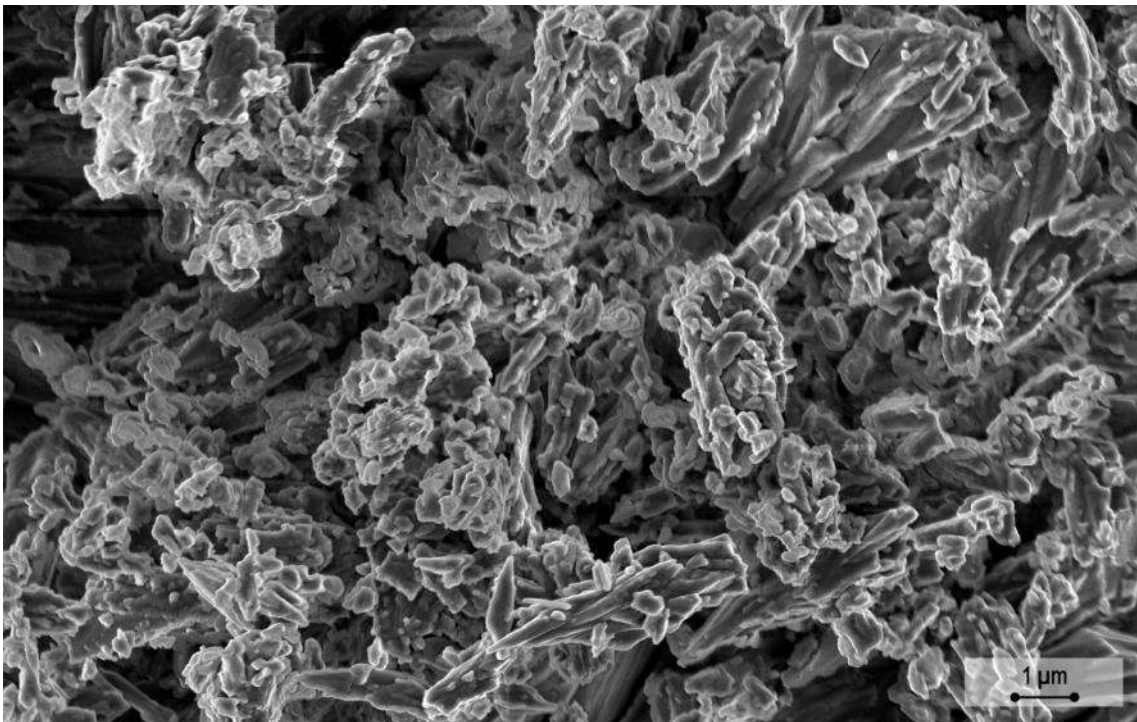
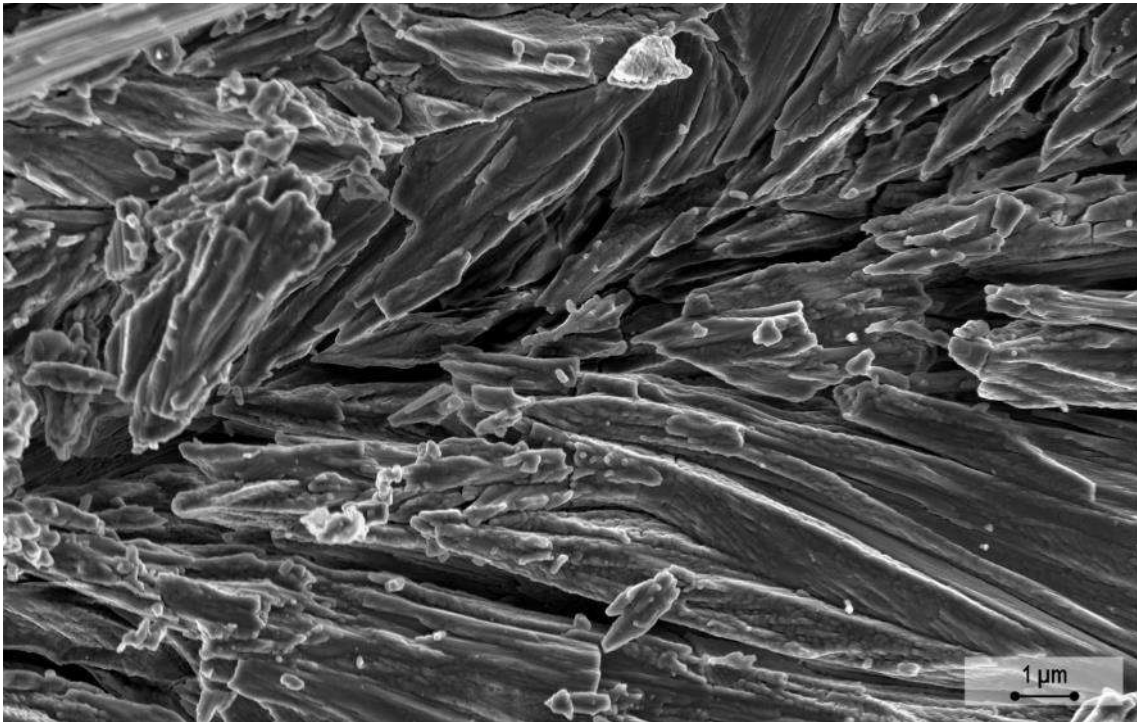


Figura-Material Complementario 20. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 600°C.

Los cristales con hábito acicular comienzan a segmentarse y a acentuarse progresivamente.

10) T700:



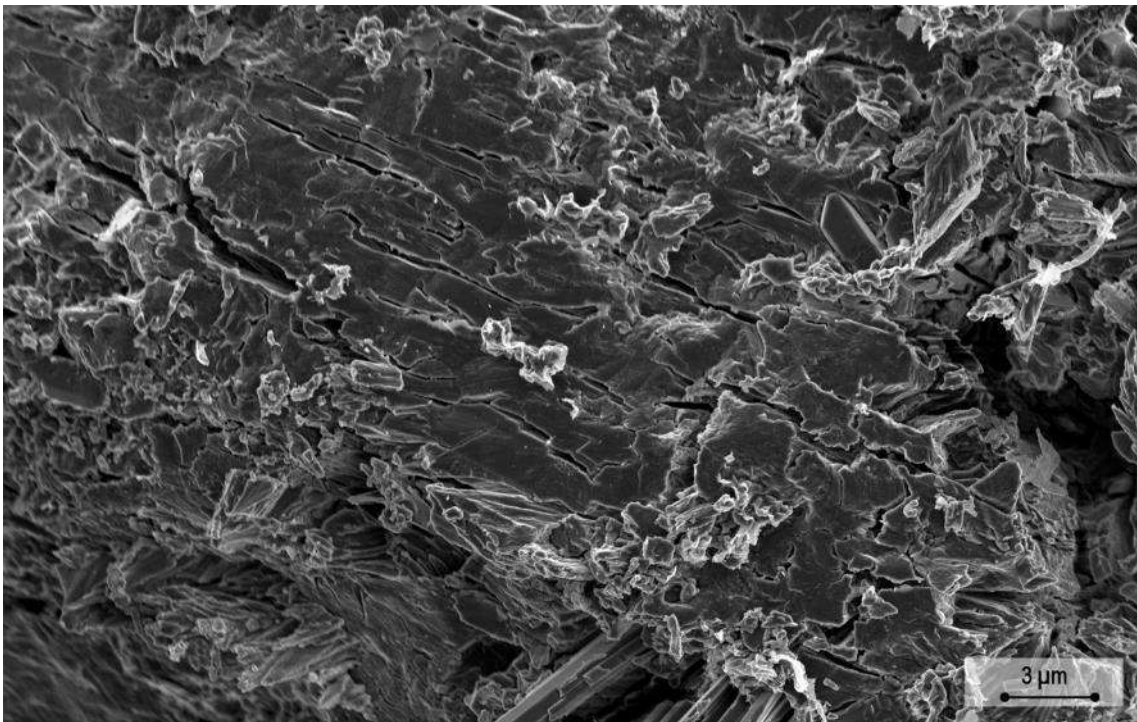
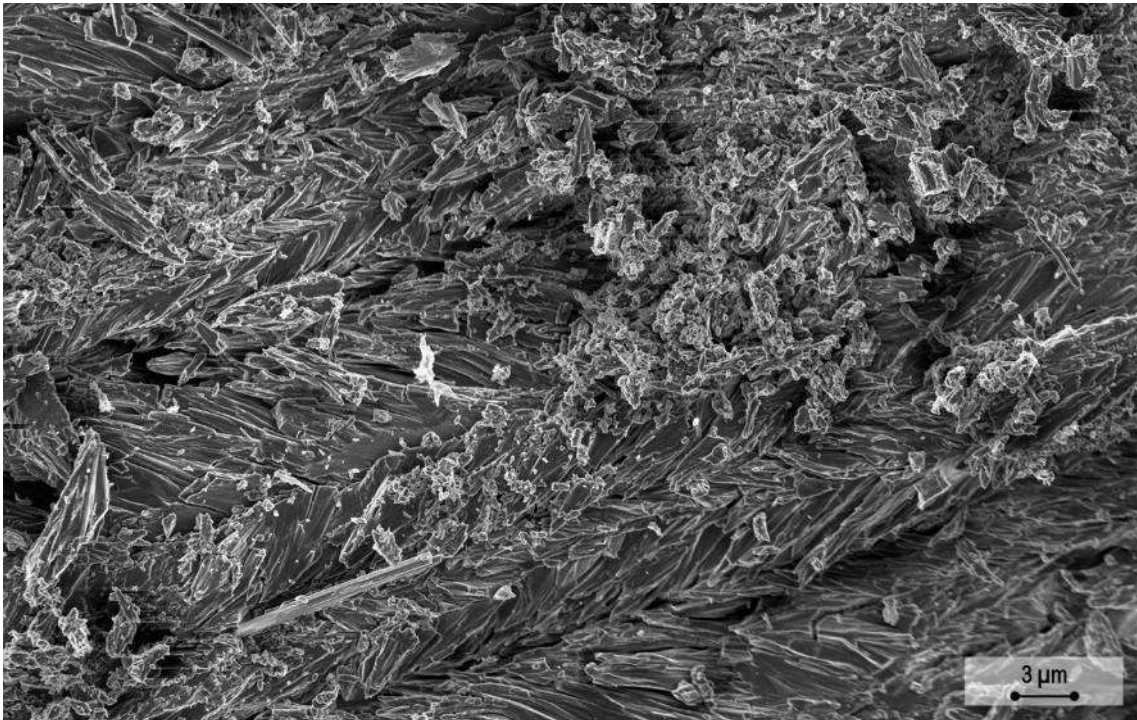
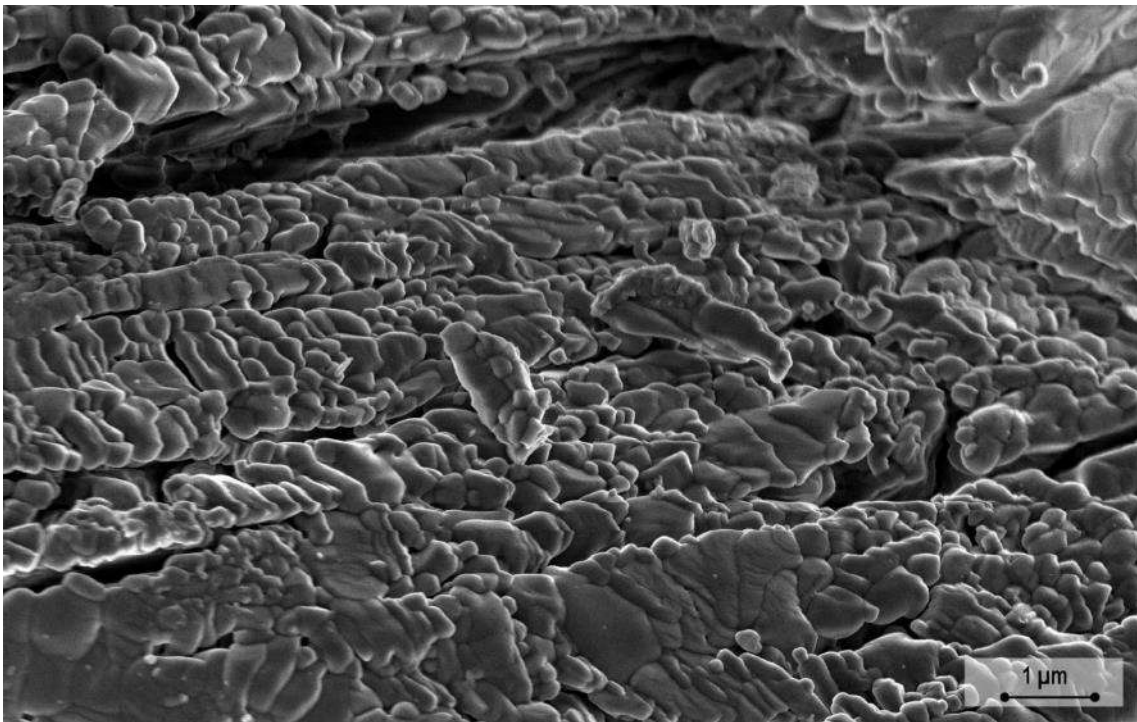
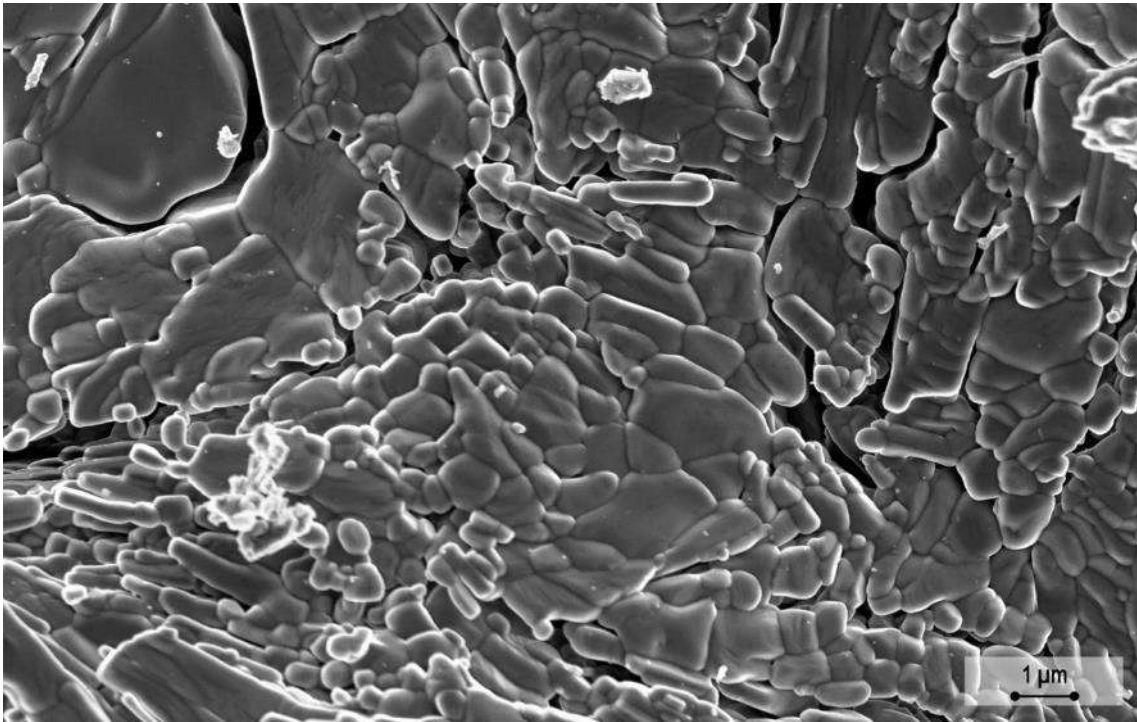


Figura-Material Complementario 21. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 700°C.

Los cristales con hábito acicular comienzan a segmentarse y a acentuarse progresivamente.

11) T800:



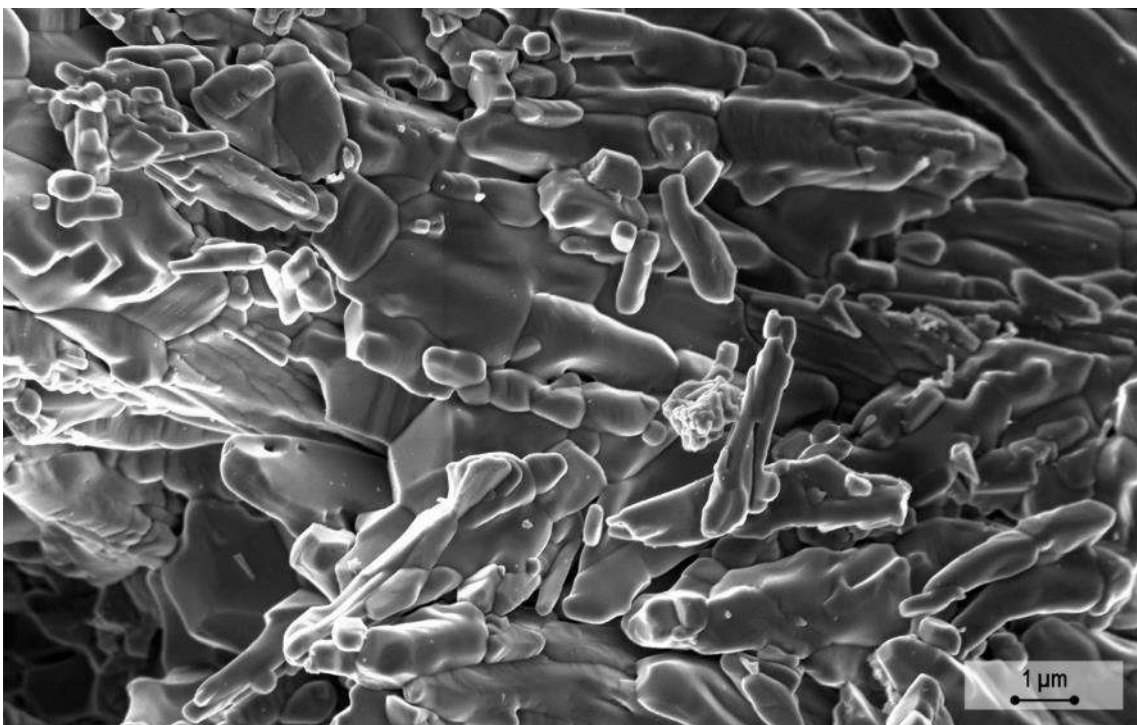
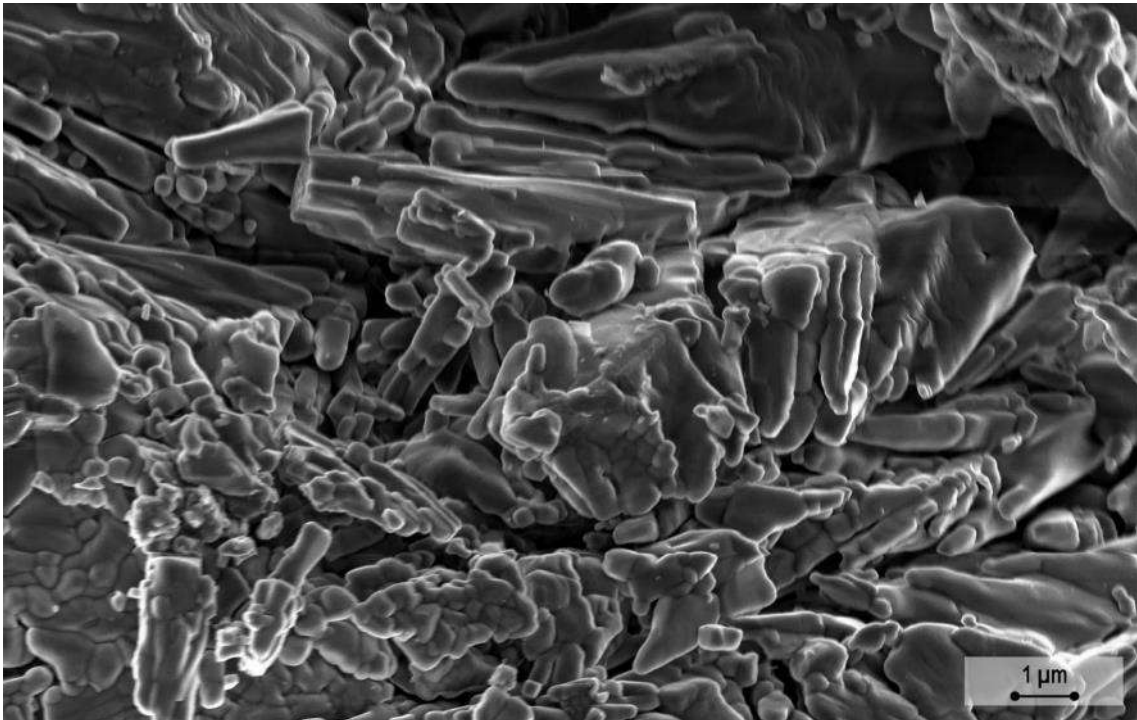
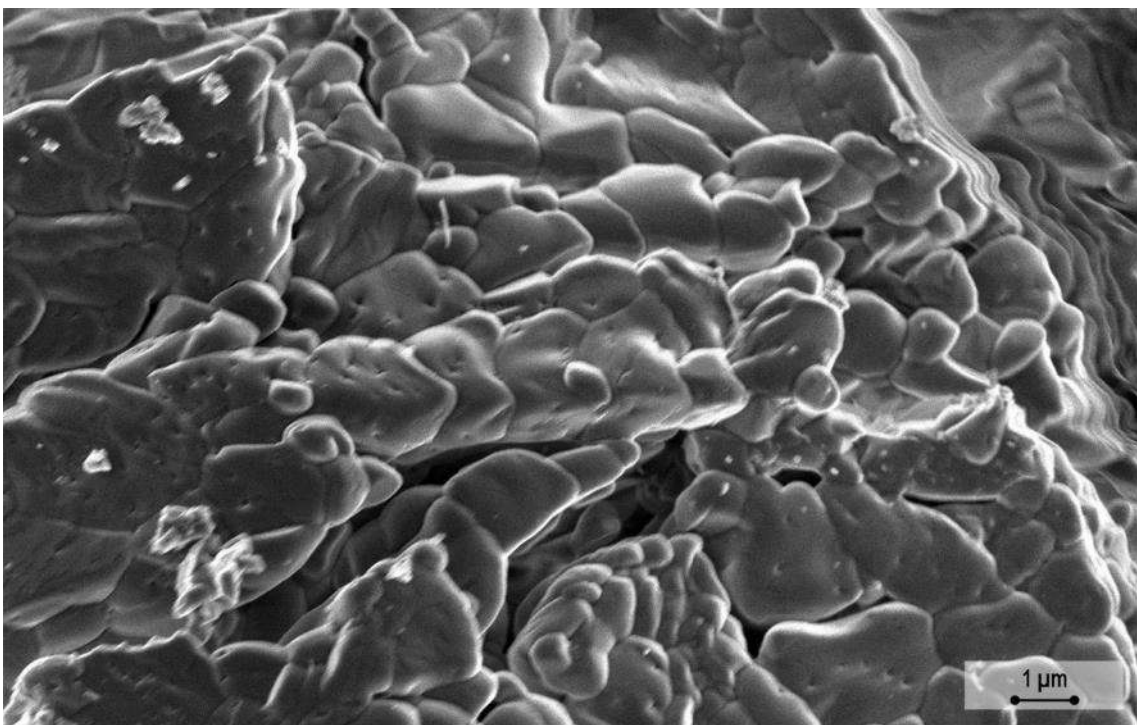
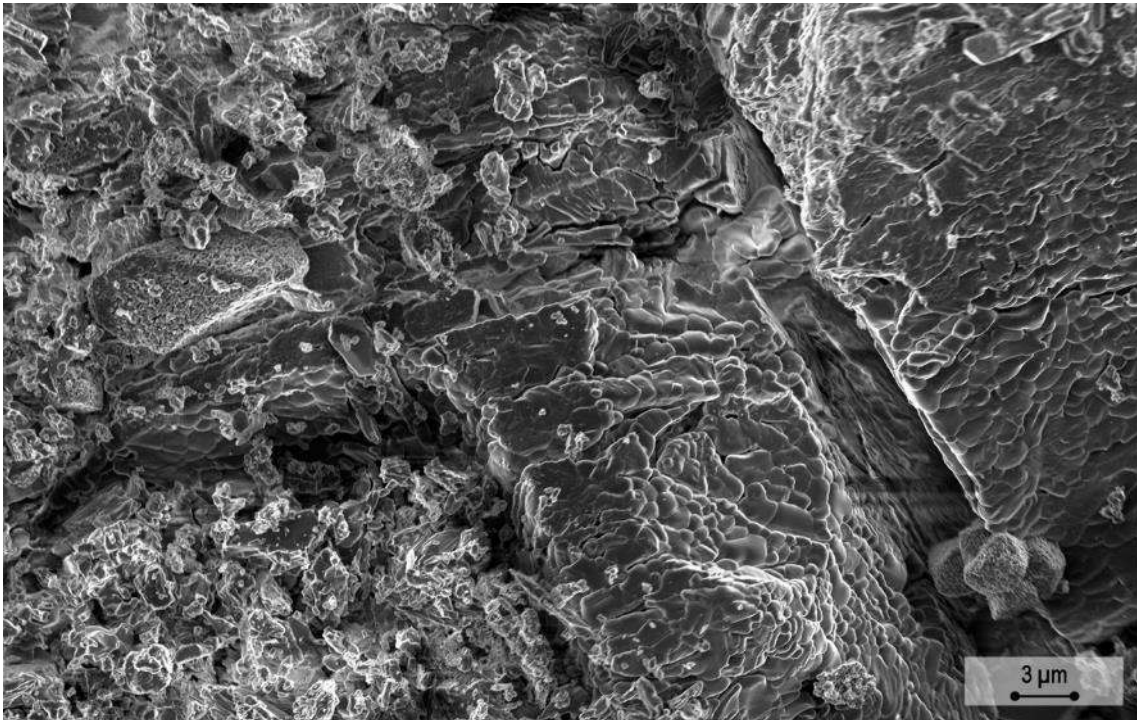


Figura-Material Complementario 22. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 800°C.

Se observa un cambio significativo en la morfología de la anhidrita, mostrando cristales con una pérdida de definición en sus bordes, y teniendo formas suavizadas con superficies lisas y bordes redondeados producto de la sinterización, dejando de apreciarse los cristales con morfología de aguja tan pronunciada.

12) T900:



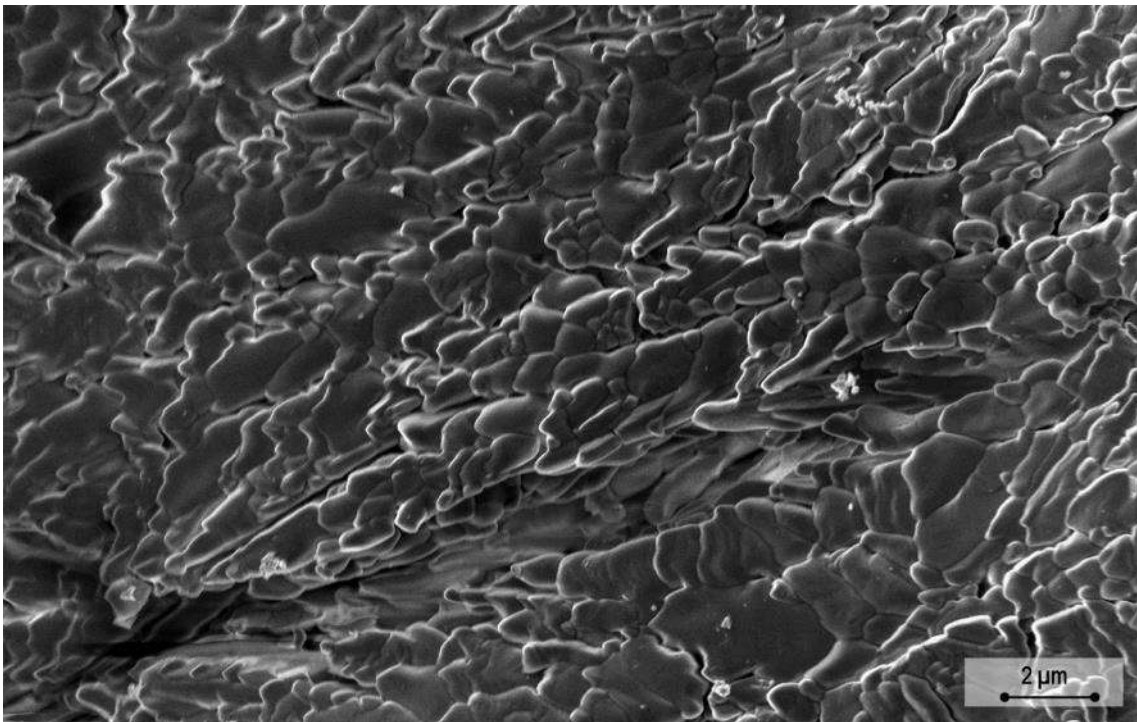
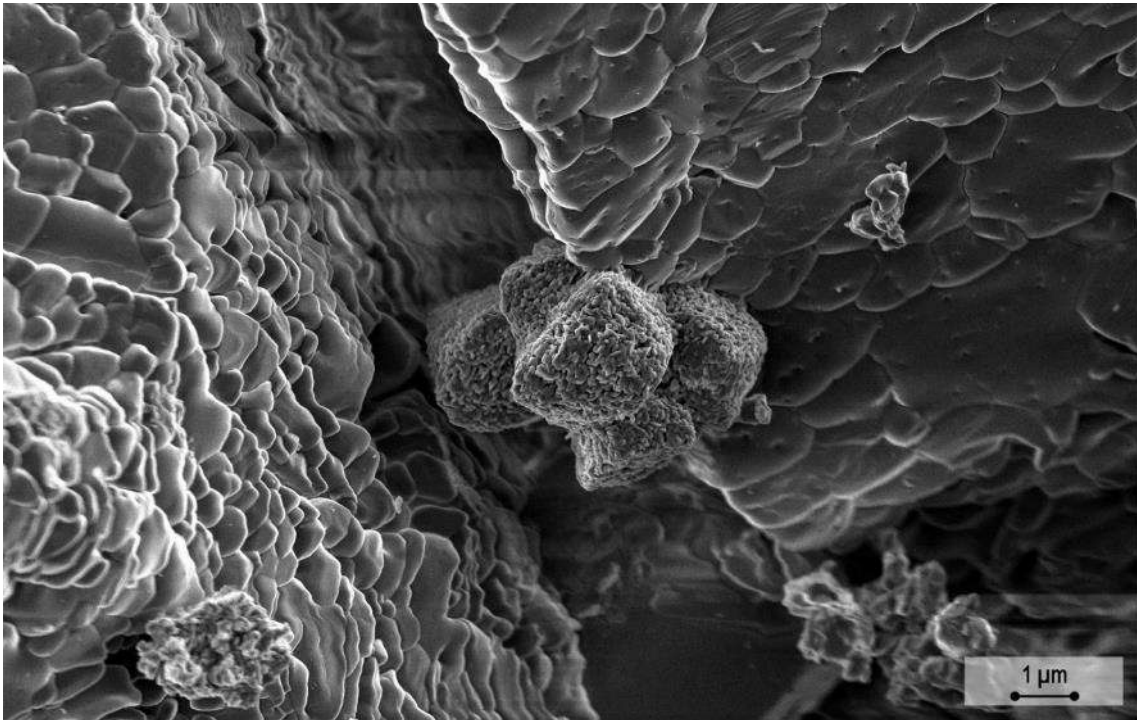
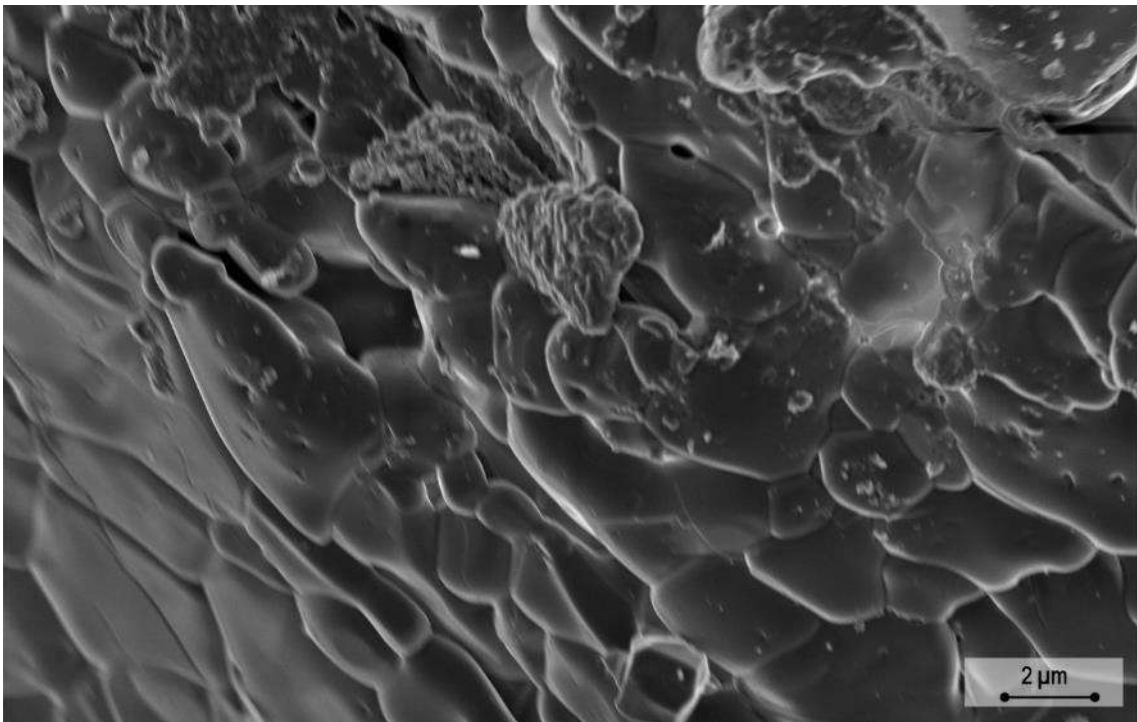
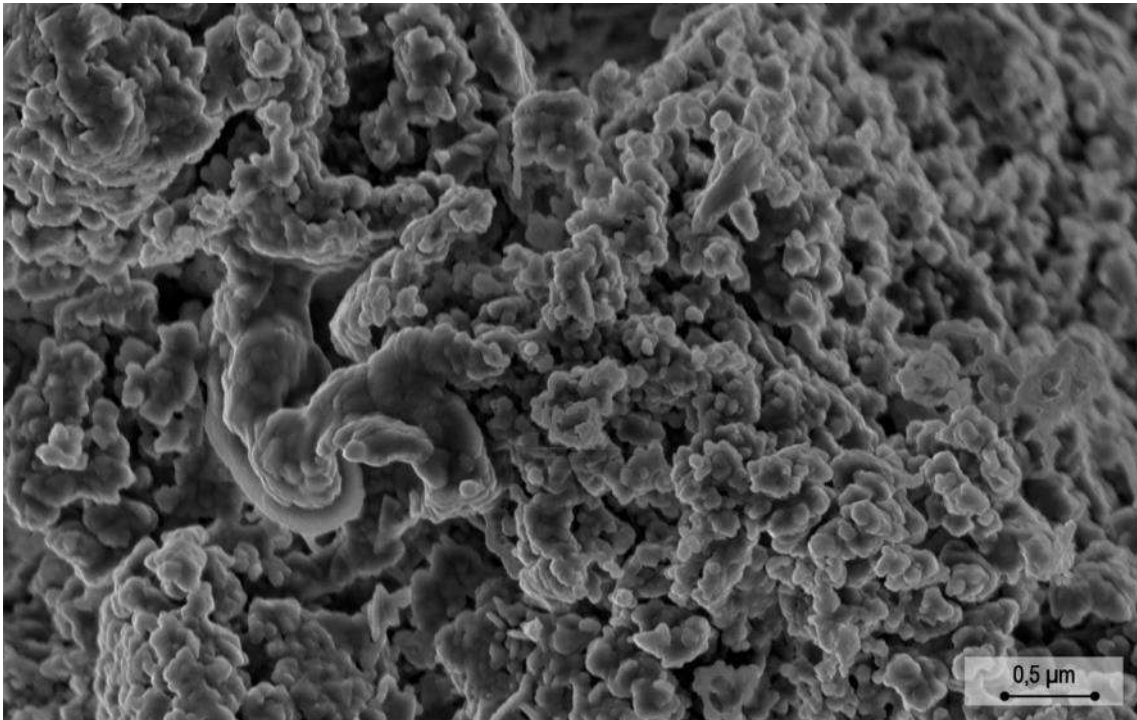


Figura-Material Complementario 23. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 900°C.

Se observan los cristales con morfología suavizada y bordes redondeados debido a la sinterización.

13) T1000:



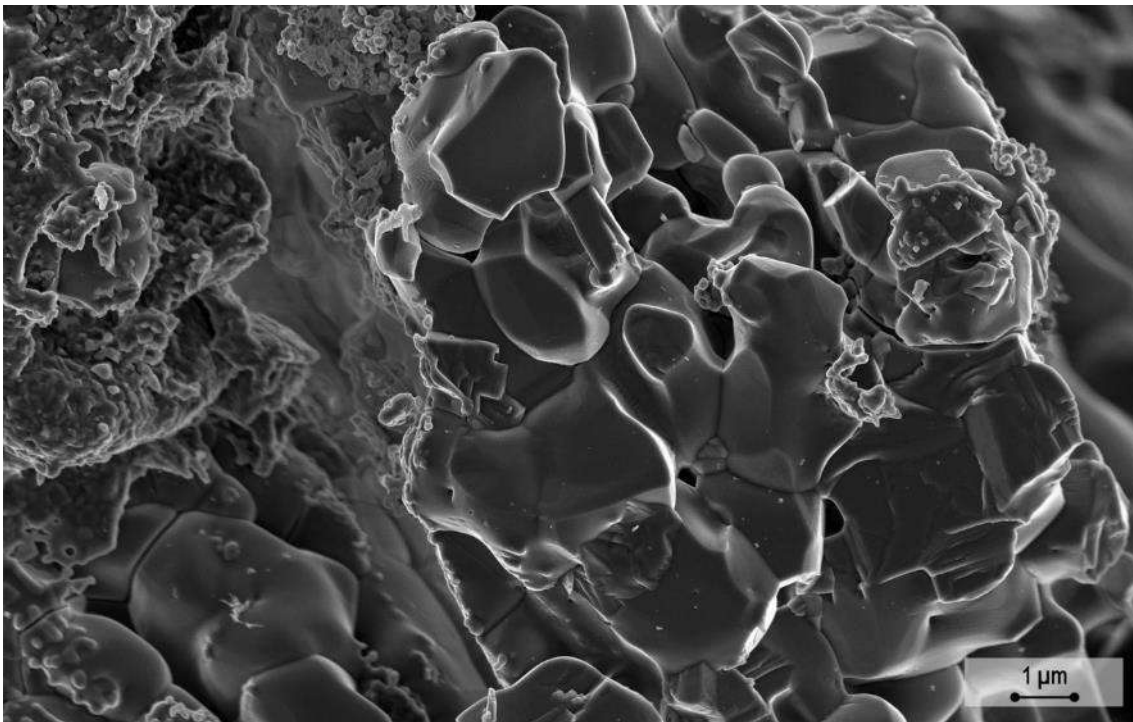
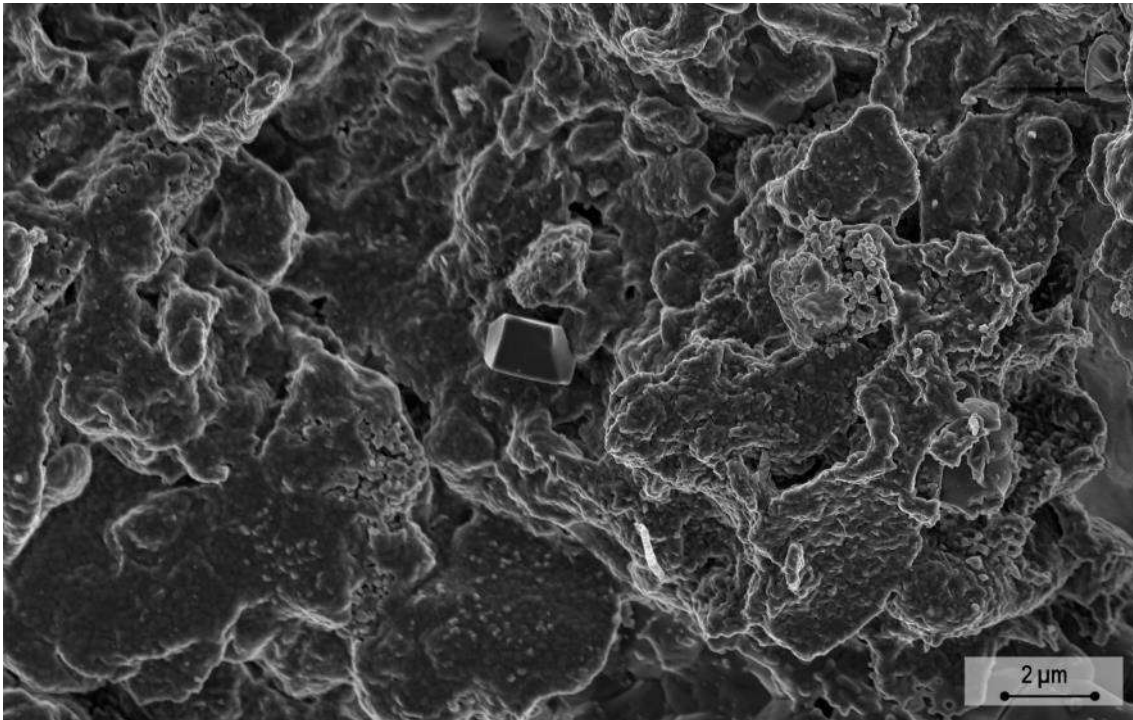
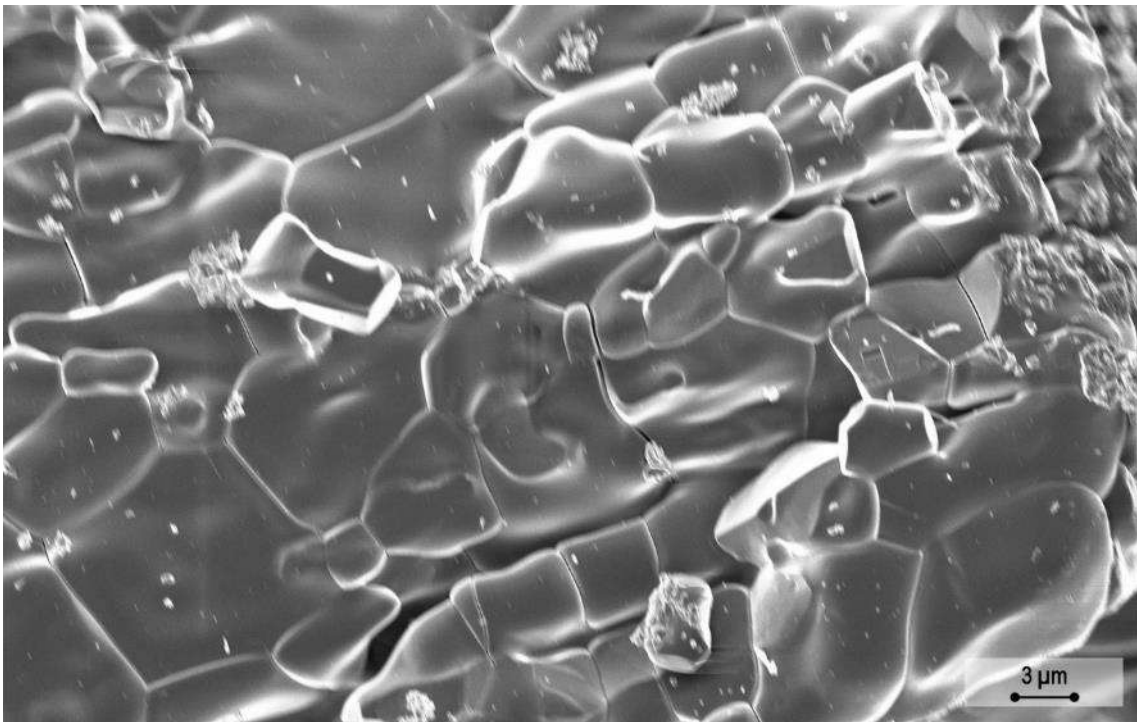
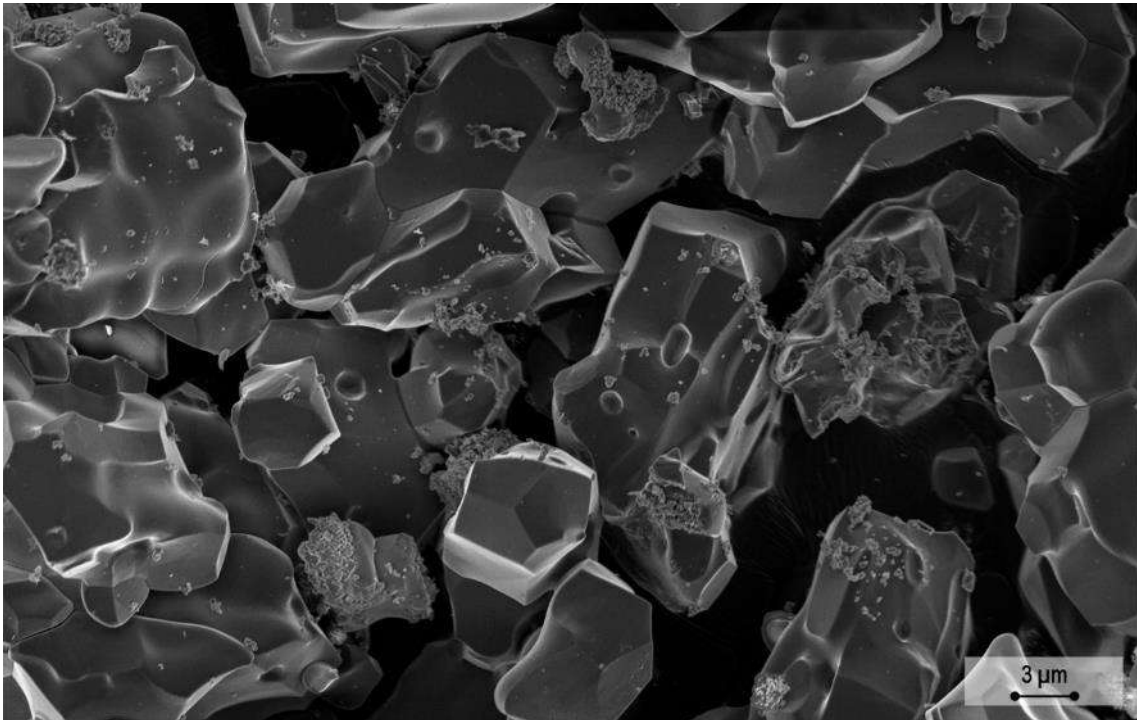


Figura-Material Complementario 24. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 1000°C.

Se observan los cristales con morfología suavizada y bordes redondeados debido a la sinterización, y de mayor tamaño.

14) T1100:



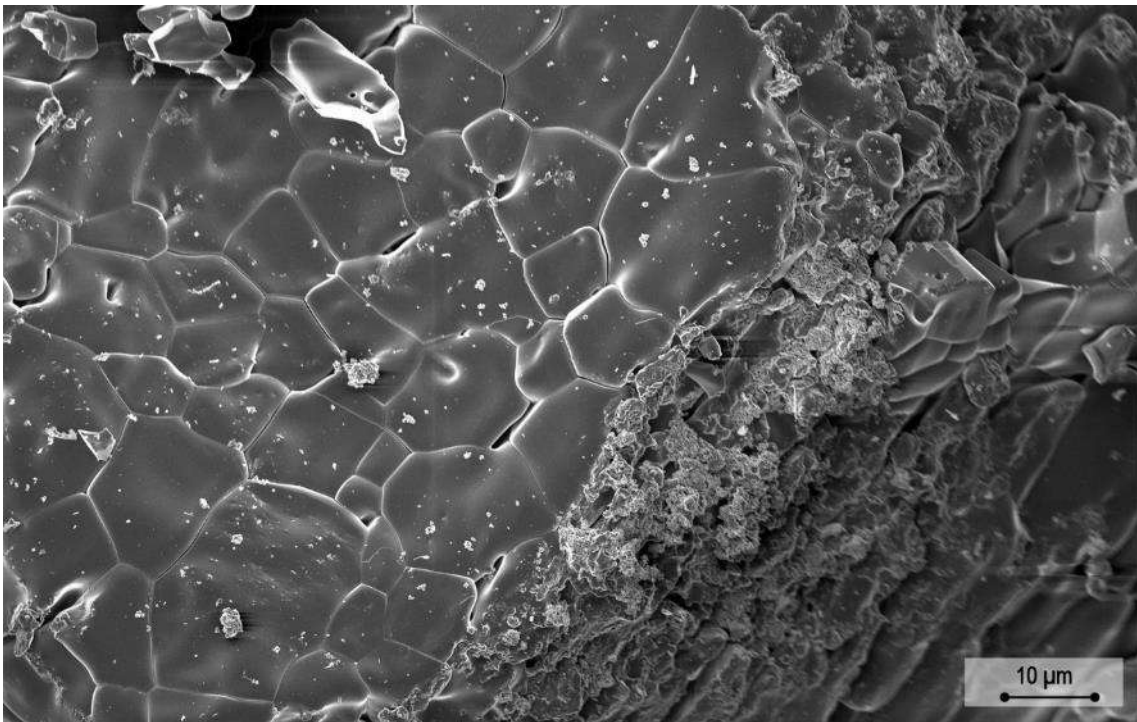
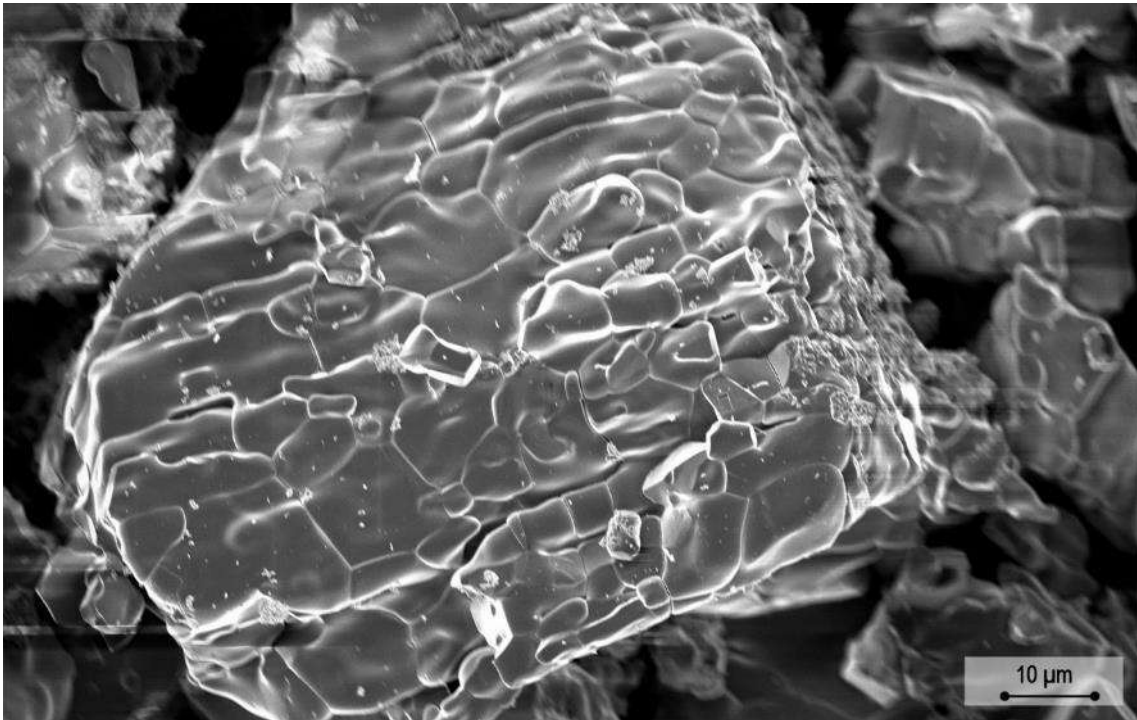
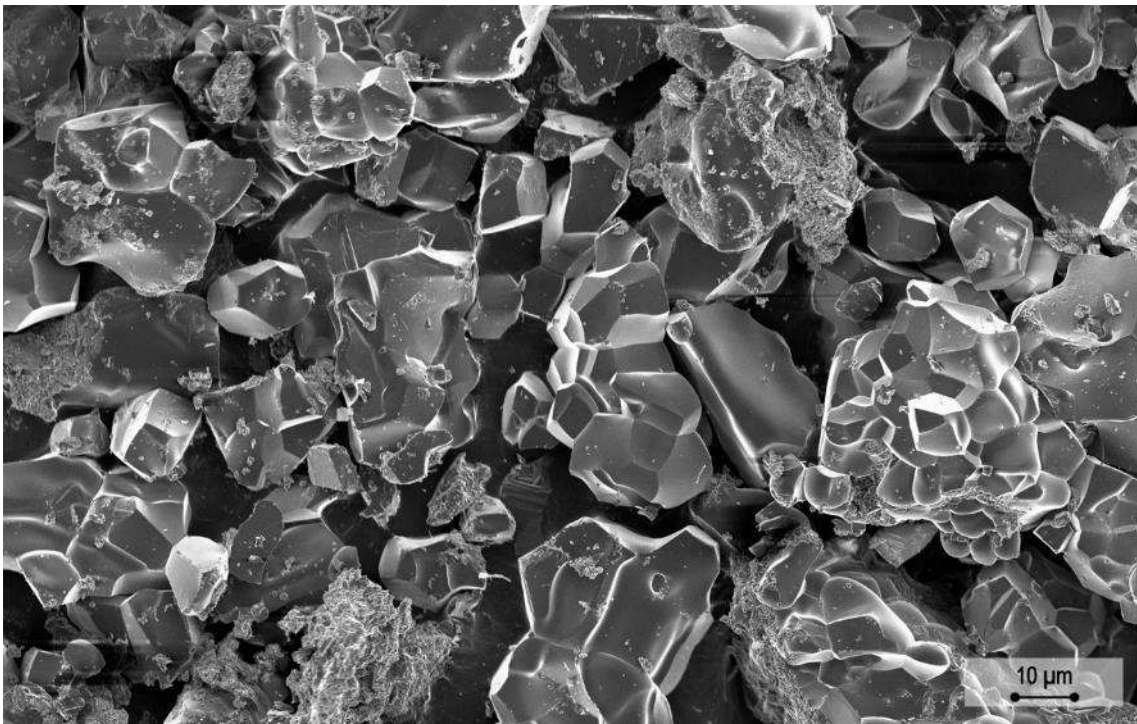
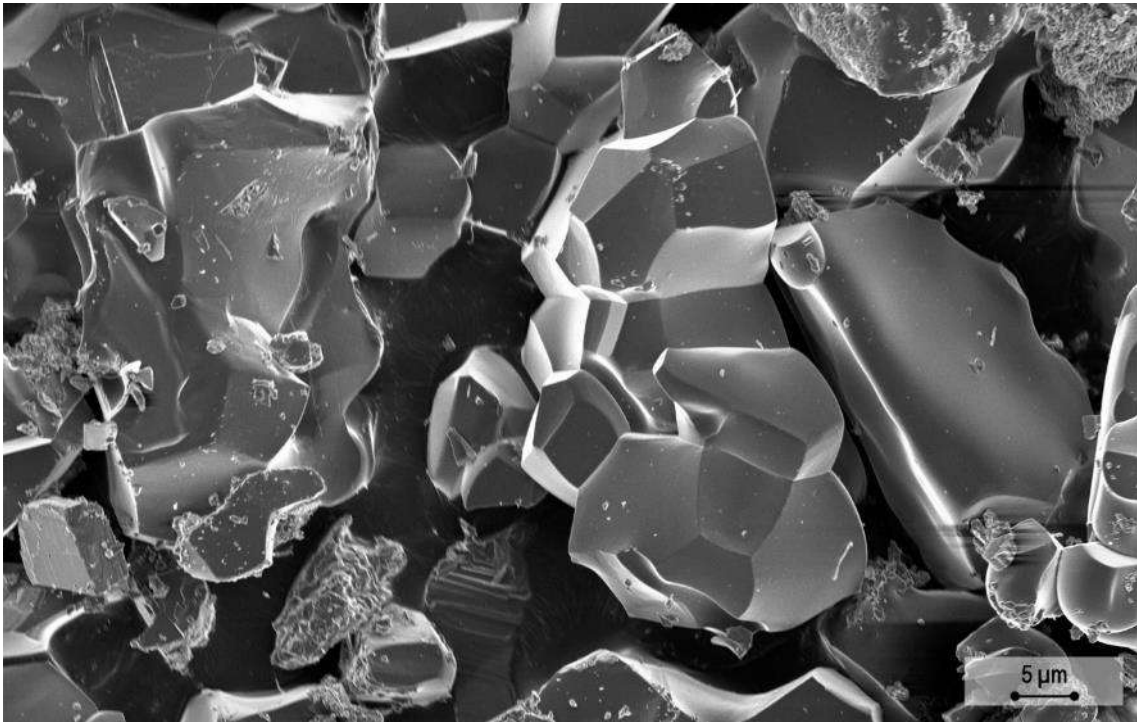


Figura-Material Complementario 25. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 1100°C.

Se observan los cristales con morfología suavizada y bordes redondeados debido a la sinterización, y de mayor tamaño.

15) T1200:



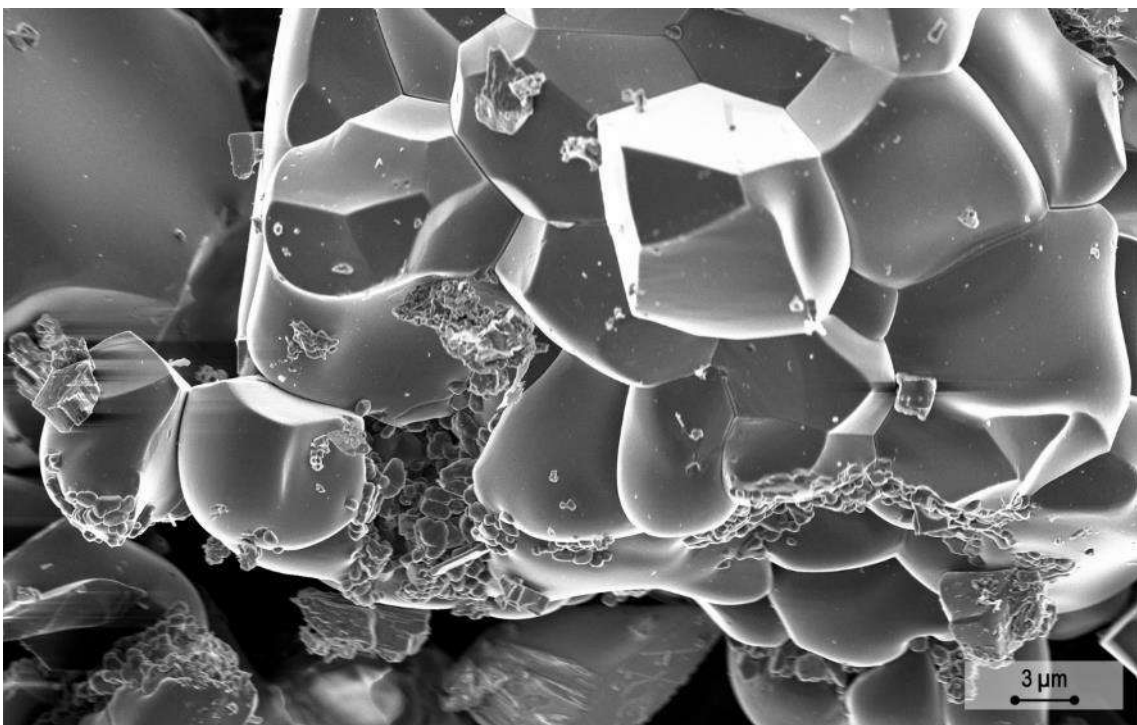
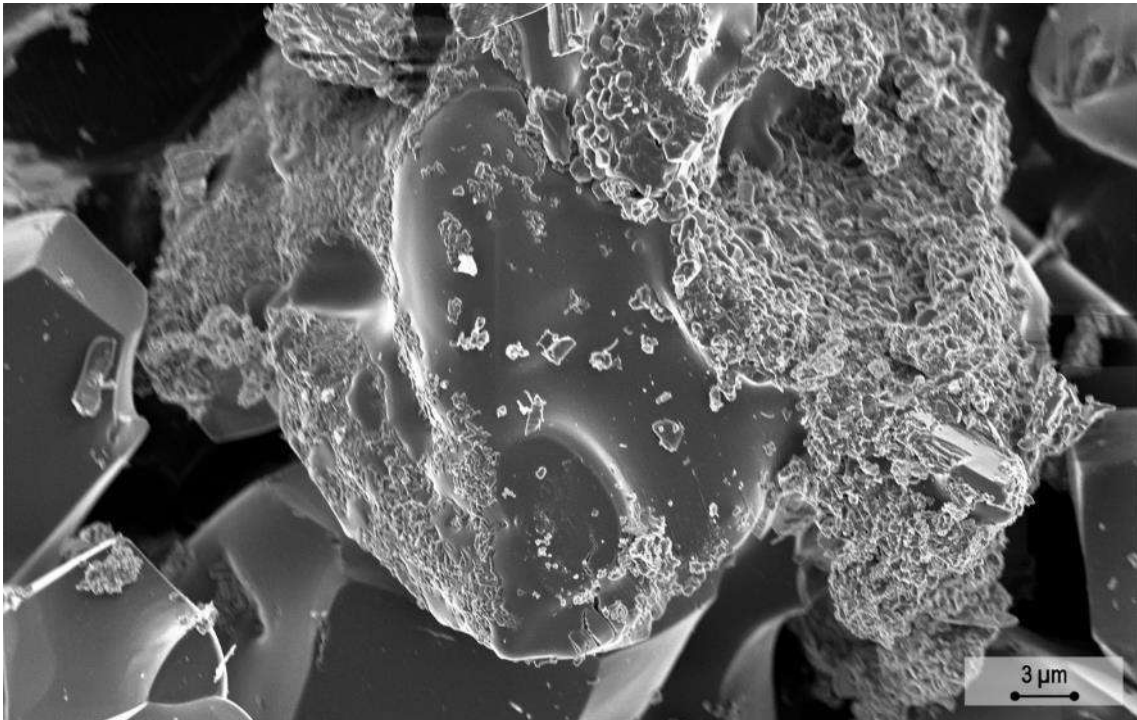
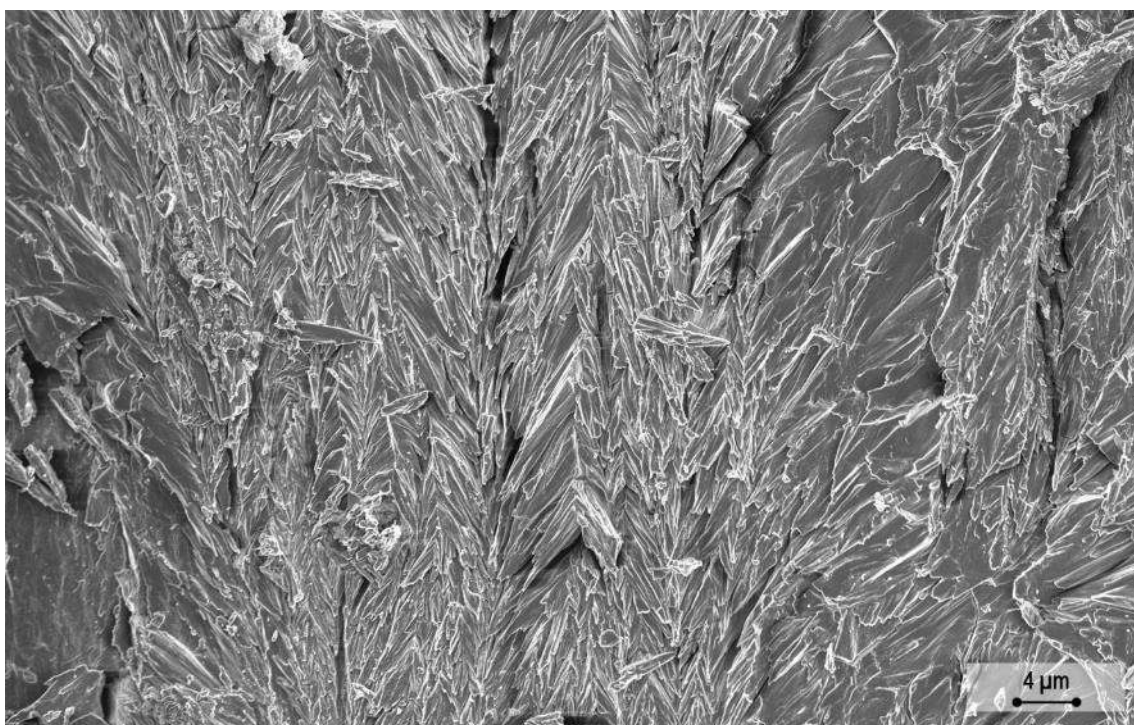
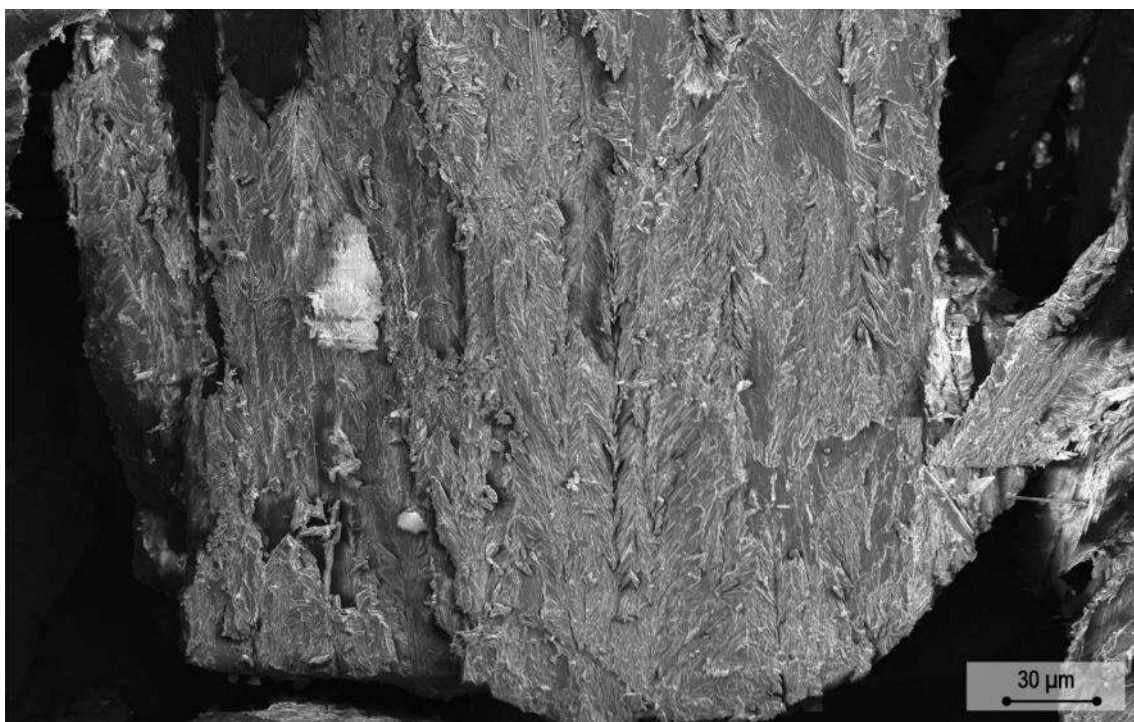


Figura-Material Complementario 26. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 1200°C.

Se observan los cristales con superficies suaves y bordes redondeados debido a la desintegración, pero se han desintegrado resultando en grandes cristales de anhidrita disgregados y separados.

Muestras de yeso tras las cocciones tradicionales experimentales

1) AA:



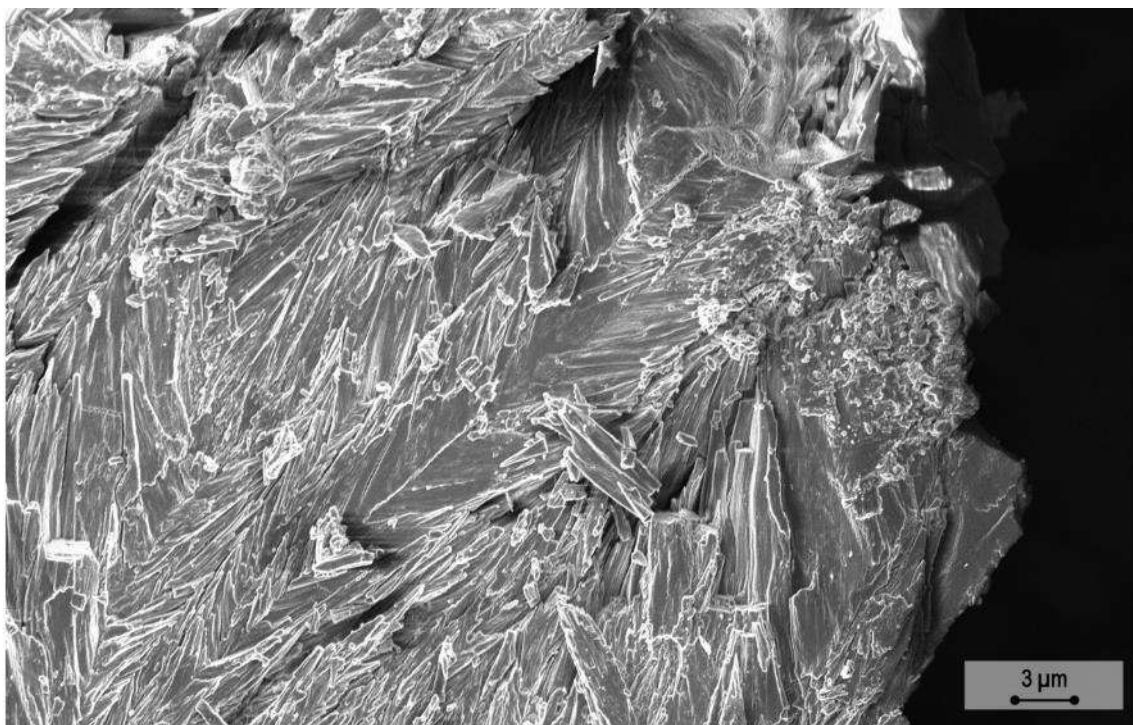
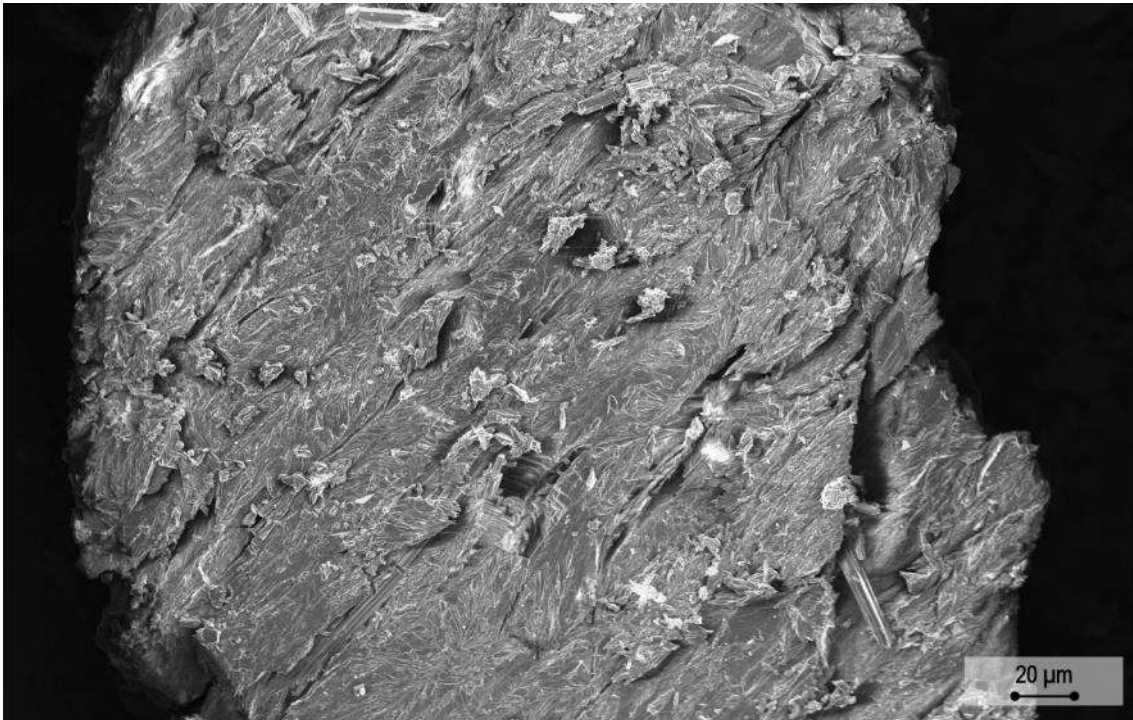
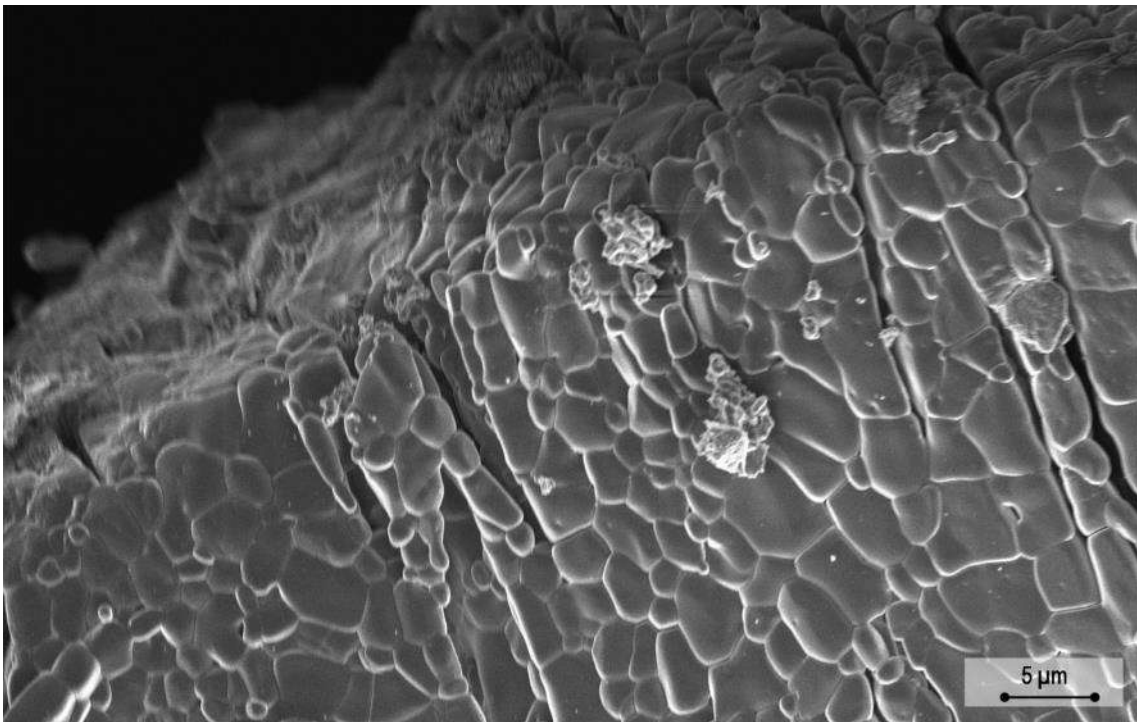
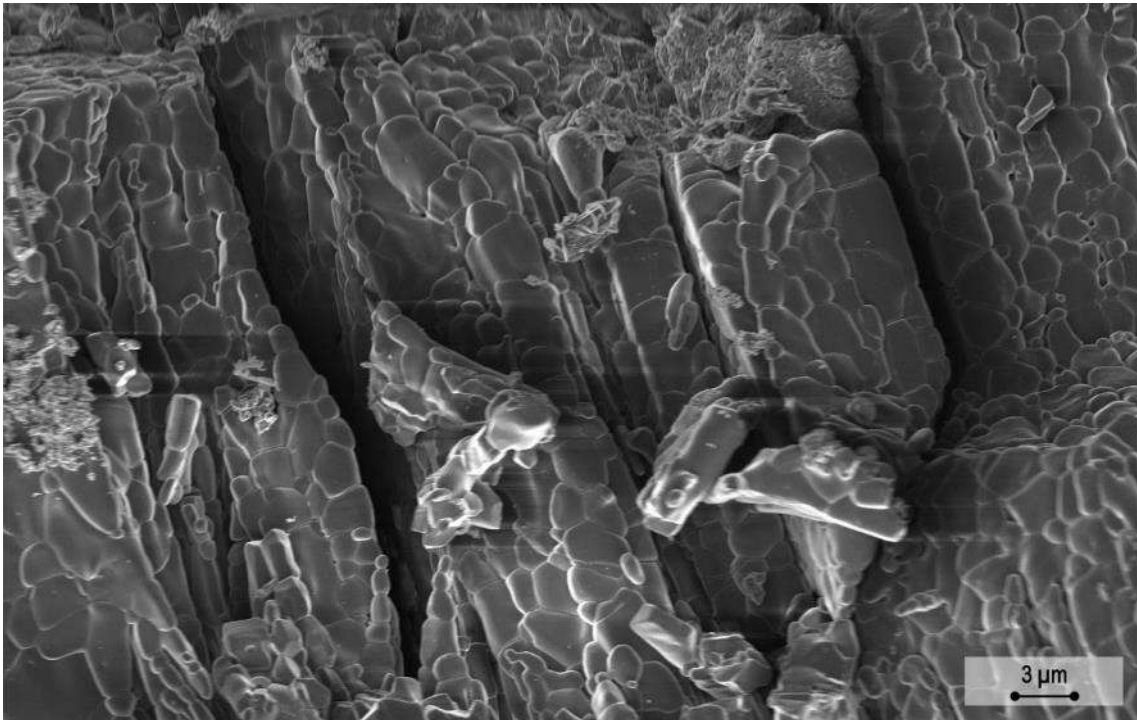


Figura-Material Complementario 27. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Albarracín, zona alta o caramullo.

Se aprecia la estructura cristalina propia de la anhidrita pero de una manera fragmentada, habiéndose generado nuevas agujas con forma pronunciada presentes en toda la muestra.

2) AM:



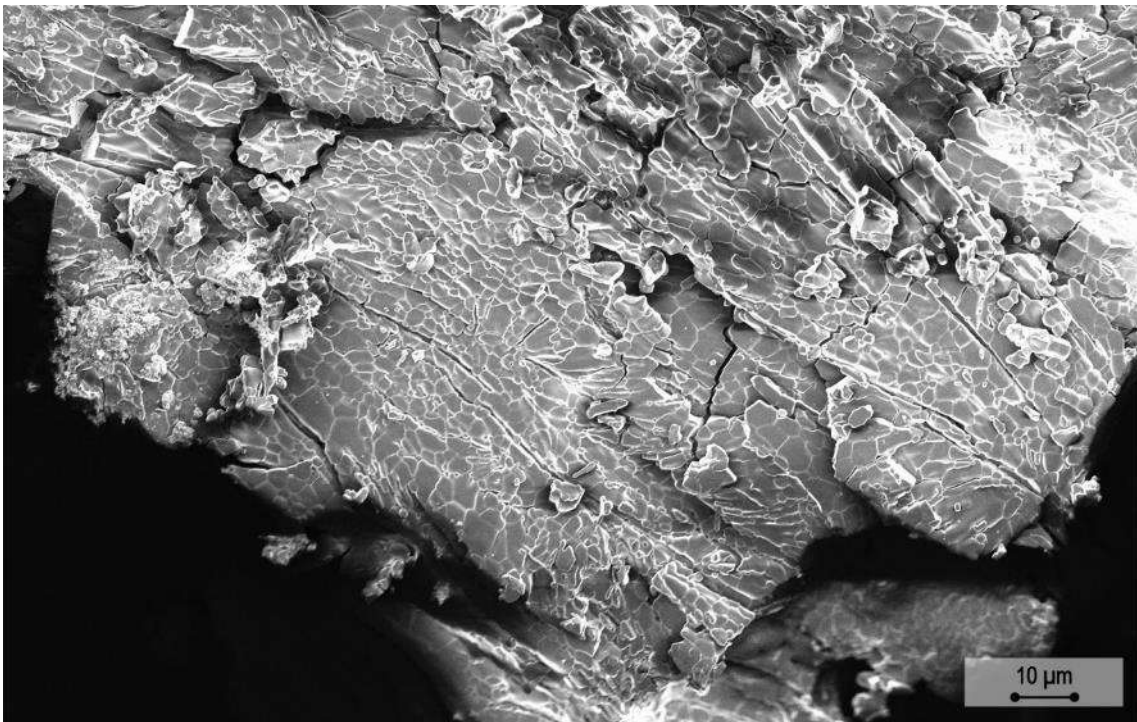
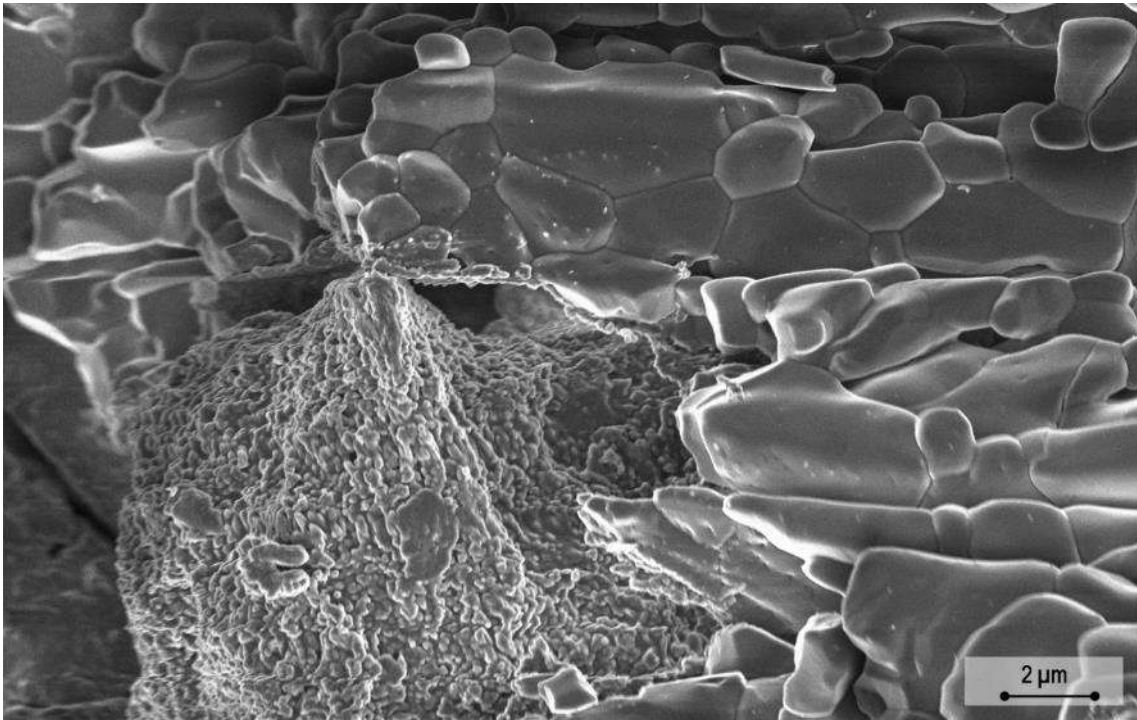
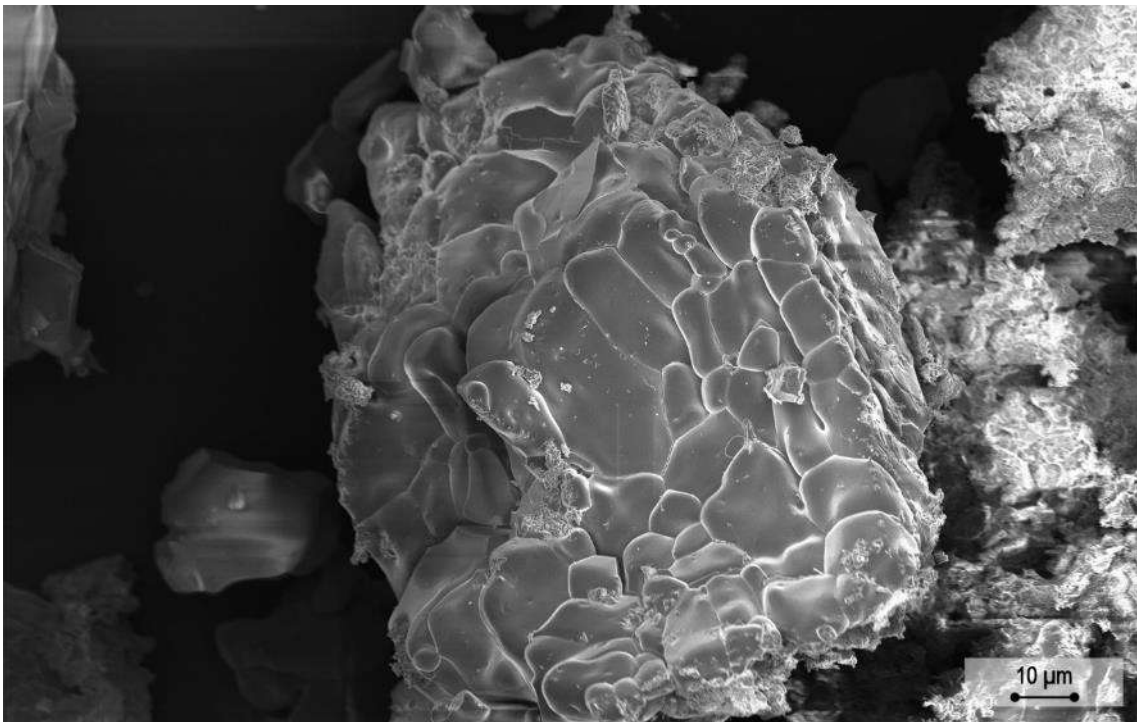
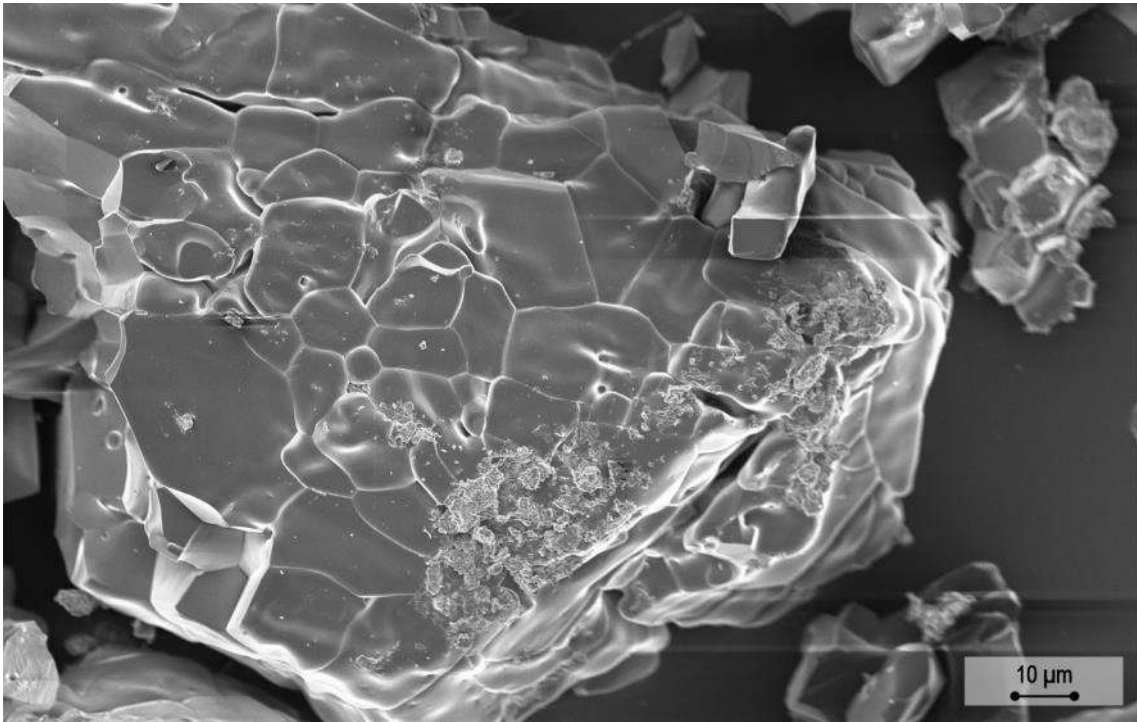


Figura-Material Complementario 28. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Albarracín, zona media.

Se aprecia una suavización en las formas de las agujas propias de la anhidrita debido a la sinterización, observándose cristales con bordes redondeados.

3) AB:



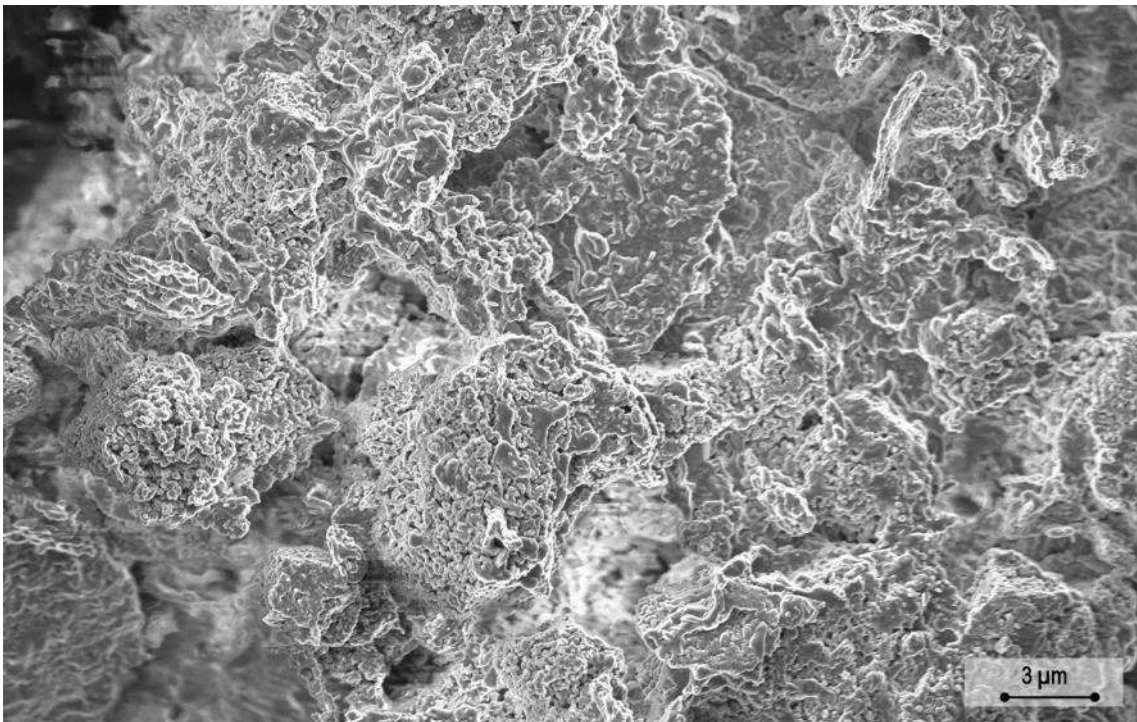
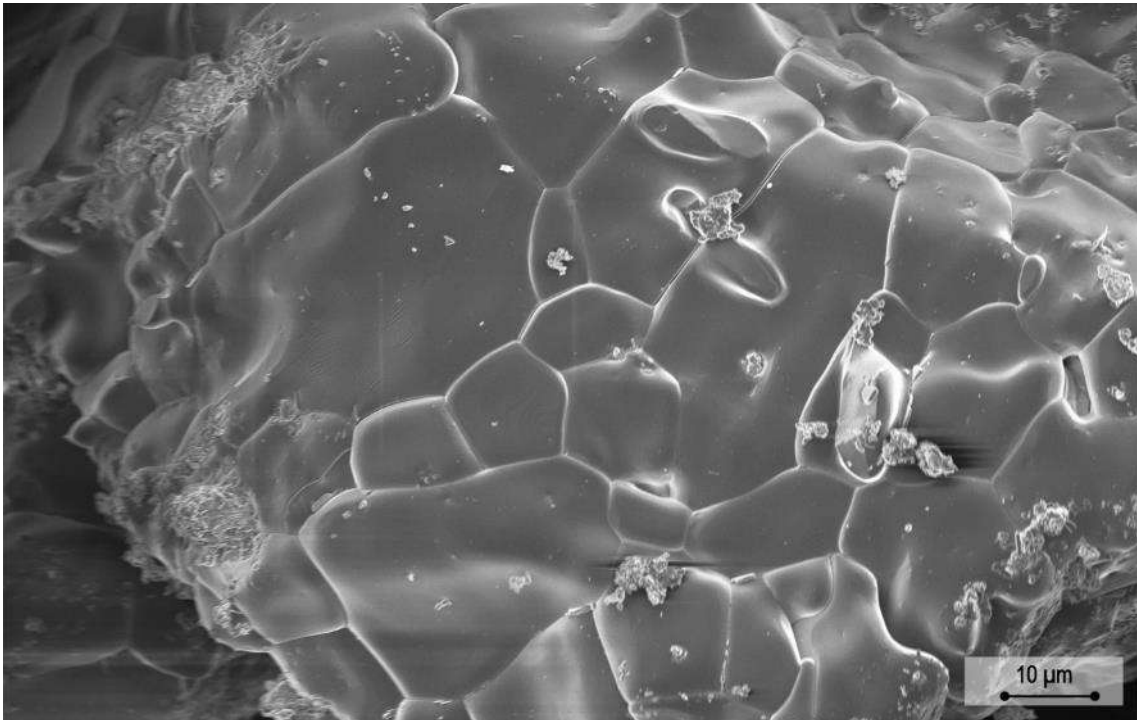
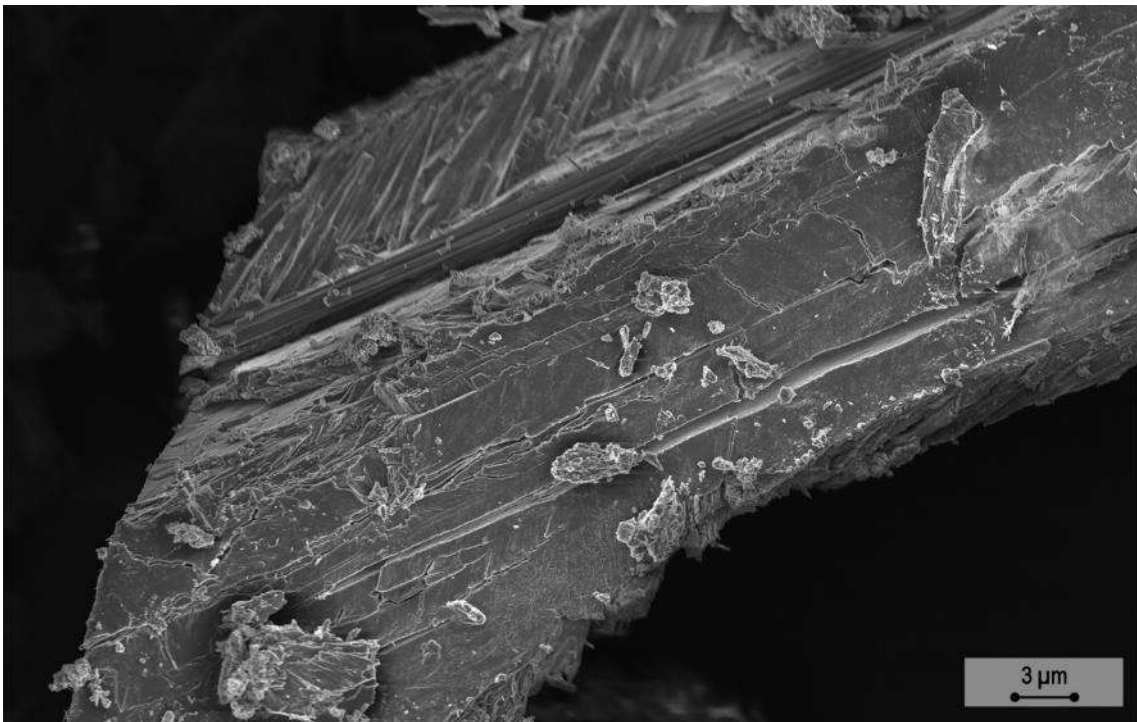
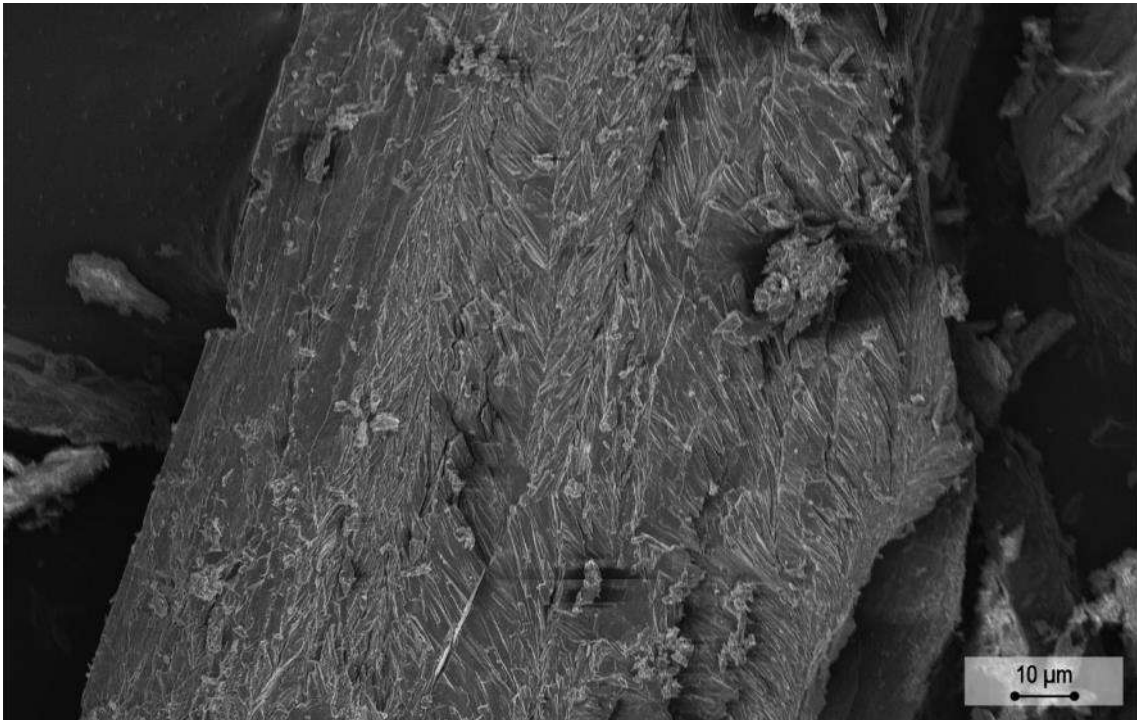


Figura-Material Complementario 29. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Albarracín, zona baja o boca.

La sinterización se hace más evidente, mostrando claramente unas formas suaves con bordes redondeados que implican una temperatura de cocción mayor.

4) NA:



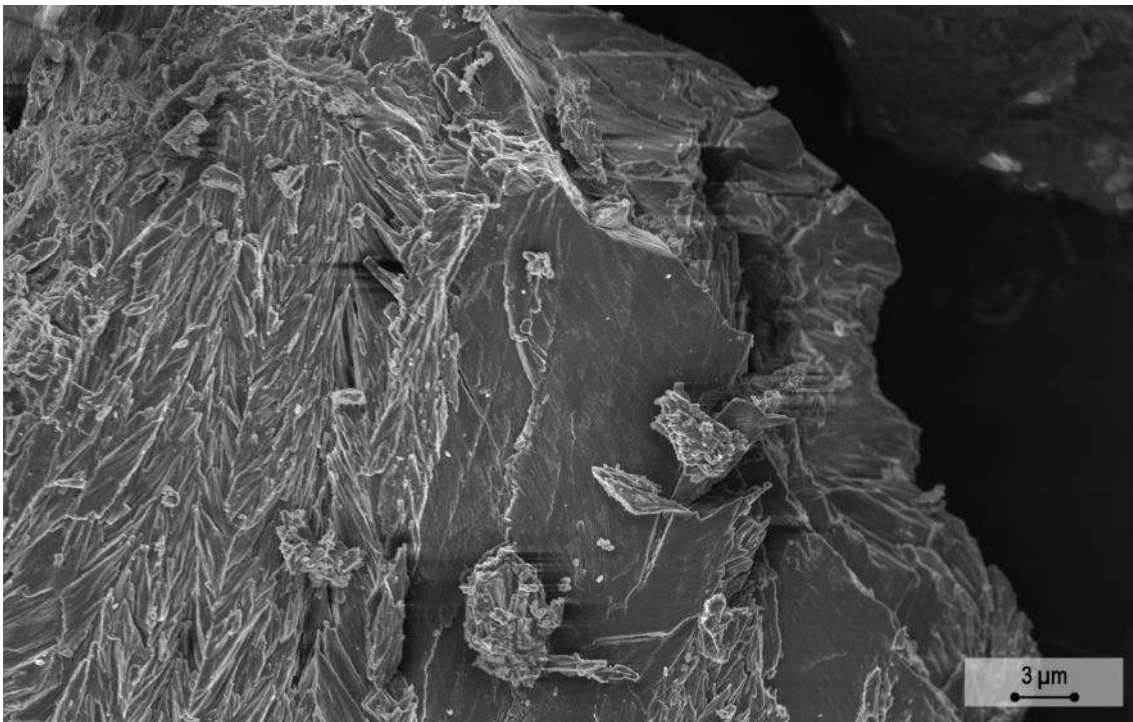
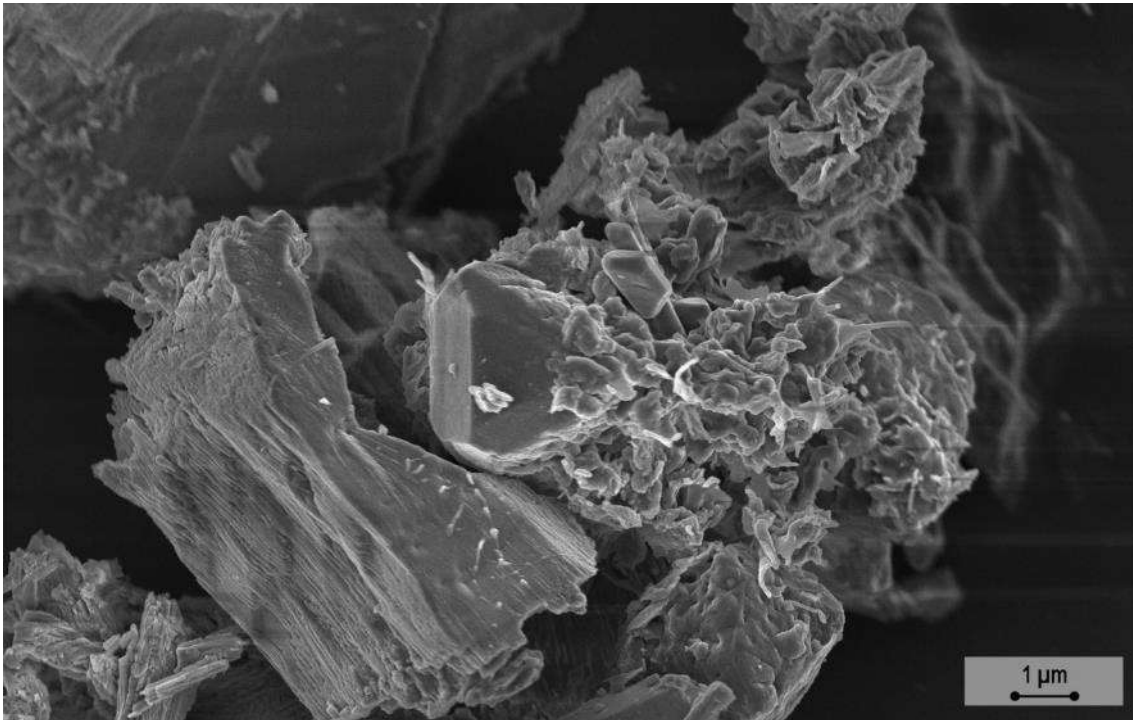
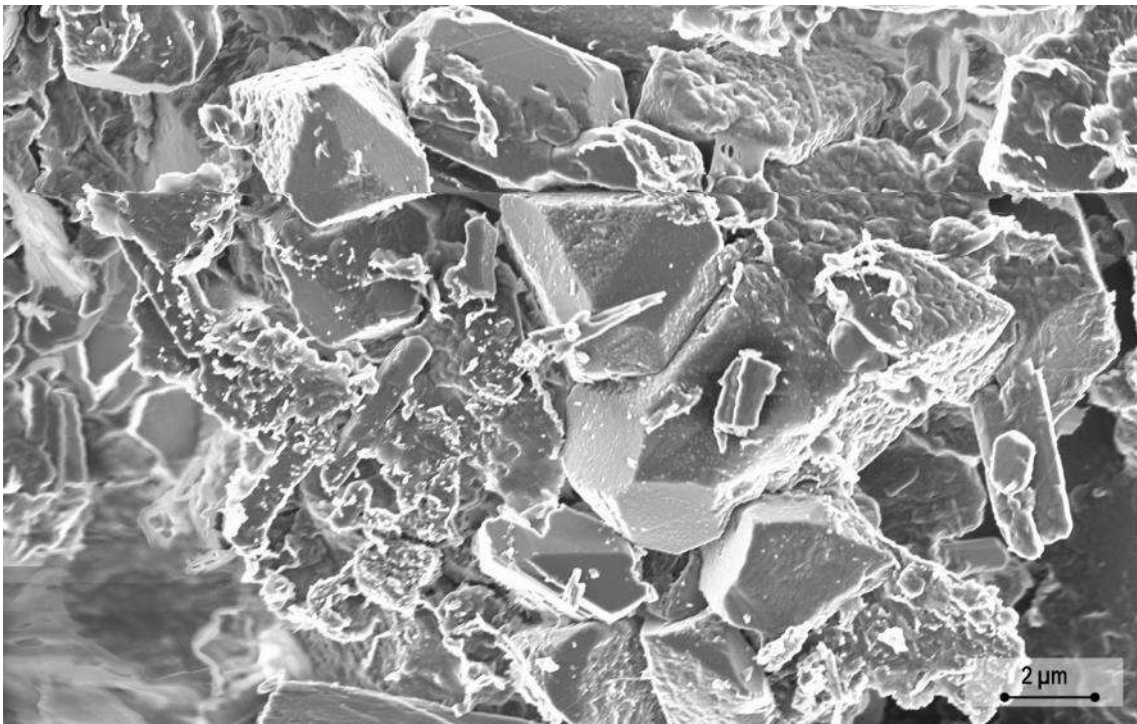
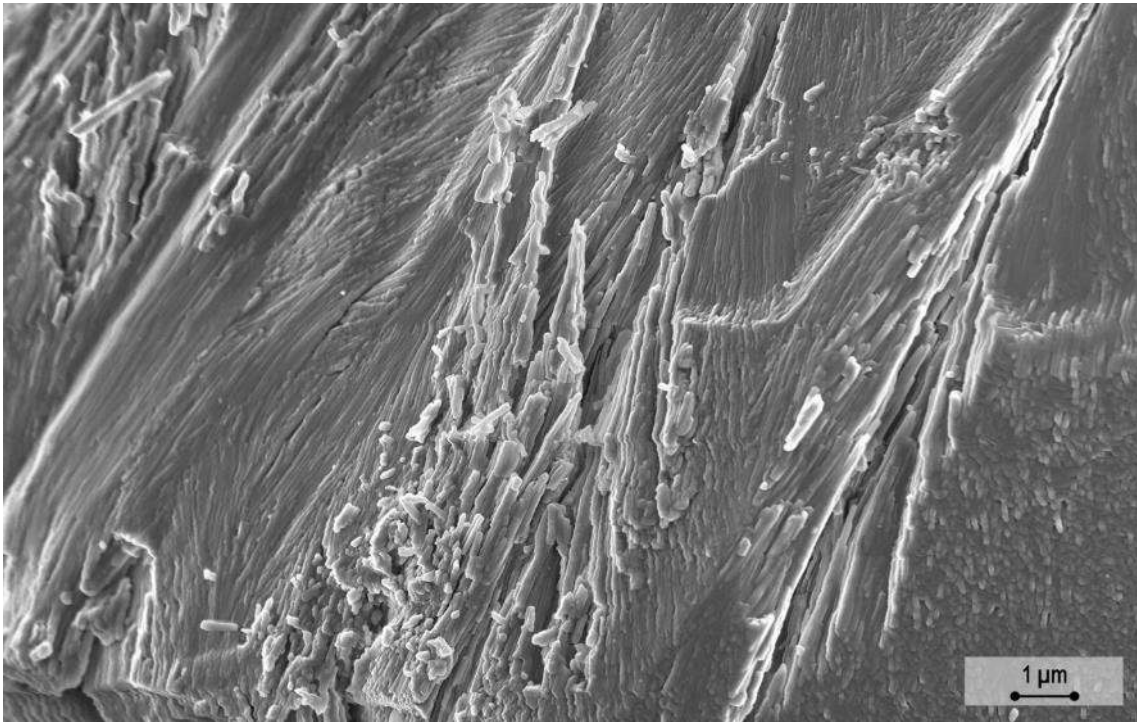


Figura-Material Complementario 30. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Navarrete, zona alta o caramullo.

Se pueden observar cristales con morfología de hábito acicular propia de la anhidrita, pero además con la presencia de la morfología típica de placa con caras {010} o láminas propio del yeso sin cocer.

5) NM:



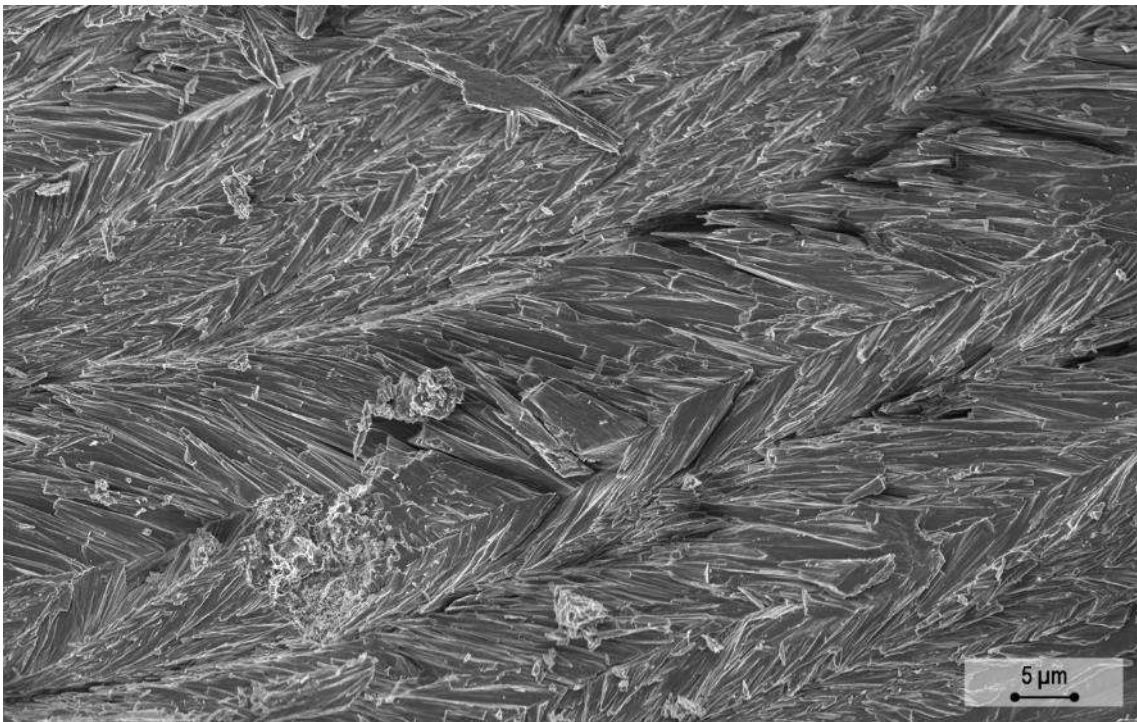
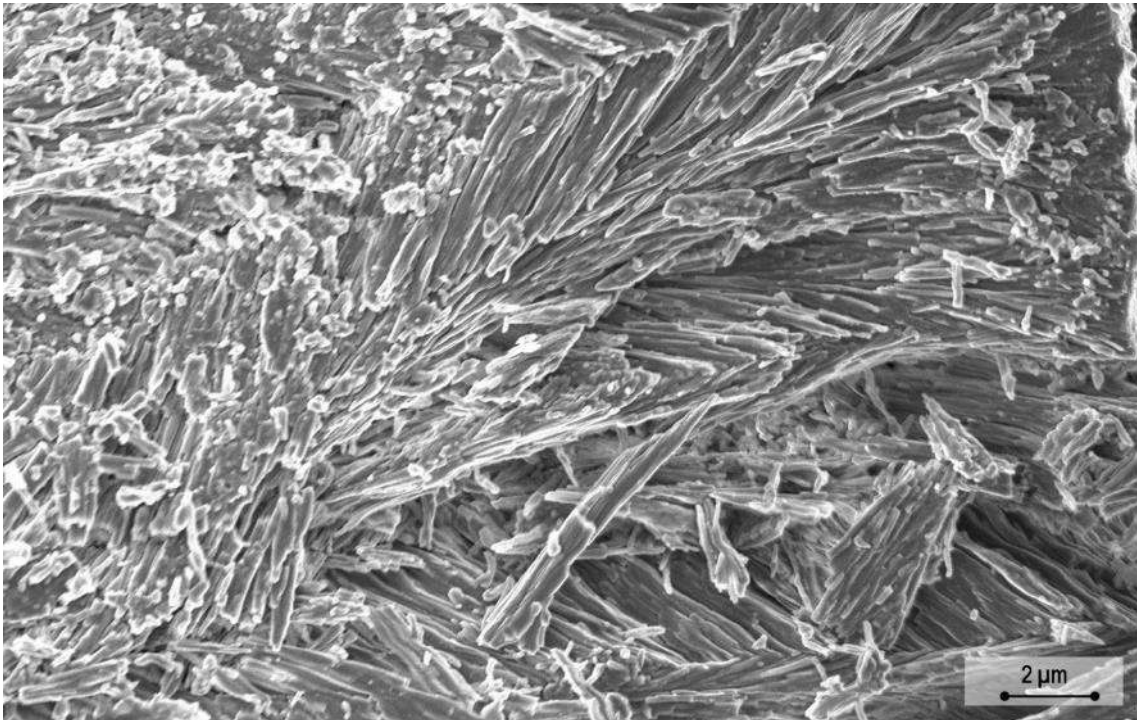
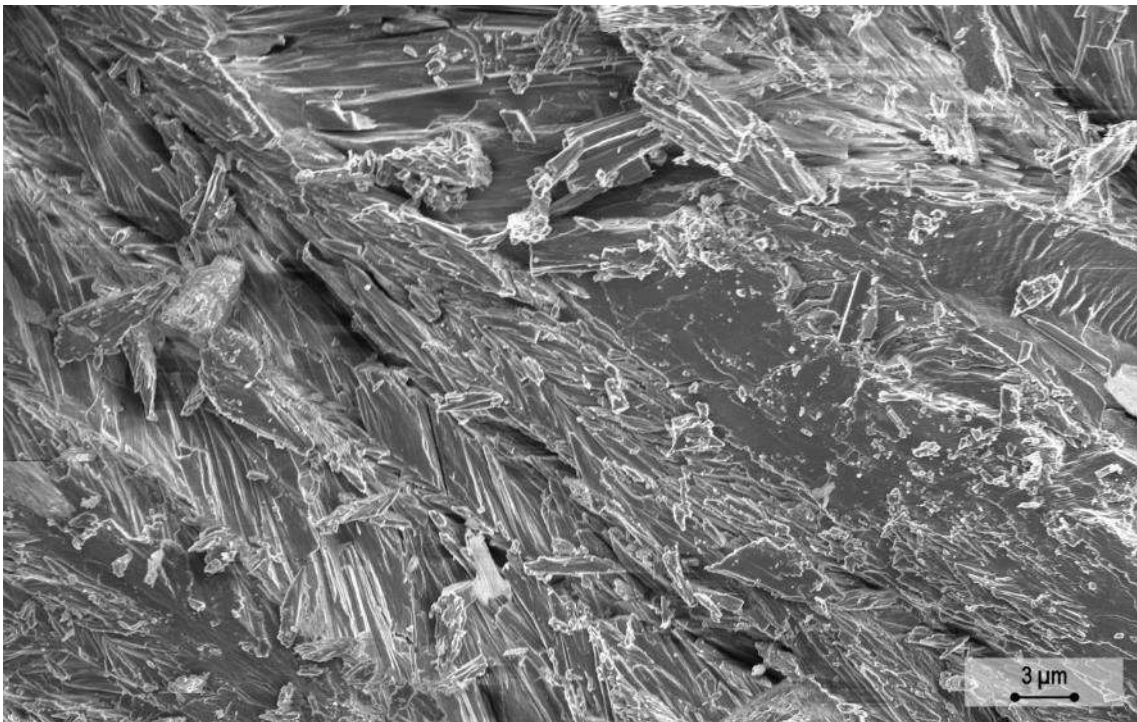
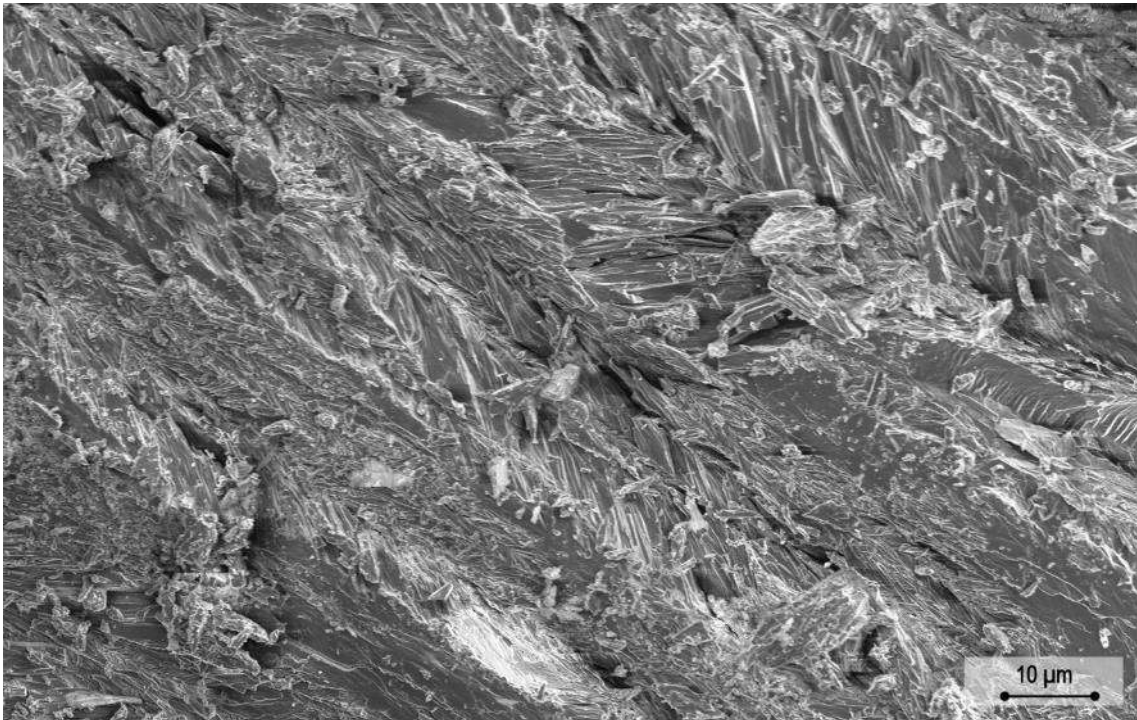


Figura-Material Complementario 31. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Navarrete, zona media.

Se observa la formación de abundantes agujas de manera fragmentada, sin la presencia de caras de morfología de placa.

6) NB:



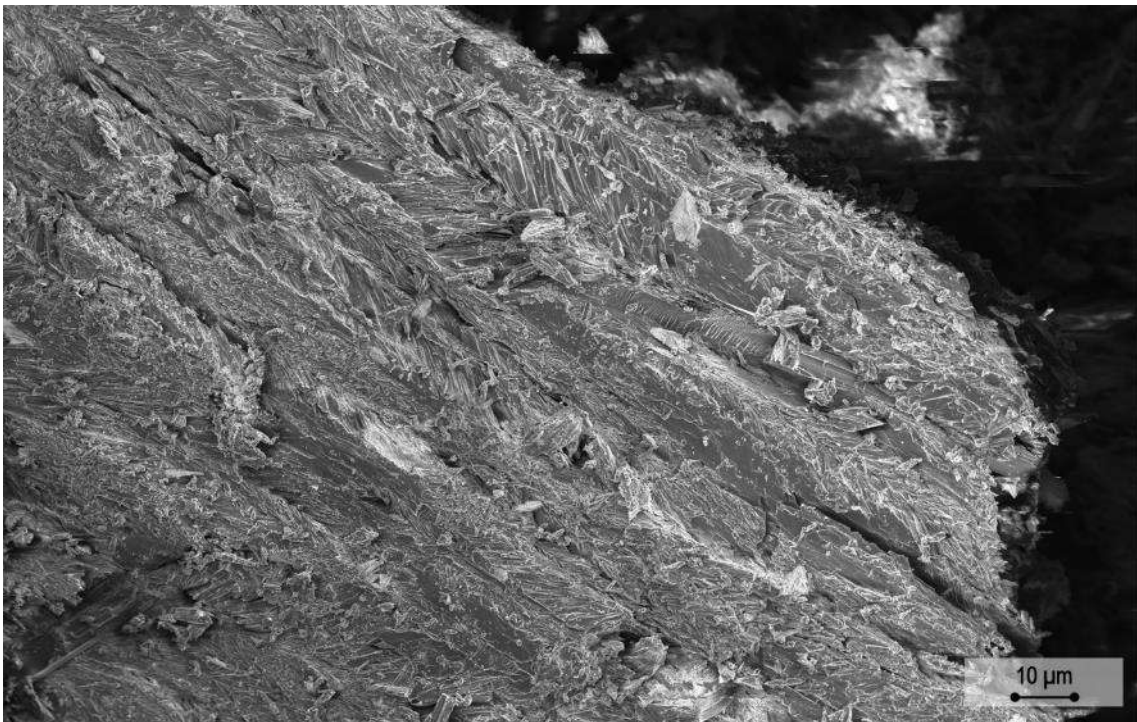
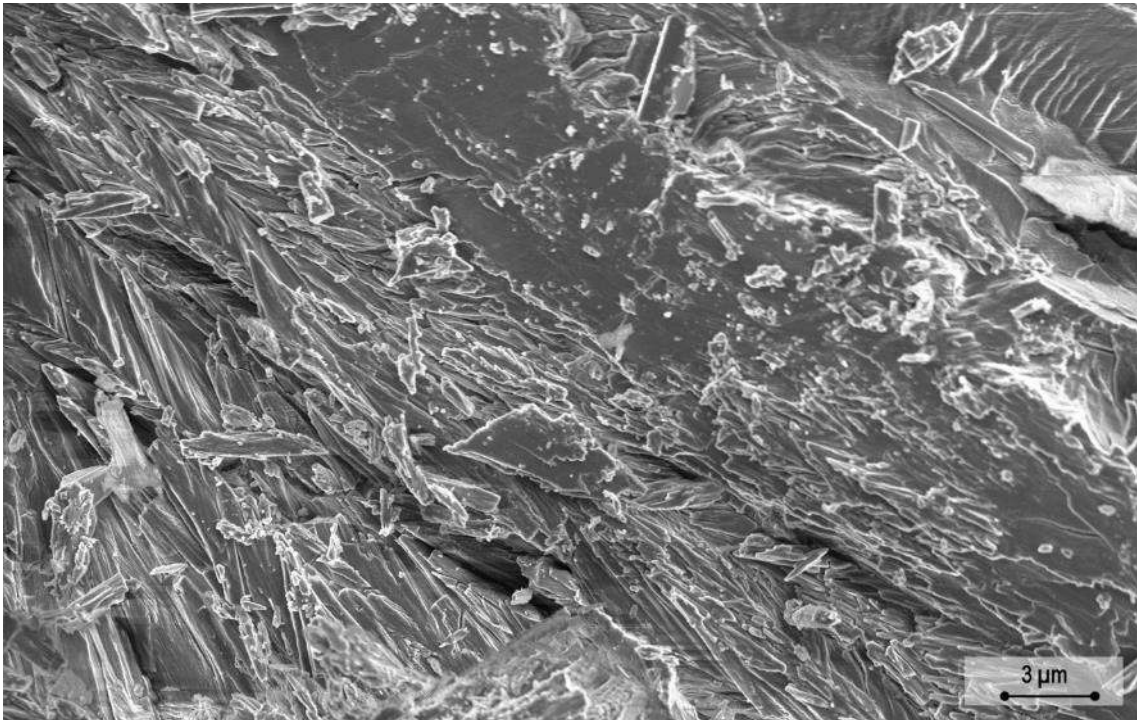
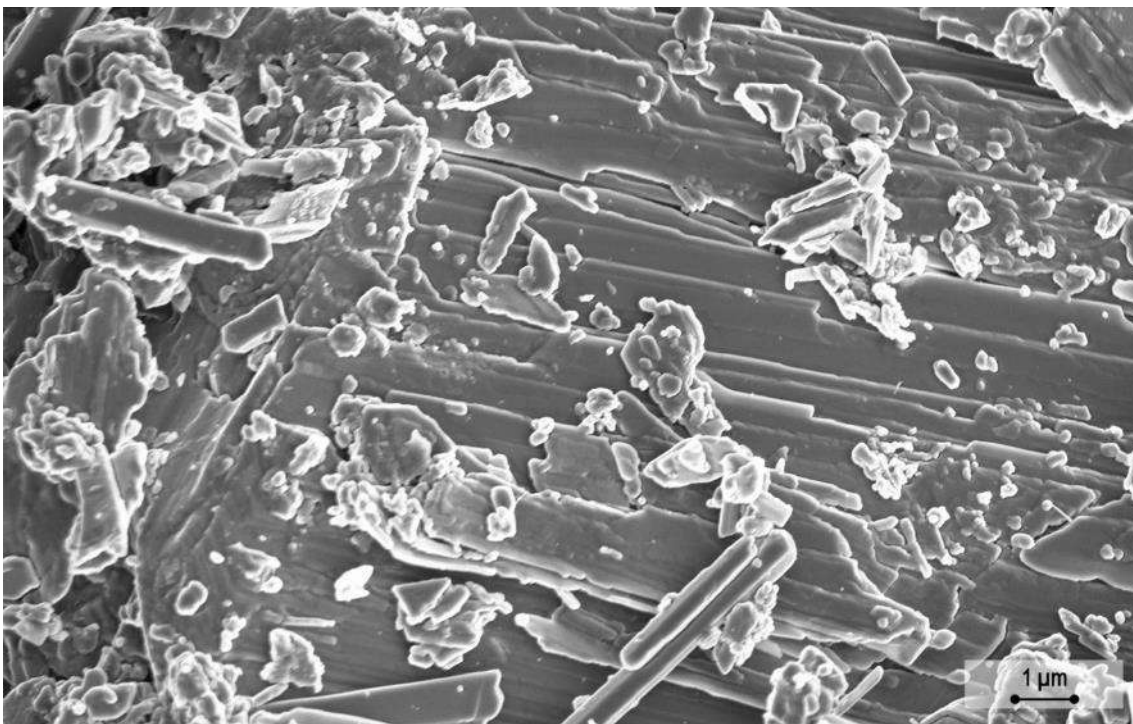
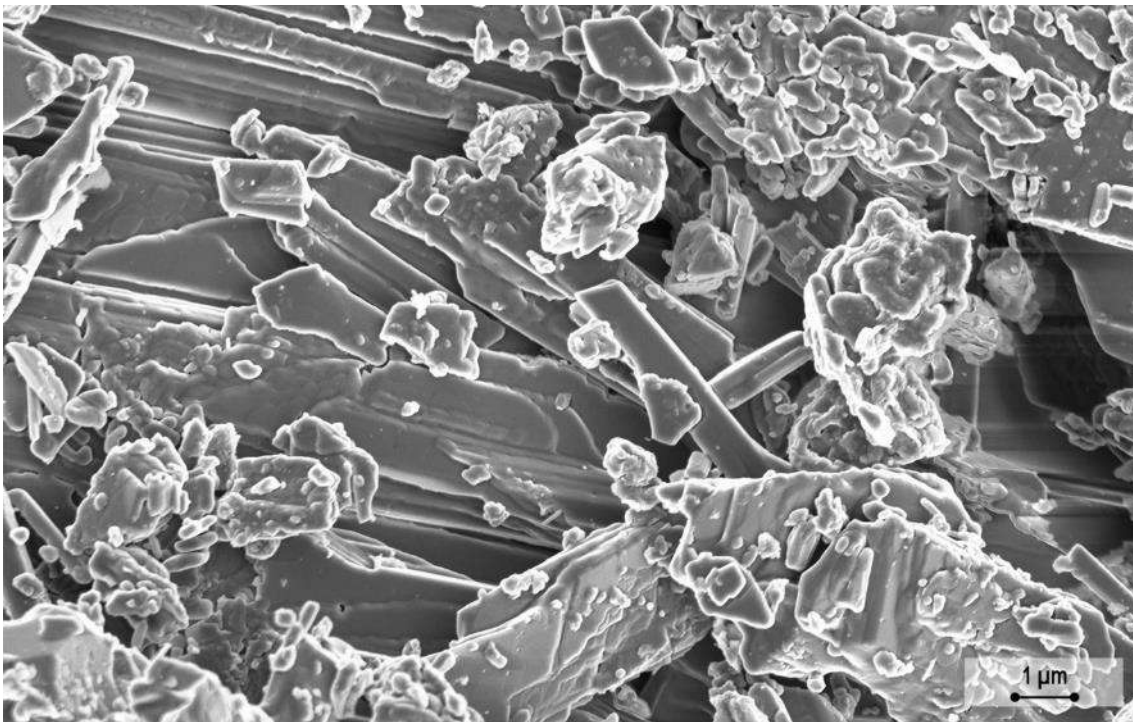


Figura-Material Complementario 32. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Navarrete, zona baja o boca.

Se observa la formación de abundantes agujas de manera fragmentada, sin haber alcanzado la temperatura suficiente como para observar los bordes redondeados provocados por la sinterización.

Muestras de yeso hidratado tras la cocción controlada en el horno de mufla

1) H100:



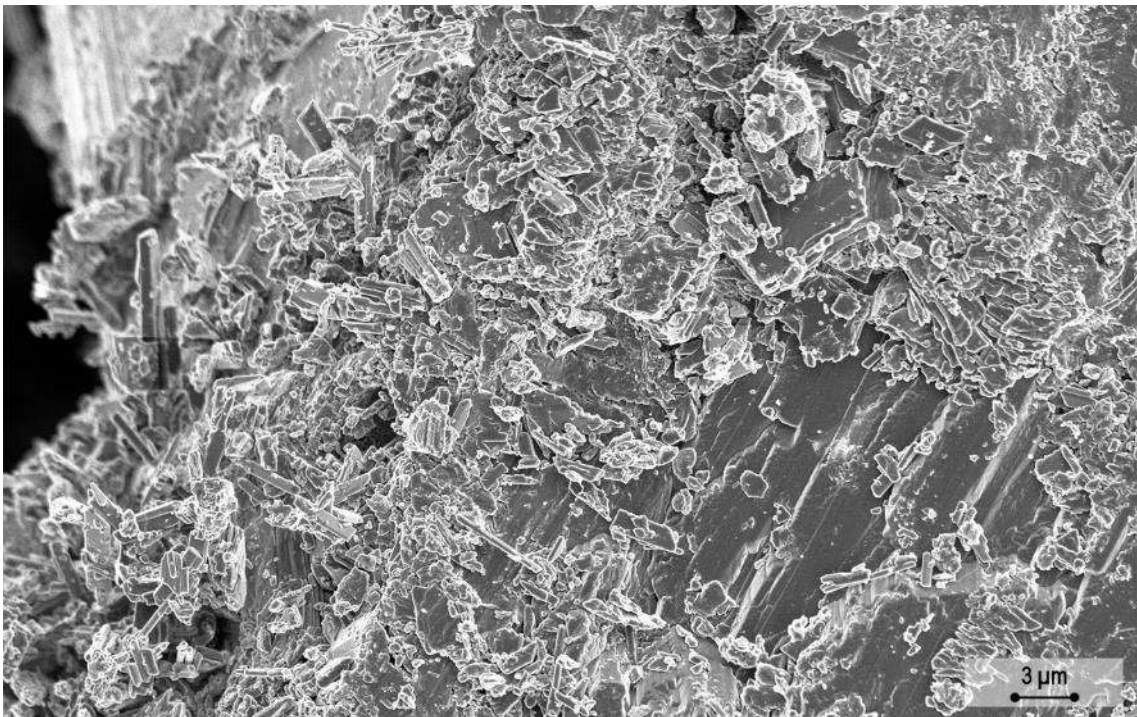
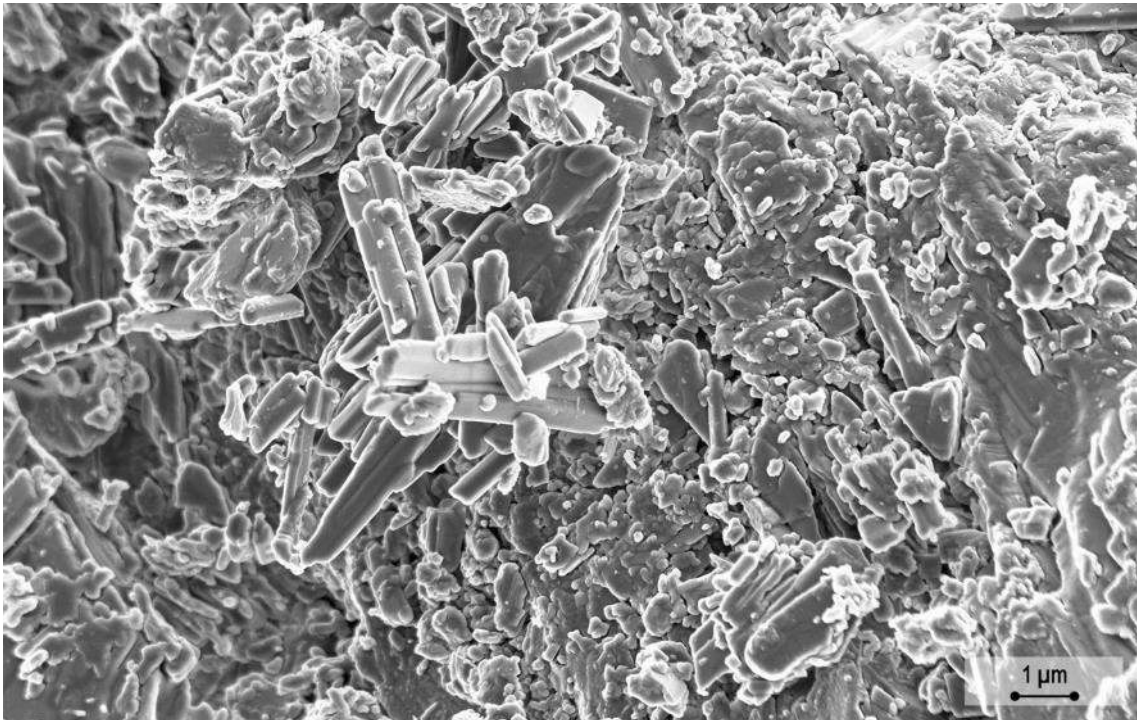
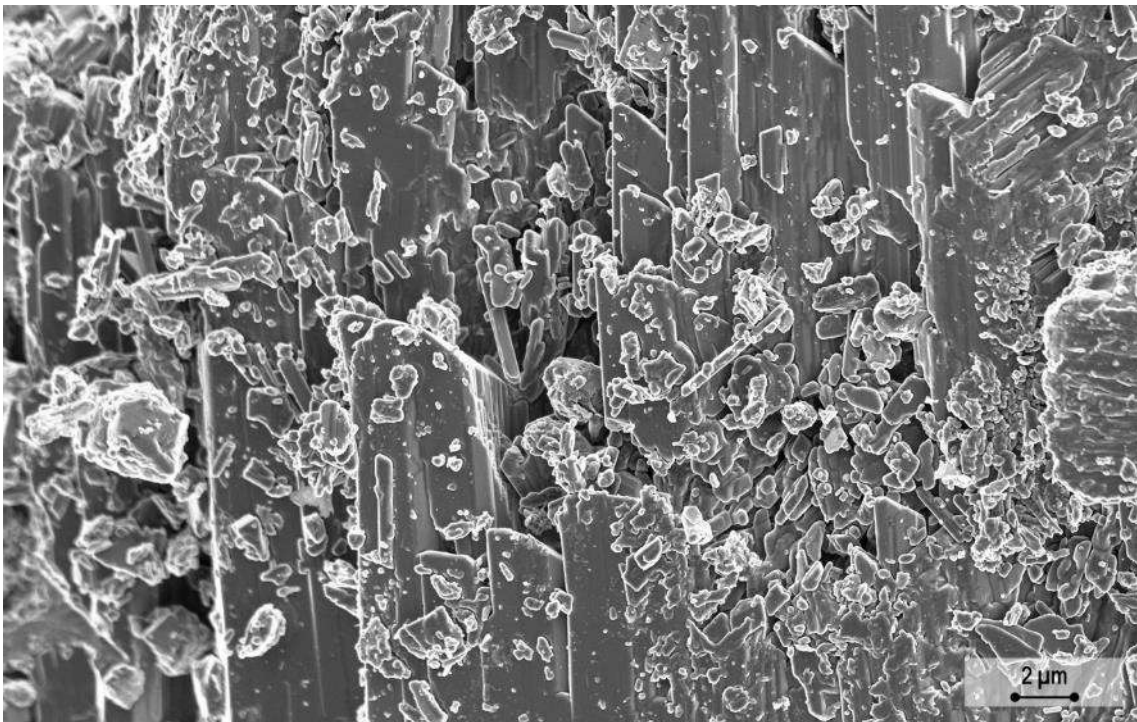
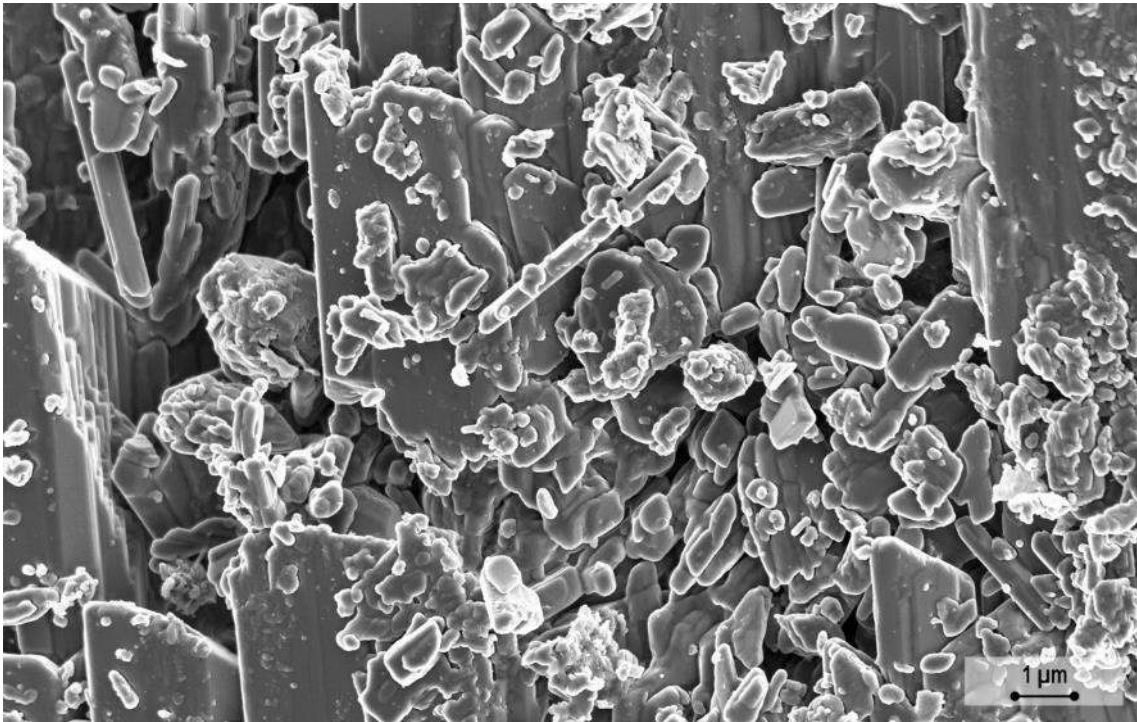


Figura-Material Complementario 33. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 100°C tras la hidratación.

Se observan pequeños cambios durante la hidratación, detectando solamente unos pocos cristales de yeso recién formados de pequeño tamaño.

2) H150:



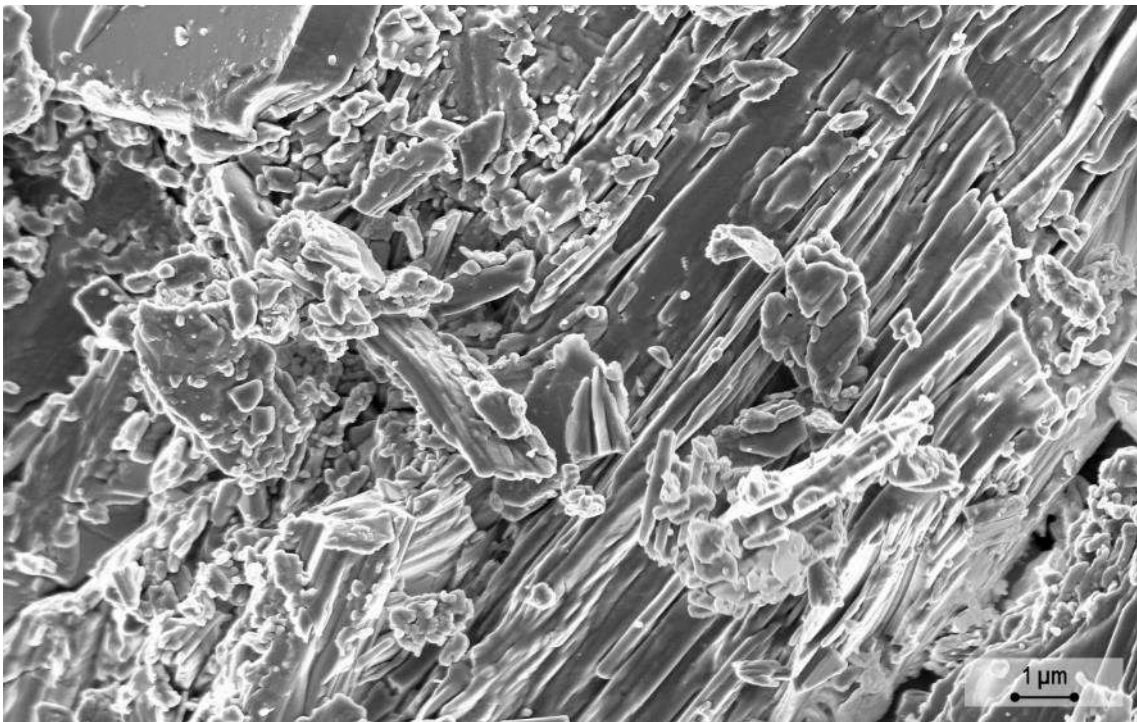
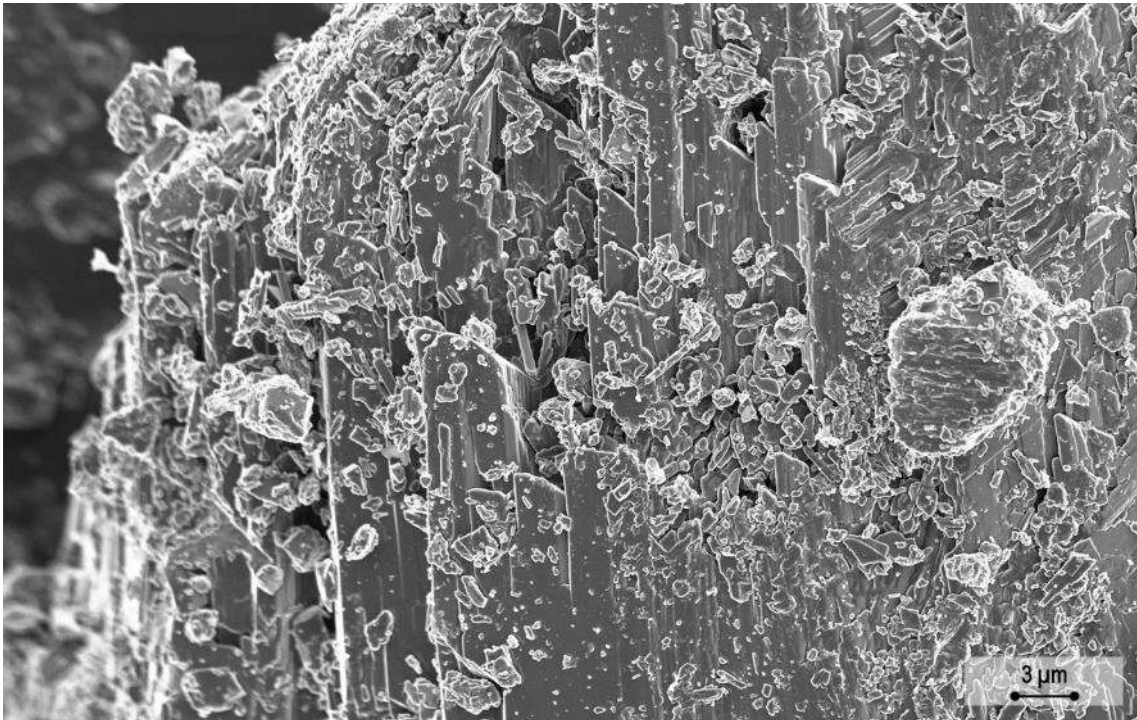
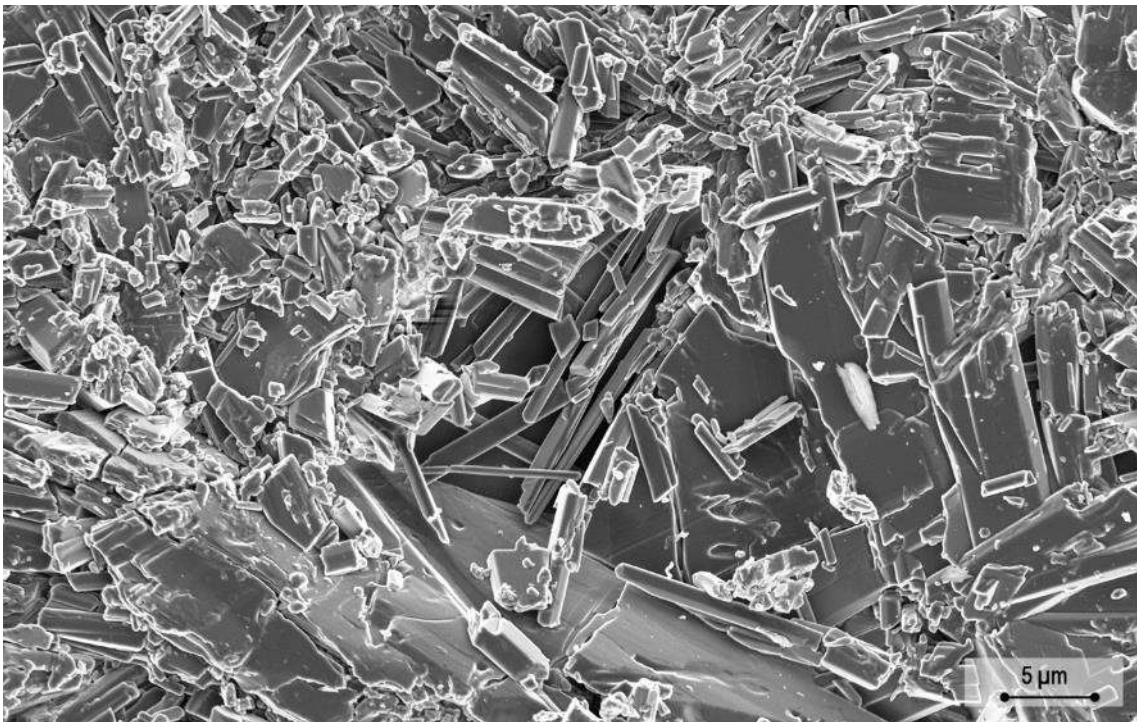
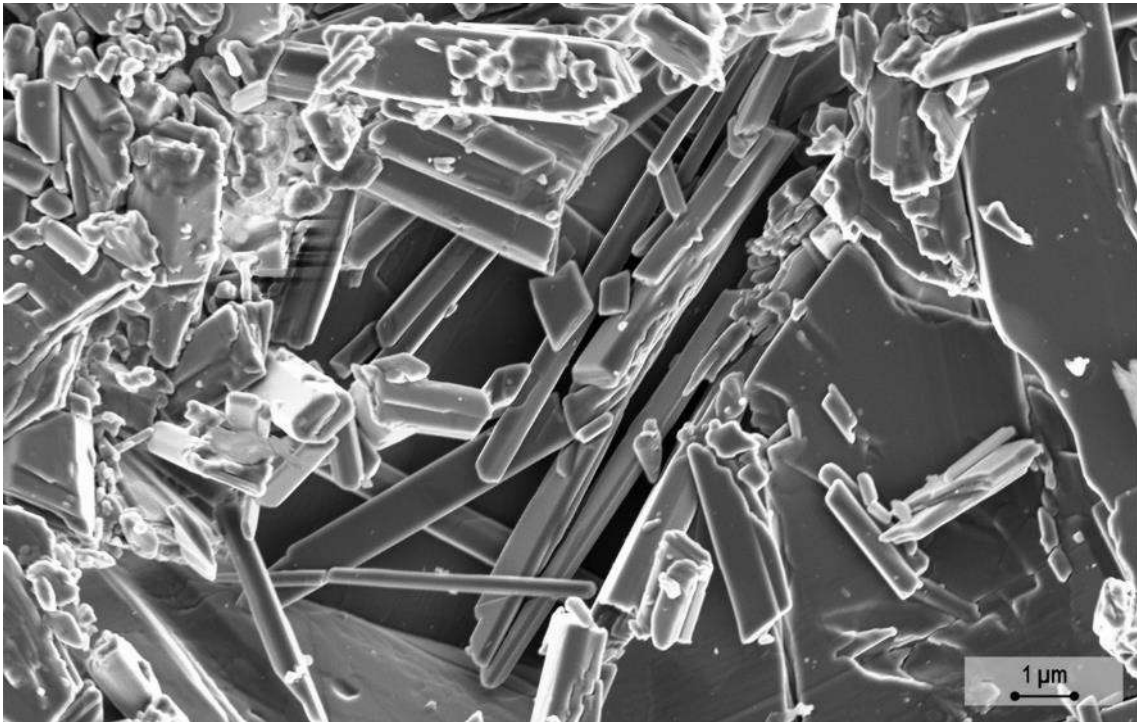


Figura-Material Complementario 34. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 150°C tras la hidratación.

Se observan pequeños cambios durante la hidratación, detectando solamente unos pocos cristales de yeso recién formados de pequeño tamaño.

3) H200:



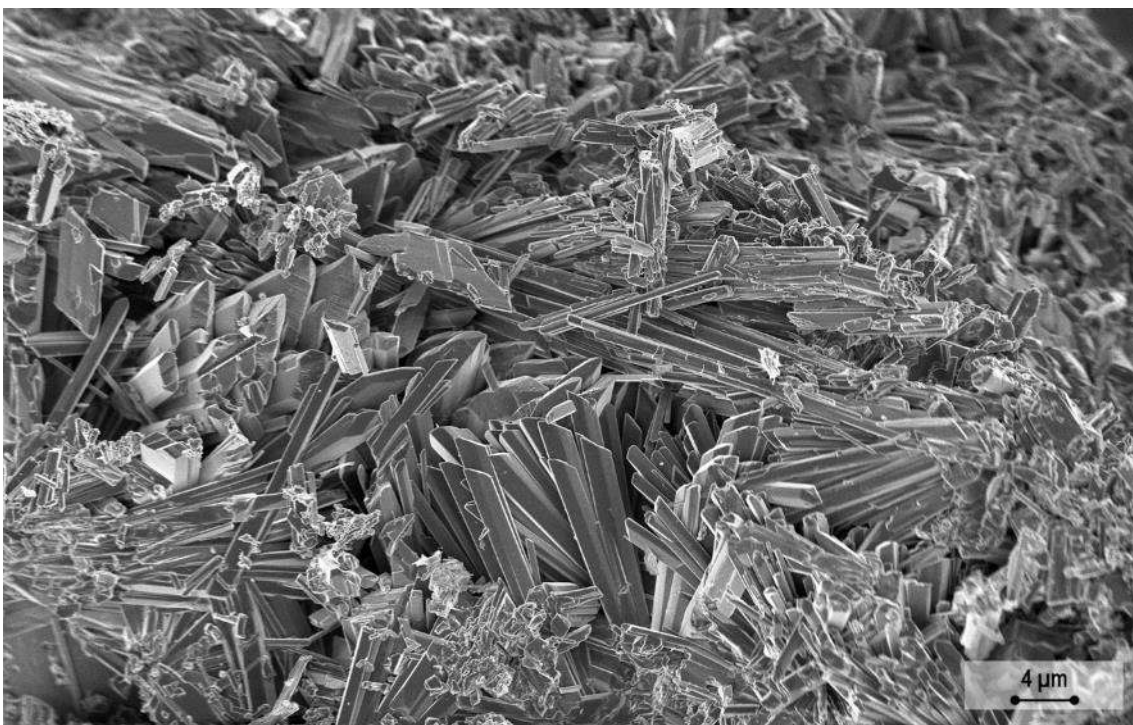
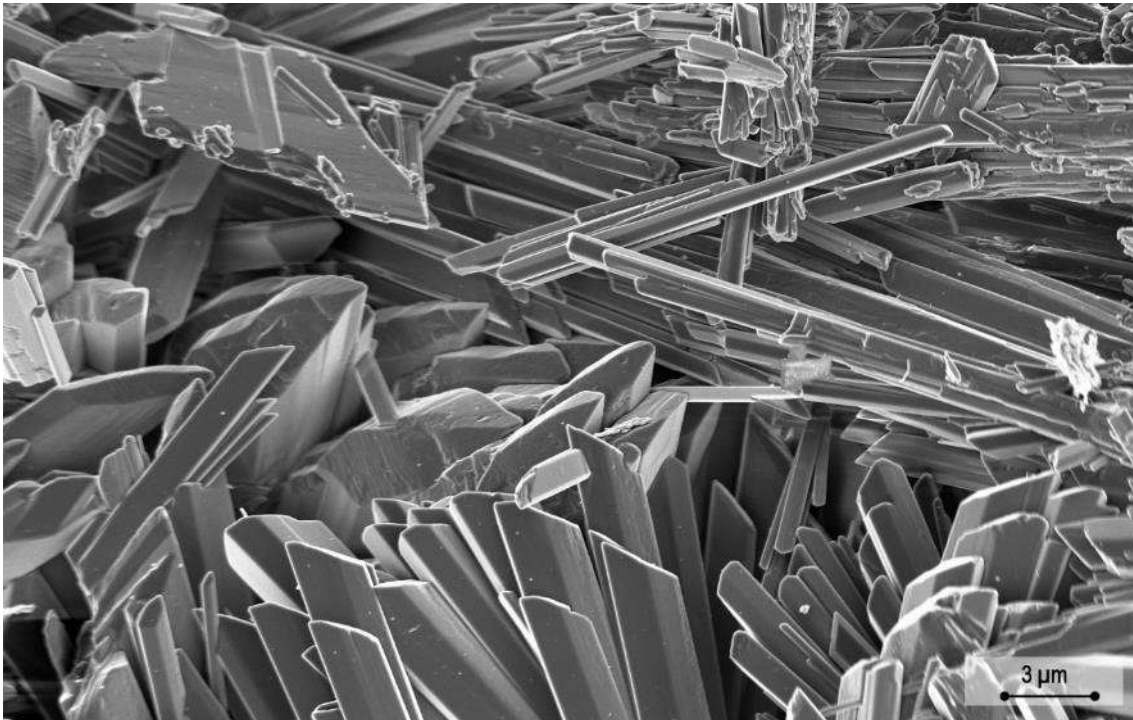


Figura-Material Complementario 35. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 200°C tras la hidratación.

Se puede observar una matriz continua, formada por cristales de yeso con hábito acicular entrelazados y orientados aleatoriamente, de tamaño hasta 20 μm. Se aprecia la presencia de granos de yeso de mayor tamaño sin cocer con morfología de placa y, alrededor de estos, cristales de yeso recién formados de menor tamaño, con una longitud máxima de 10 μm.

4) H250:



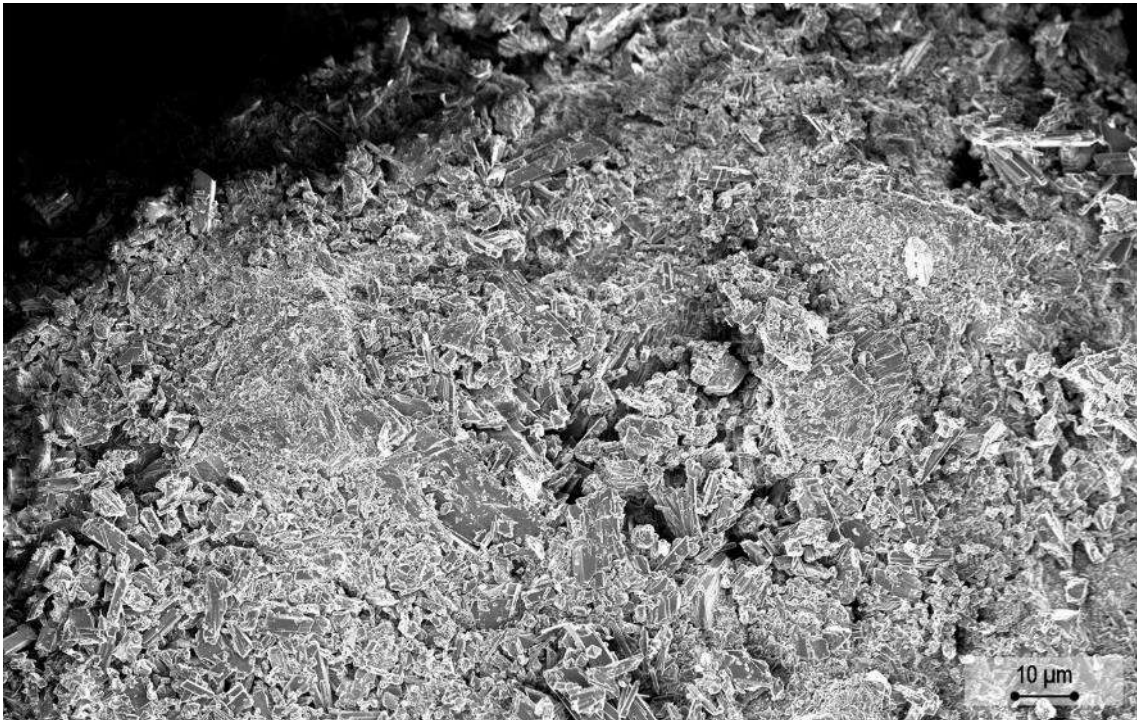
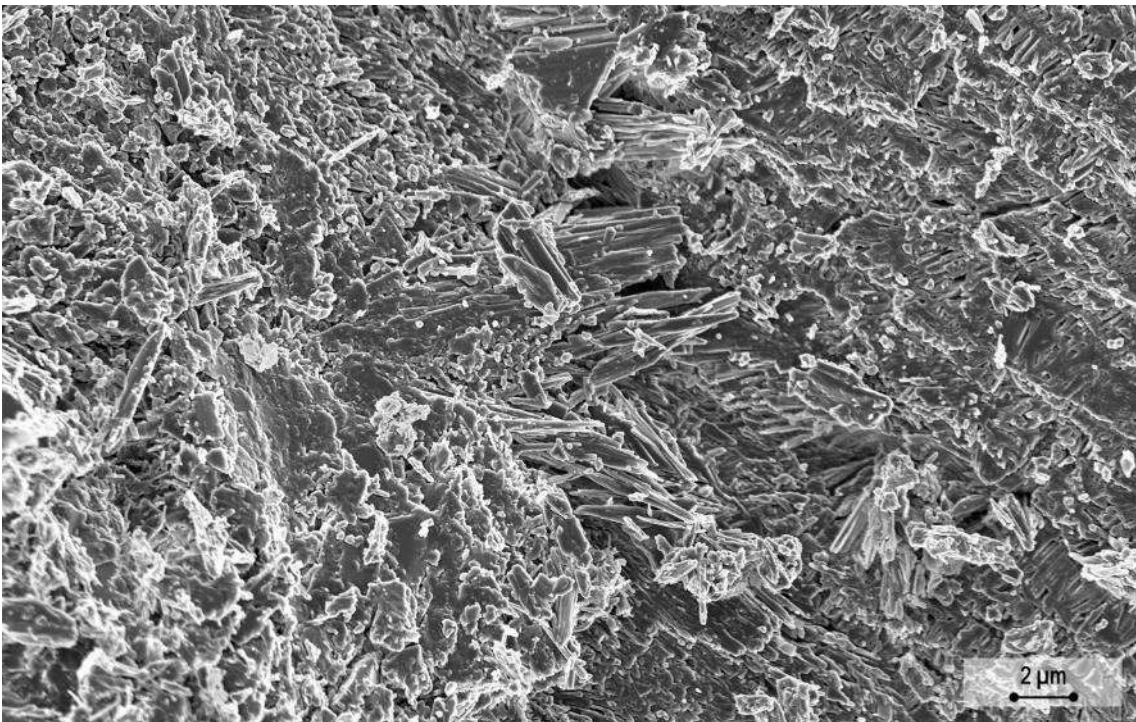
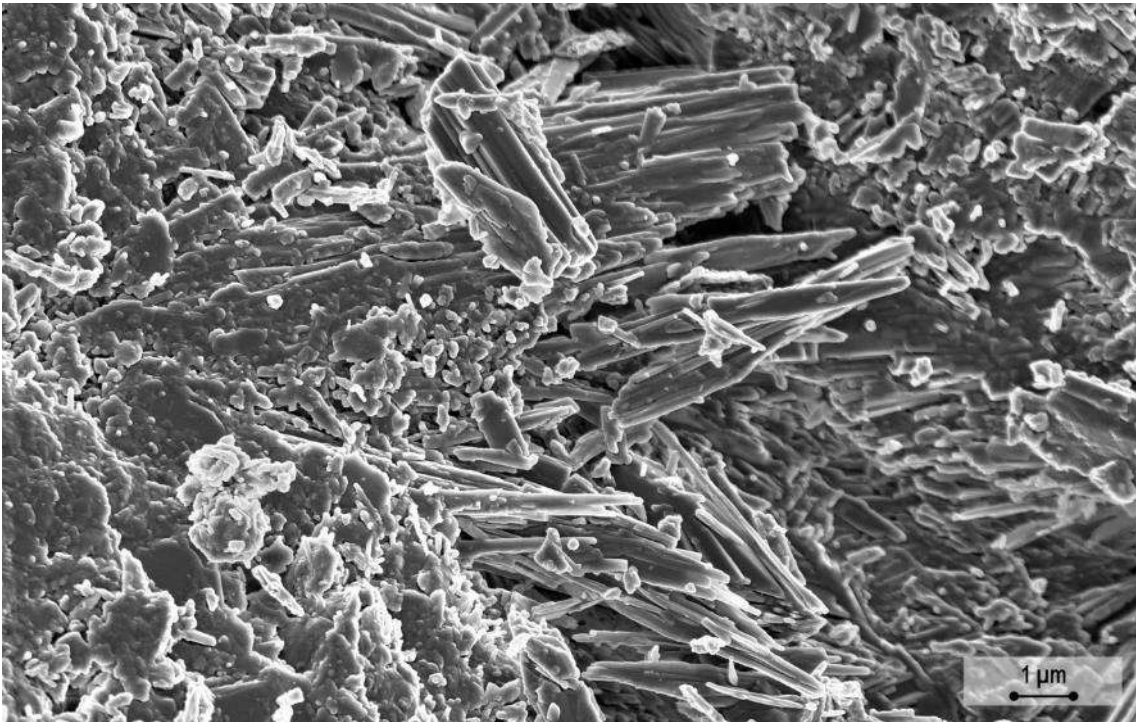


Figura-Material Complementario 36. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 250°C tras la hidratación.

Se observan los cristales de yeso con el típico hábito acicular formando una matriz entrelazada, sin presencia de cristales de yeso sin cocer.

5) H300:



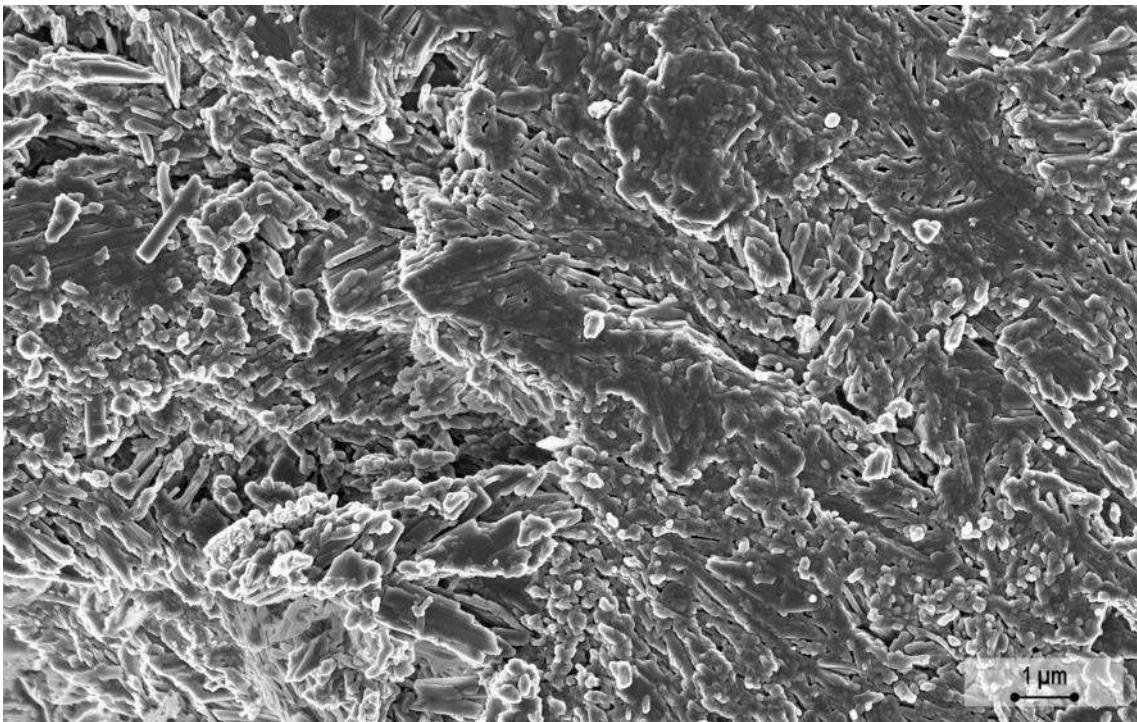
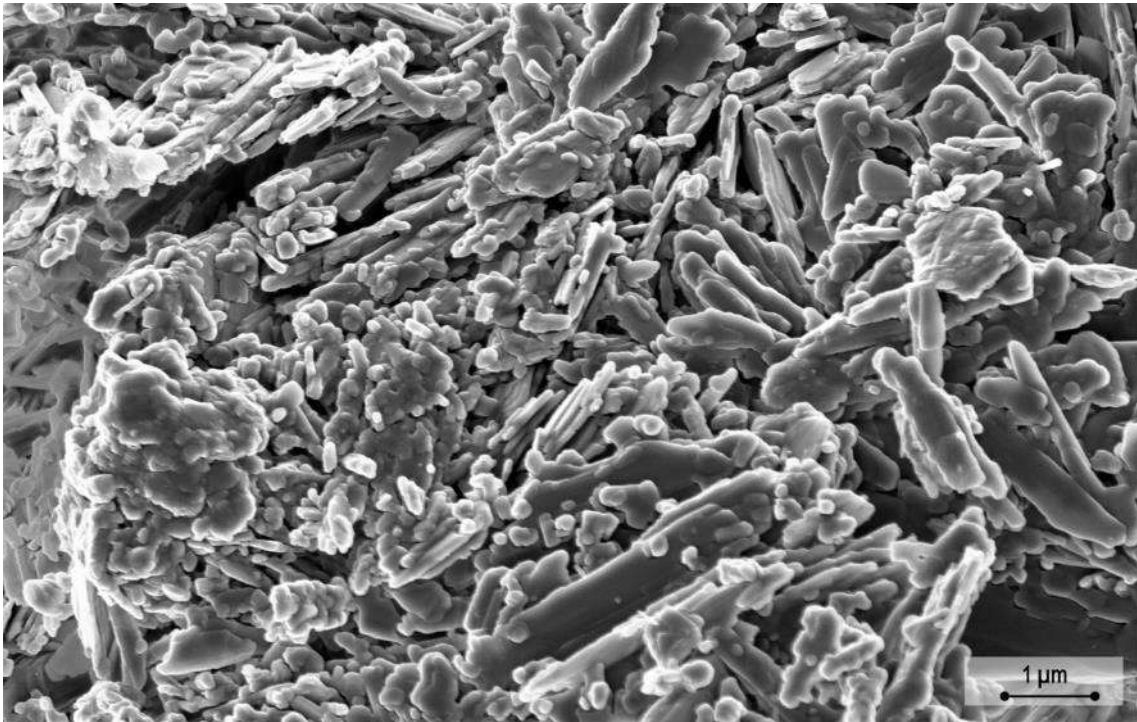
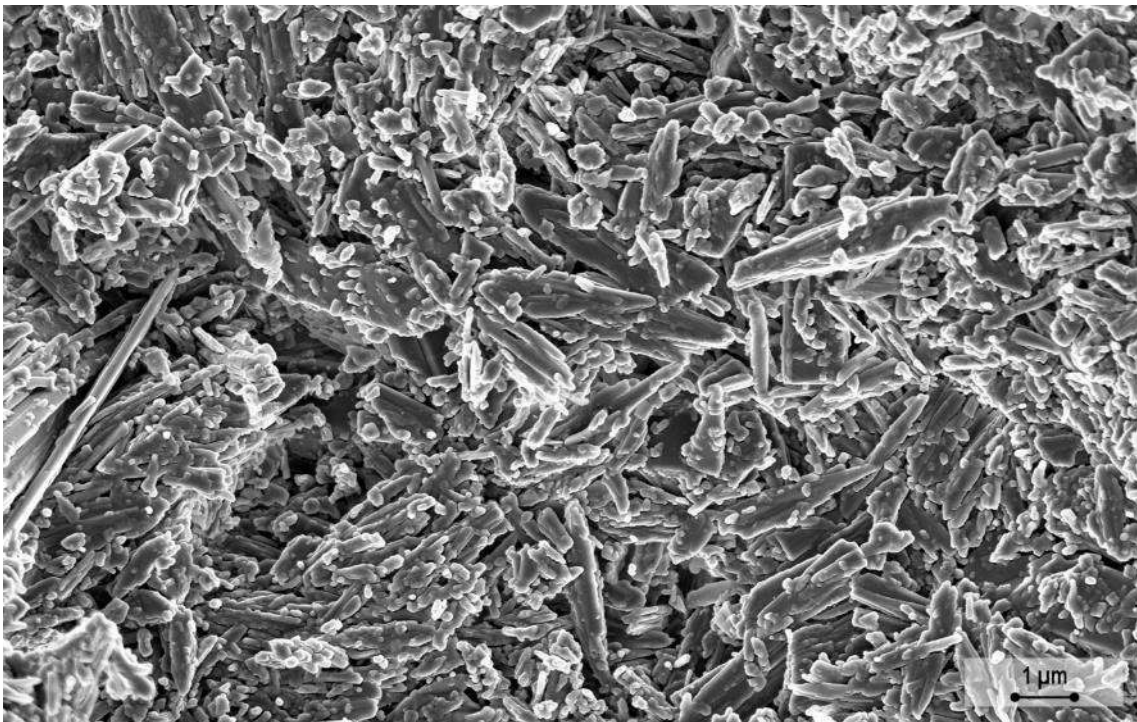
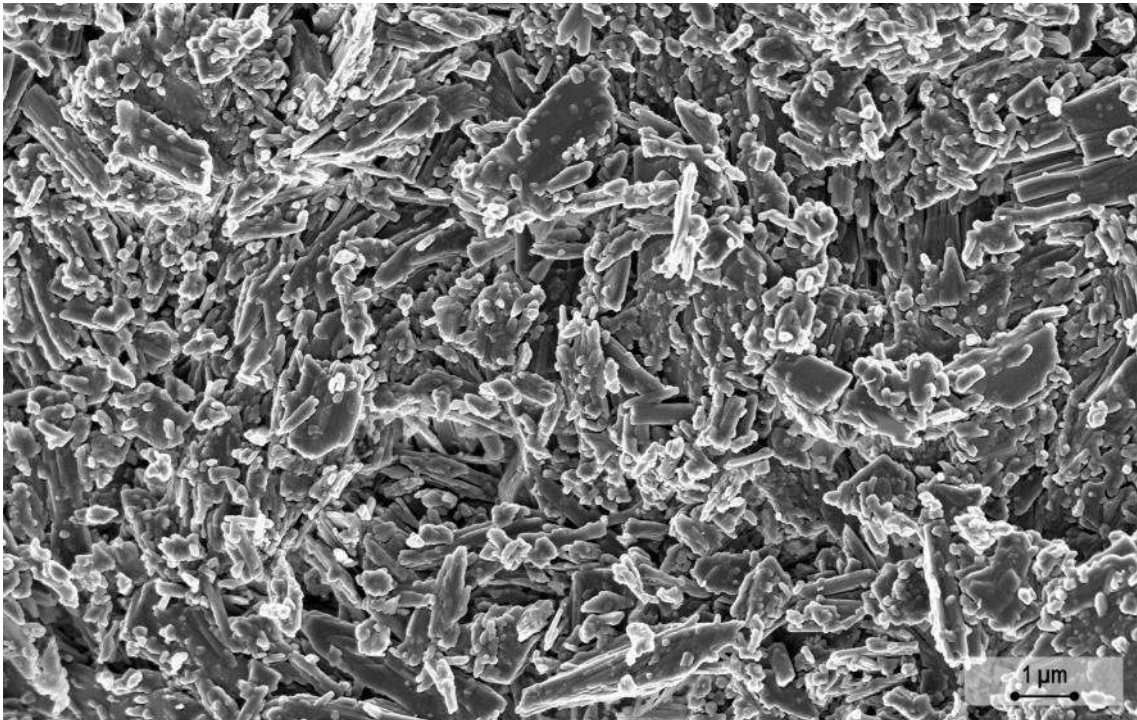


Figura-Material Complementario 37. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 300°C tras la hidratación.

Se aprecian porciones de mayor tamaño que todavía tienen presente la morfología de pluma típica de la anhidrita II, indicando que no se ha obtenido una hidratación completa.

6) H350:



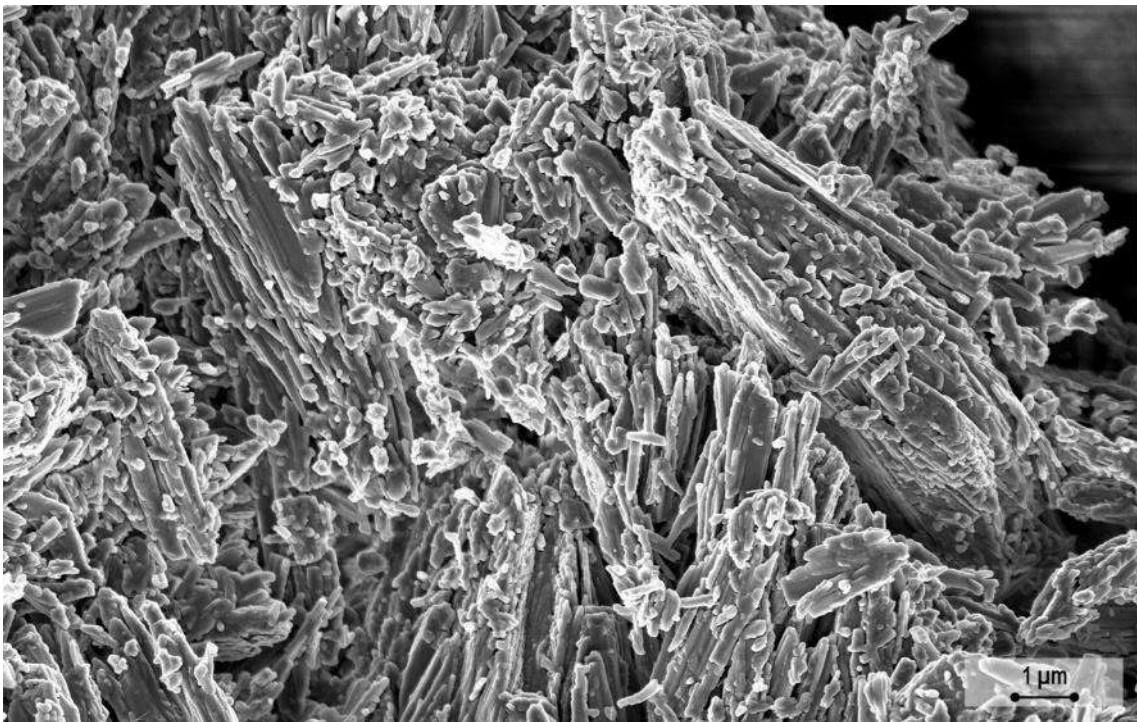
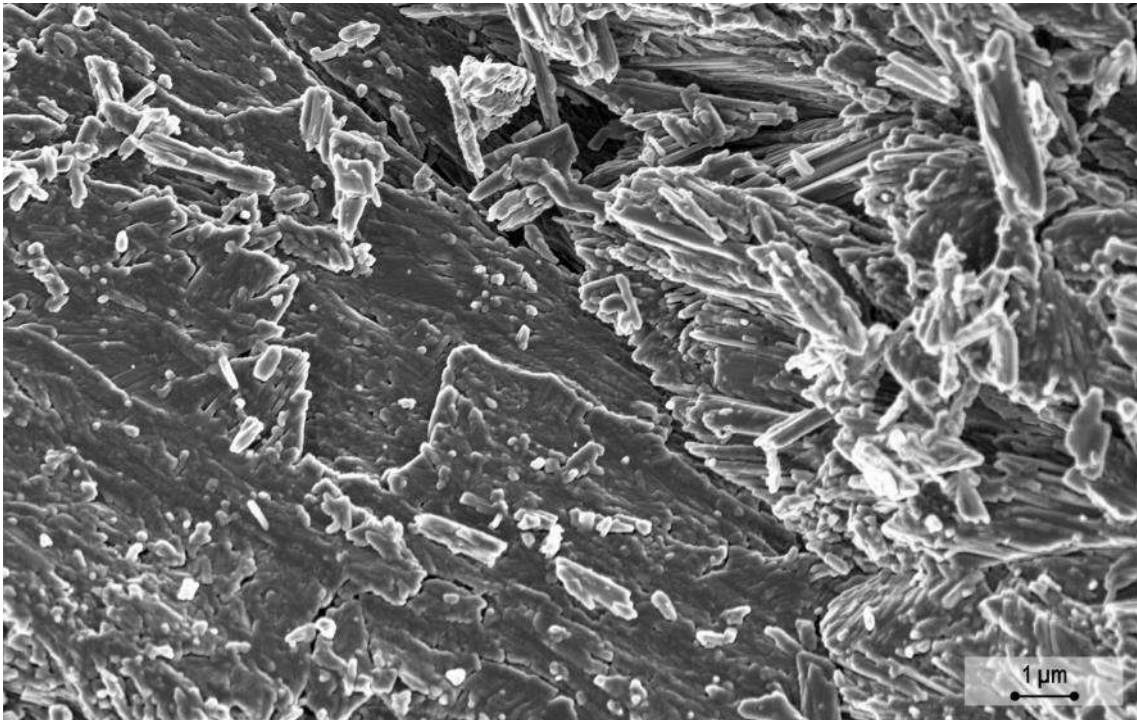
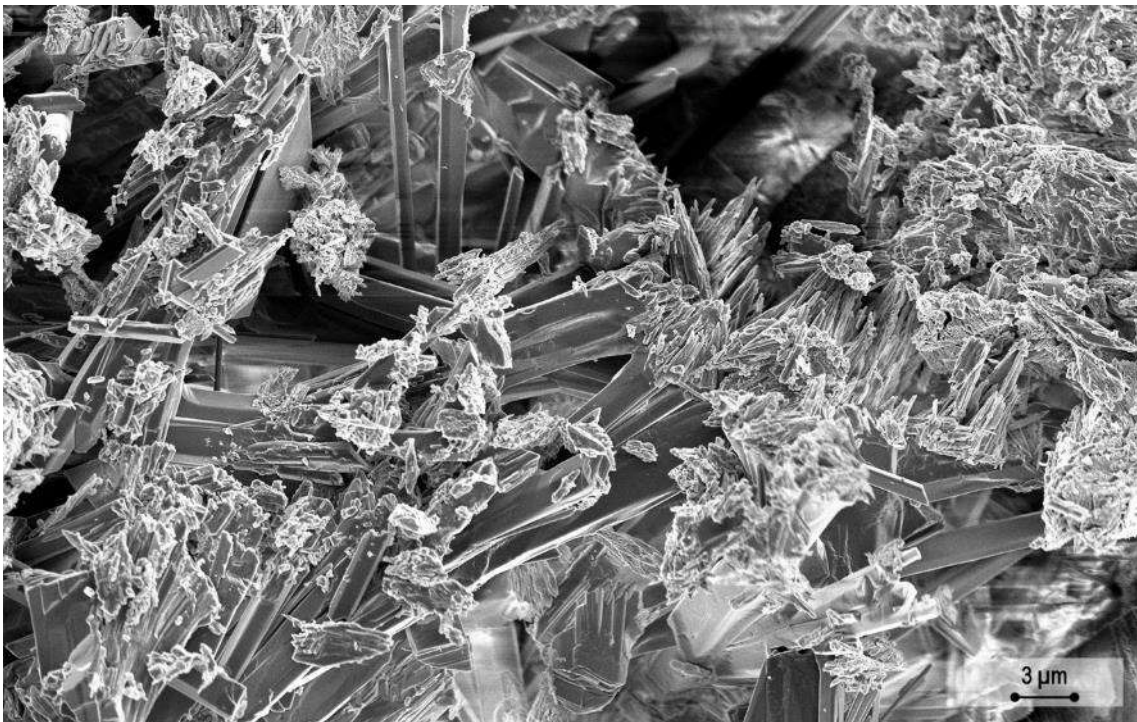
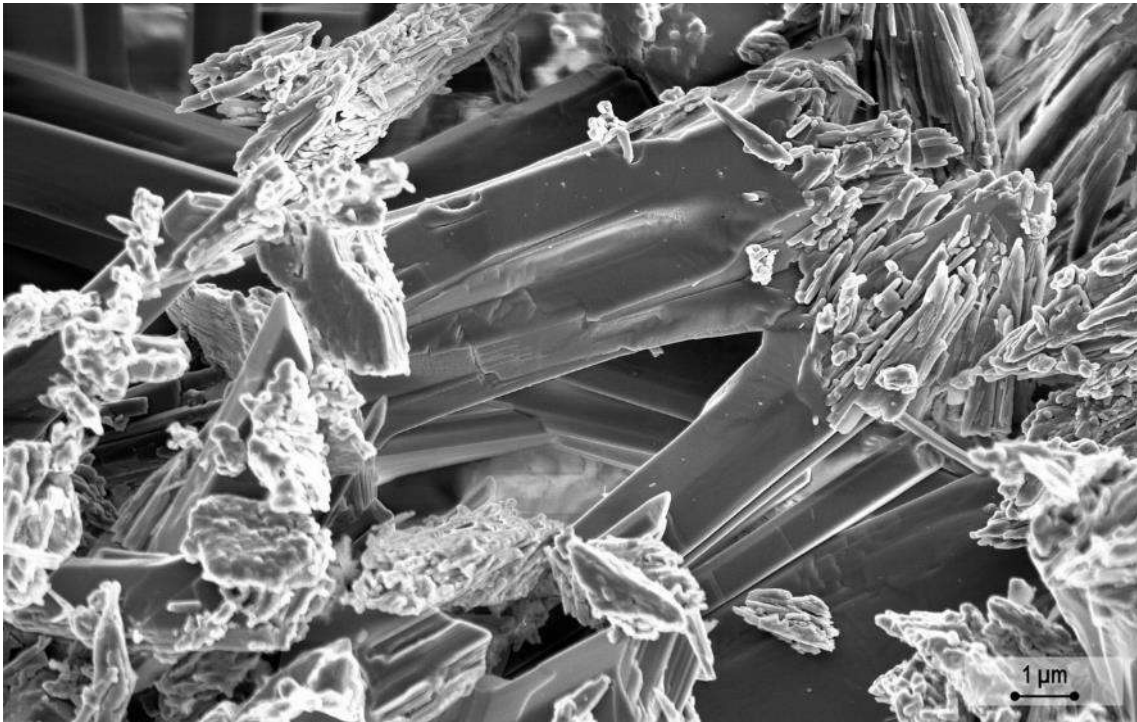


Figura-Material Complementario 38. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 350°C tras la hidratación.

Se aprecian porciones de mayor tamaño que todavía tienen presente la morfología de pluma típica de la anhidrita II, indicando que no se ha obtenido una hidratación completa.

7) H400:



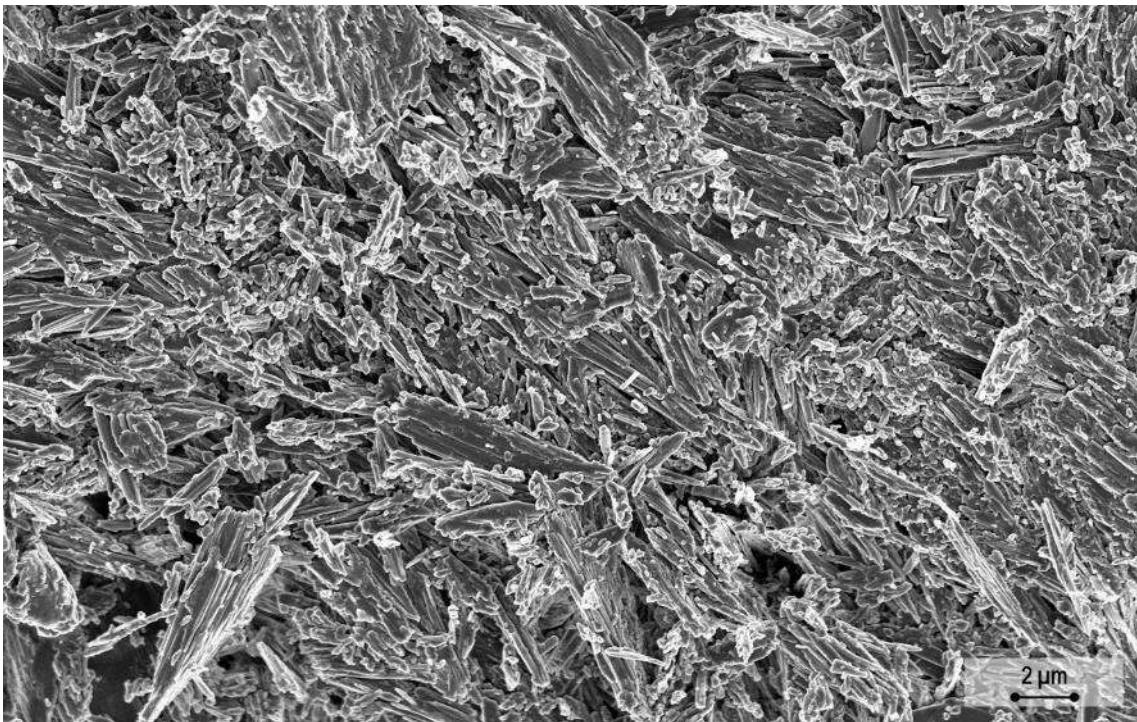
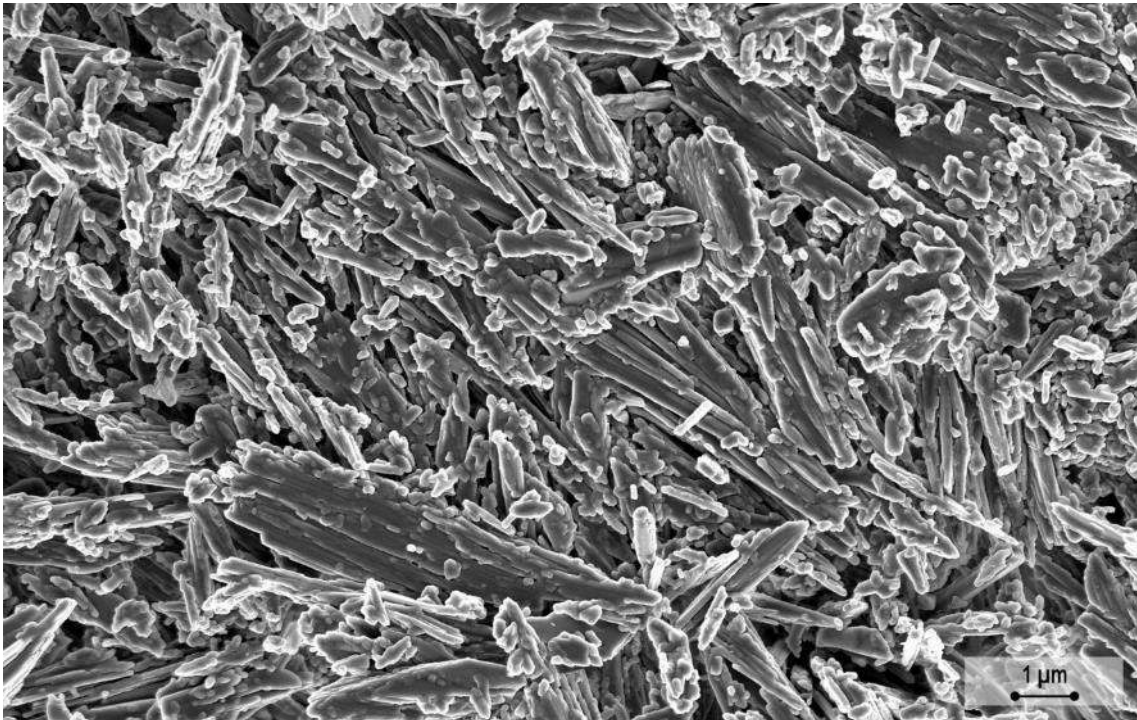
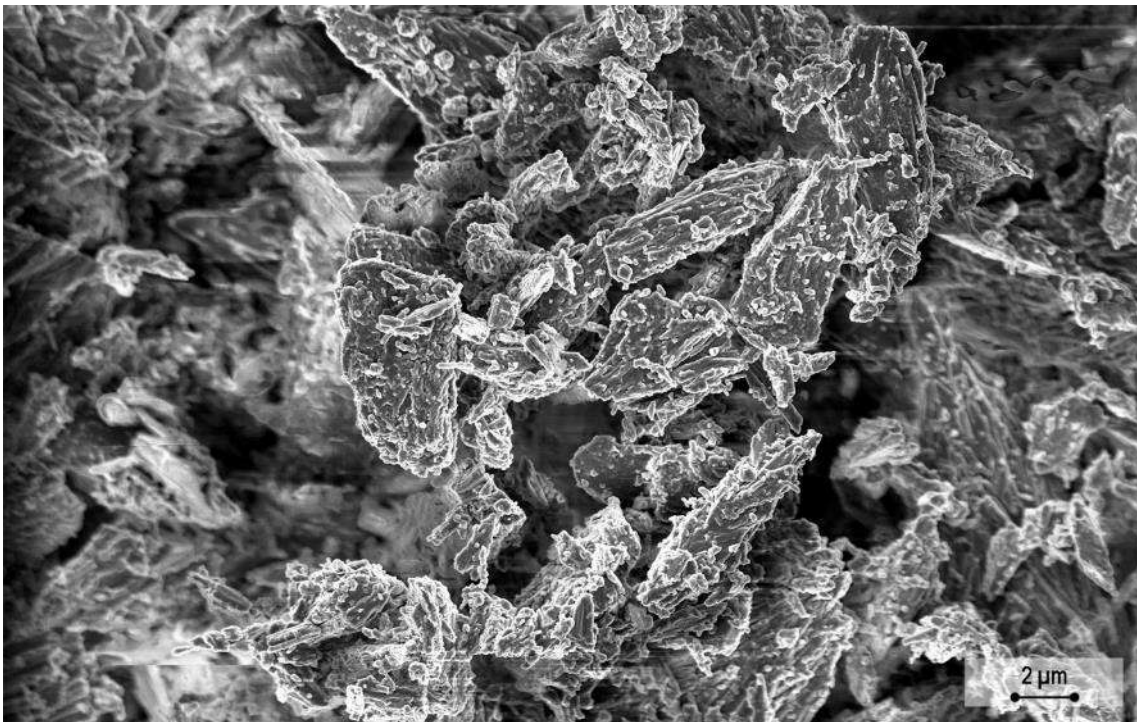
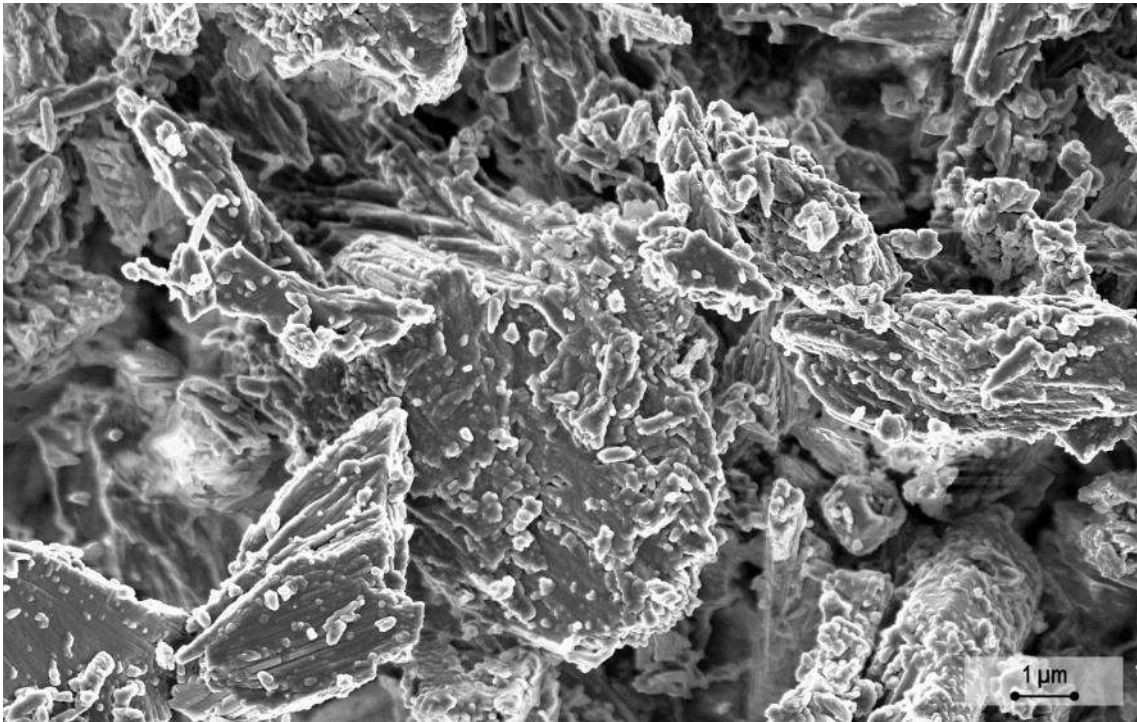


Figura-Material Complementario 39. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 400°C tras la hidratación.

Se aprecian porciones de mayor tamaño que todavía tienen presente la morfología de pluma típica de la anhidrita II, indicando que no se ha obtenido una hidratación completa.

8) H500:



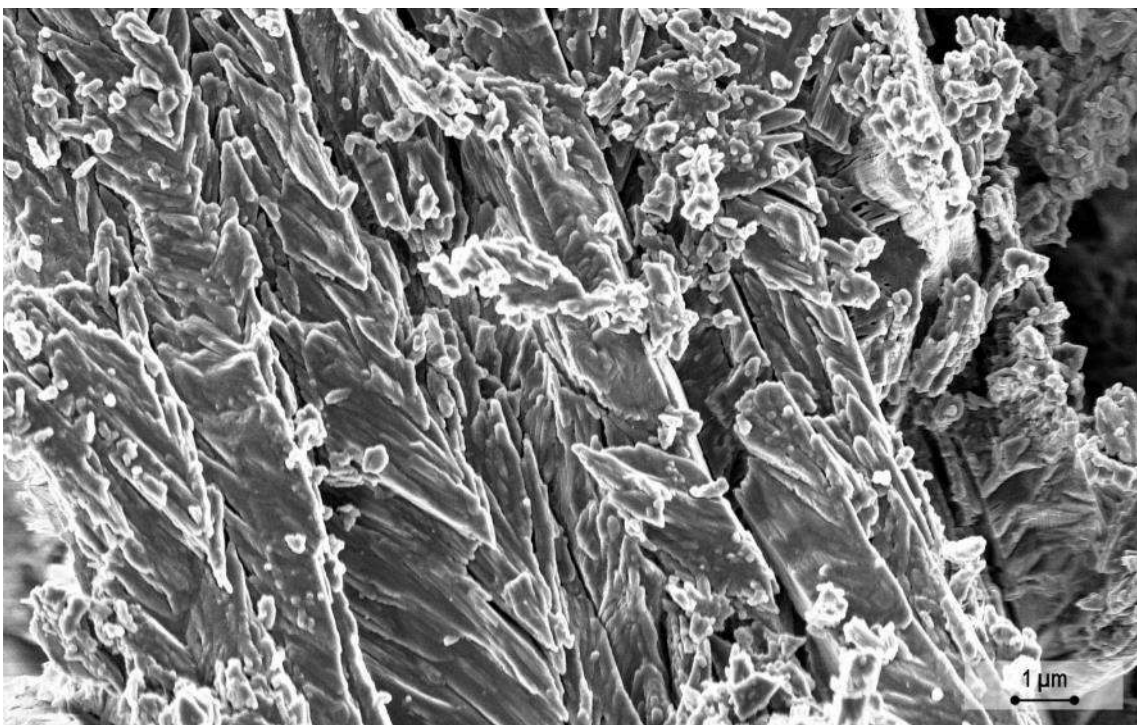
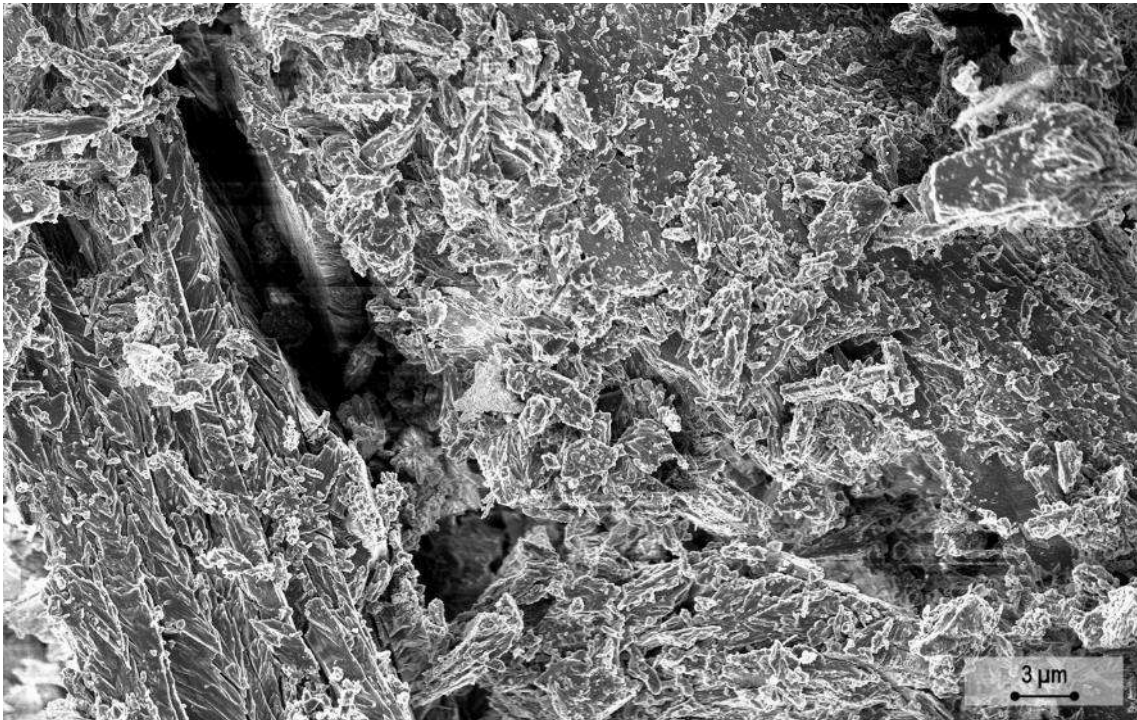
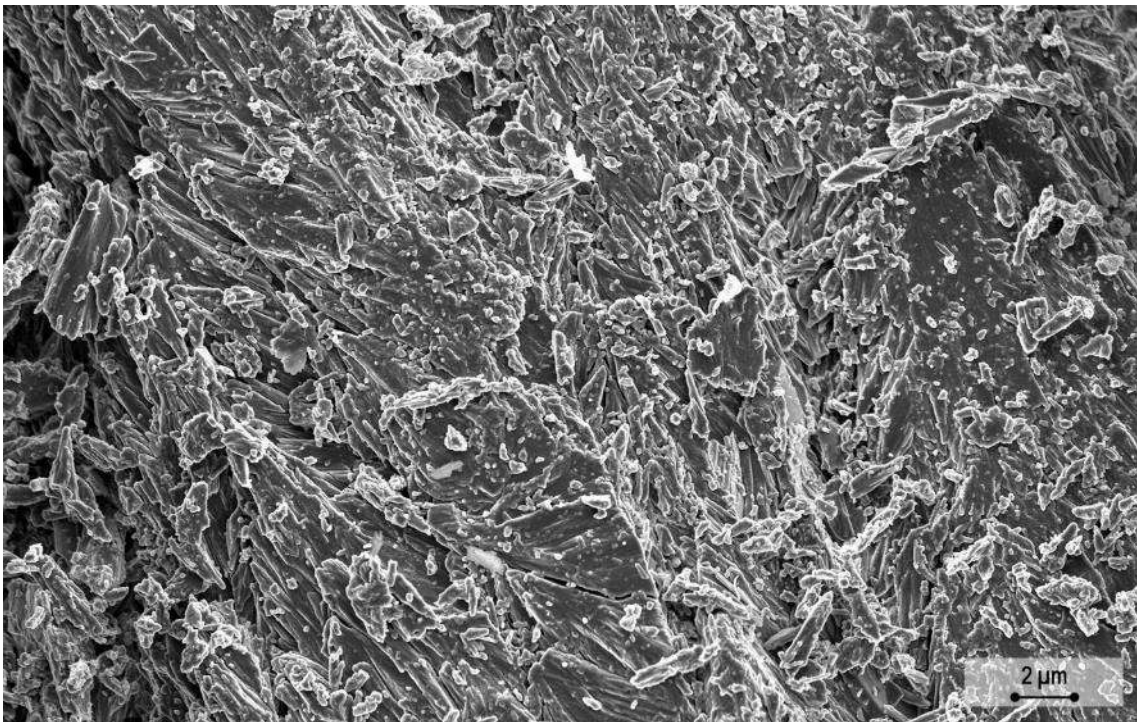
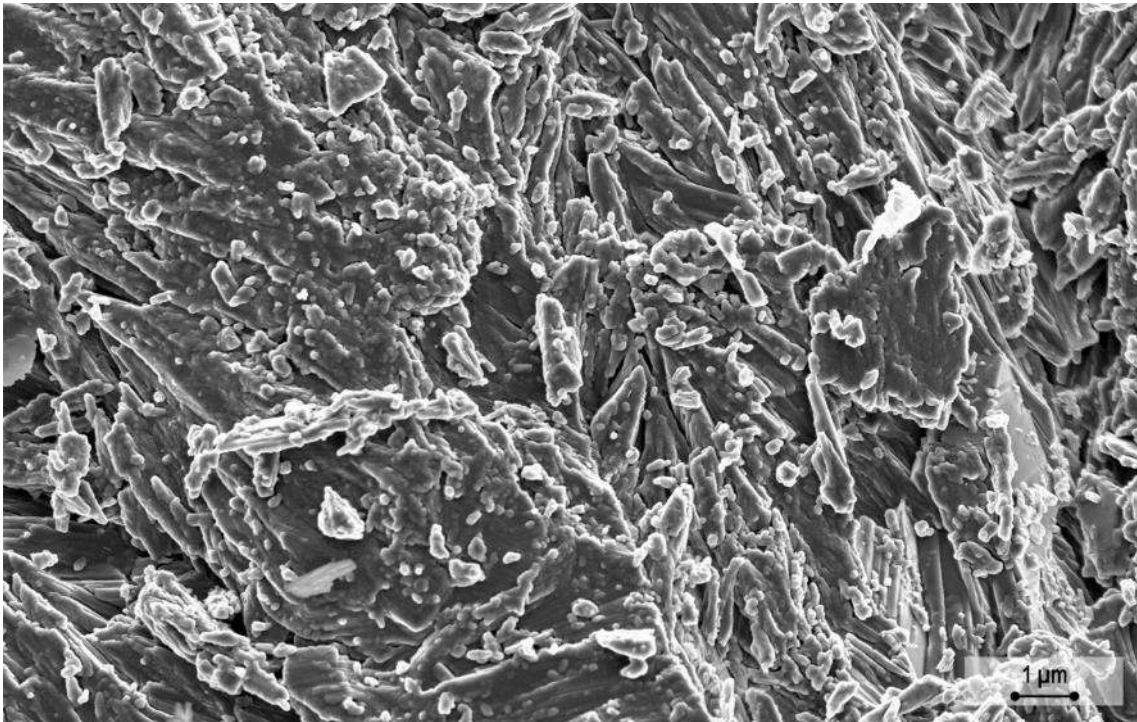


Figura-Material Complementario 40. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 500°C tras la hidratación.

Se pueden observar porciones más pequeñas de los grandes agregados de anhidrita II sin hidratar, indicando que estos se han desintegrado al entrar contacto con el agua, junto con cristales de yeso aciculares con una longitud máxima de 10 μm.

9) H600:



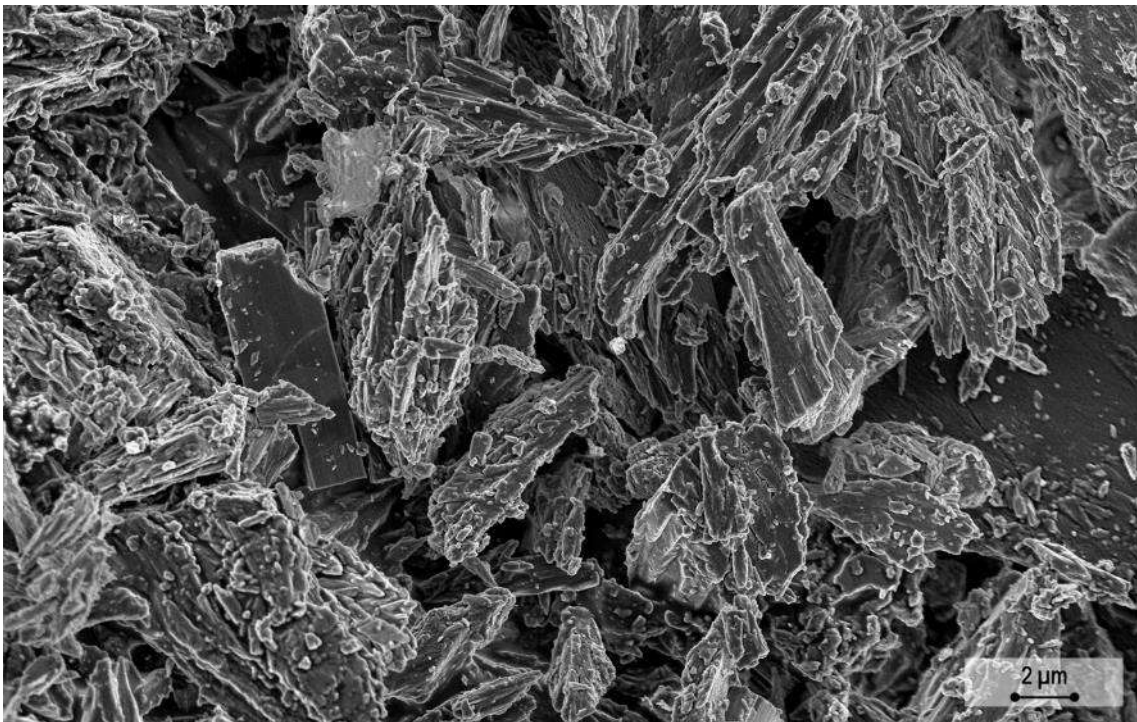
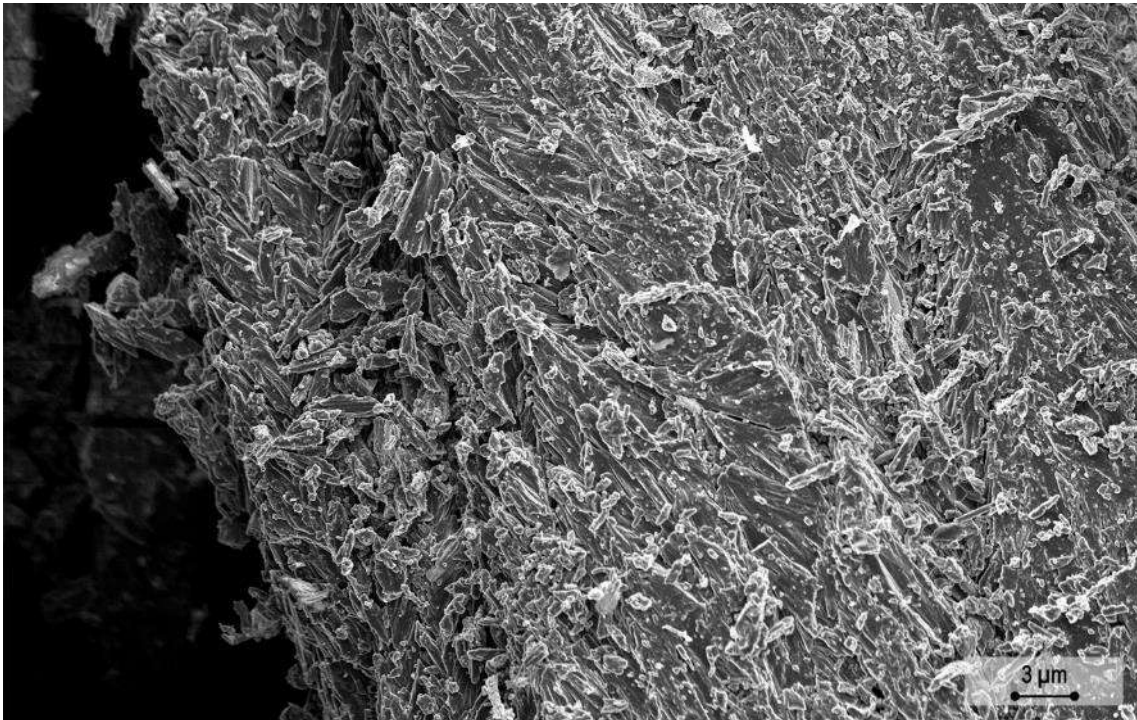
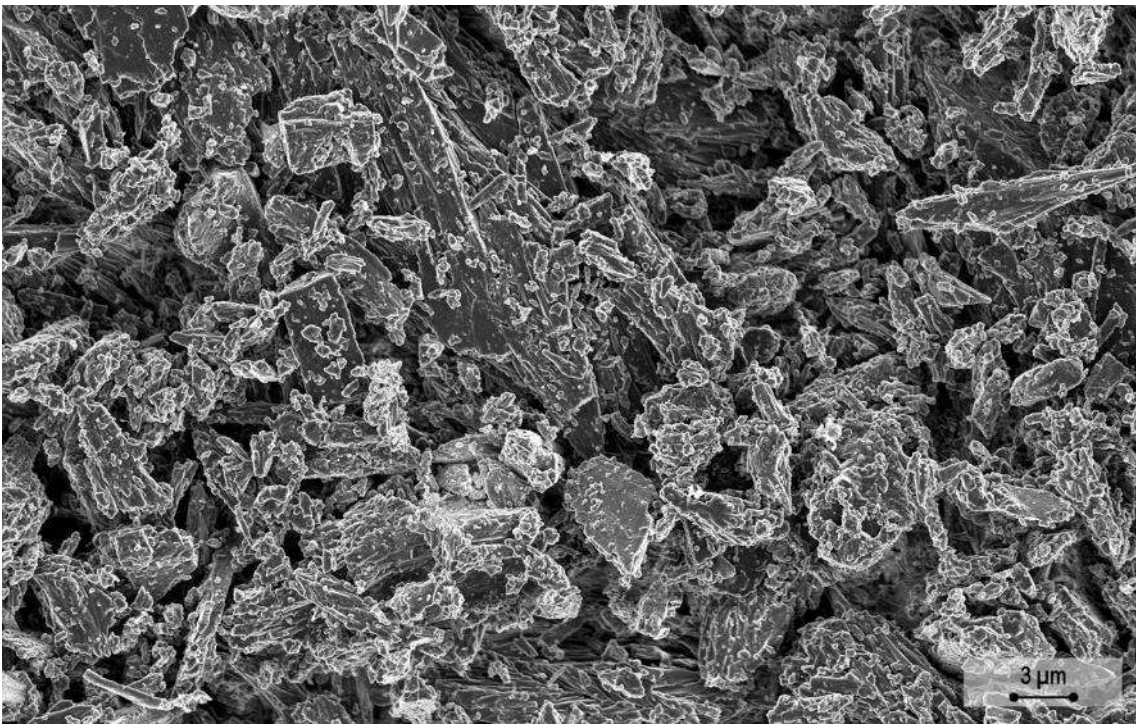
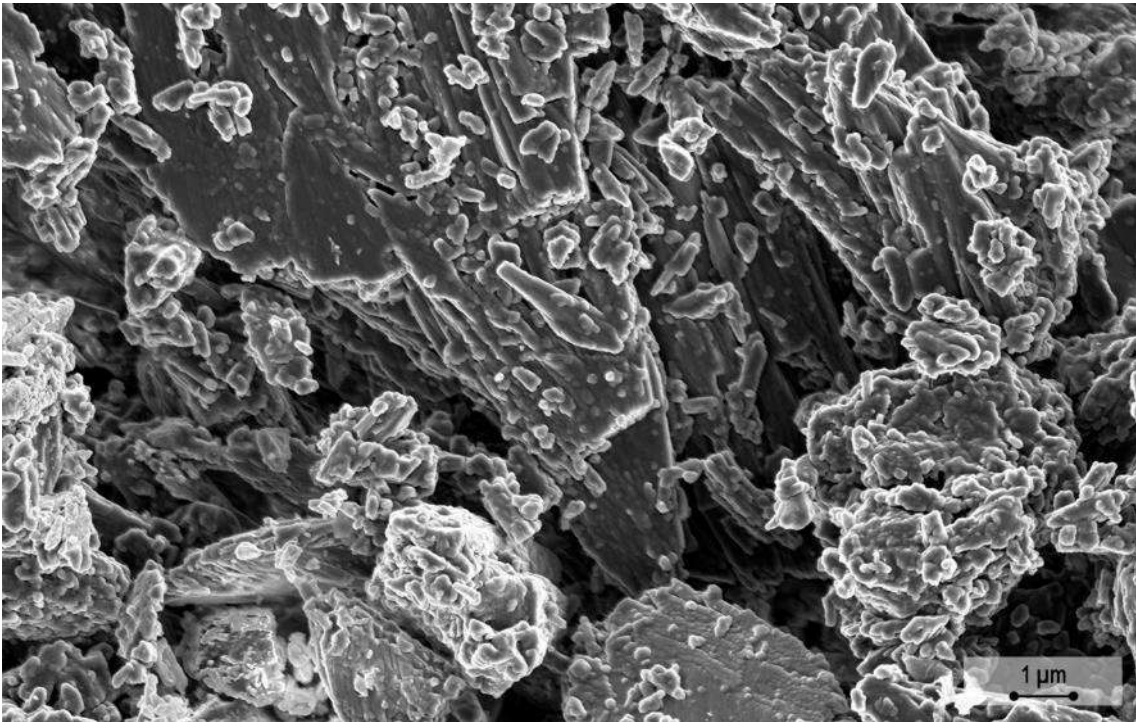


Figura-Material Complementario 41. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 600°C tras la hidratación.

Se pueden observar porciones más pequeñas de los grandes agregados de anhidrita II sin hidratar, indicando que estos se han desintegrado al entrar contacto con el agua, junto con cristales de yeso aciculares con una longitud máxima de 10 μm .

10) H700:



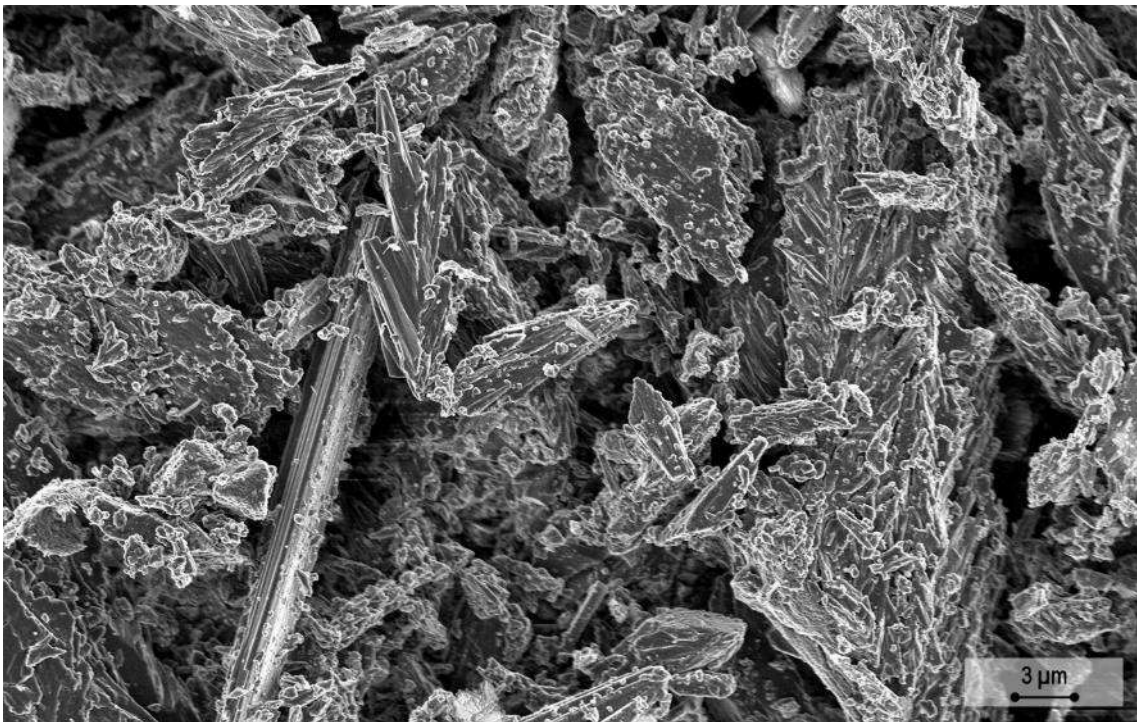
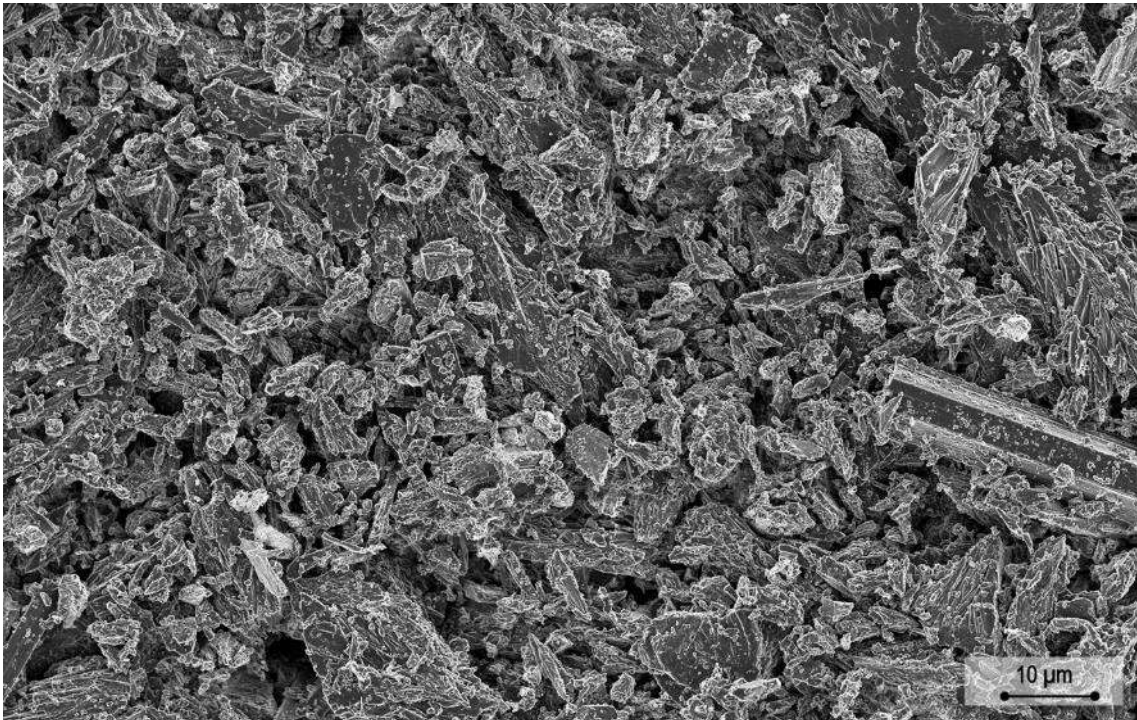
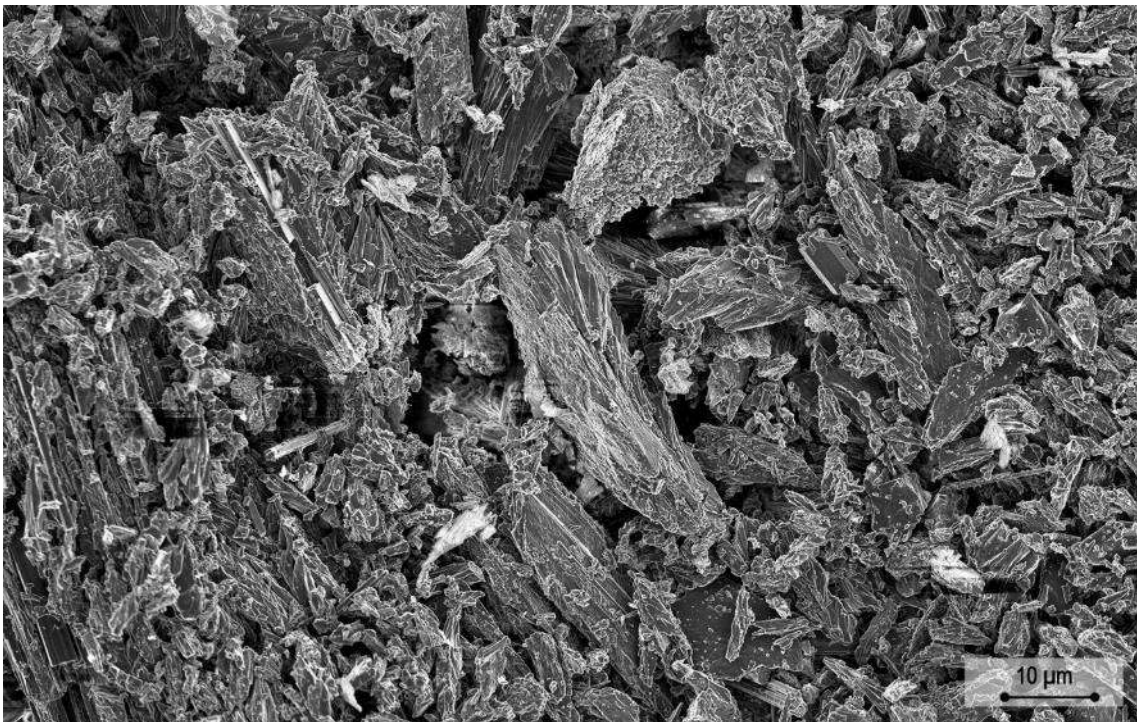
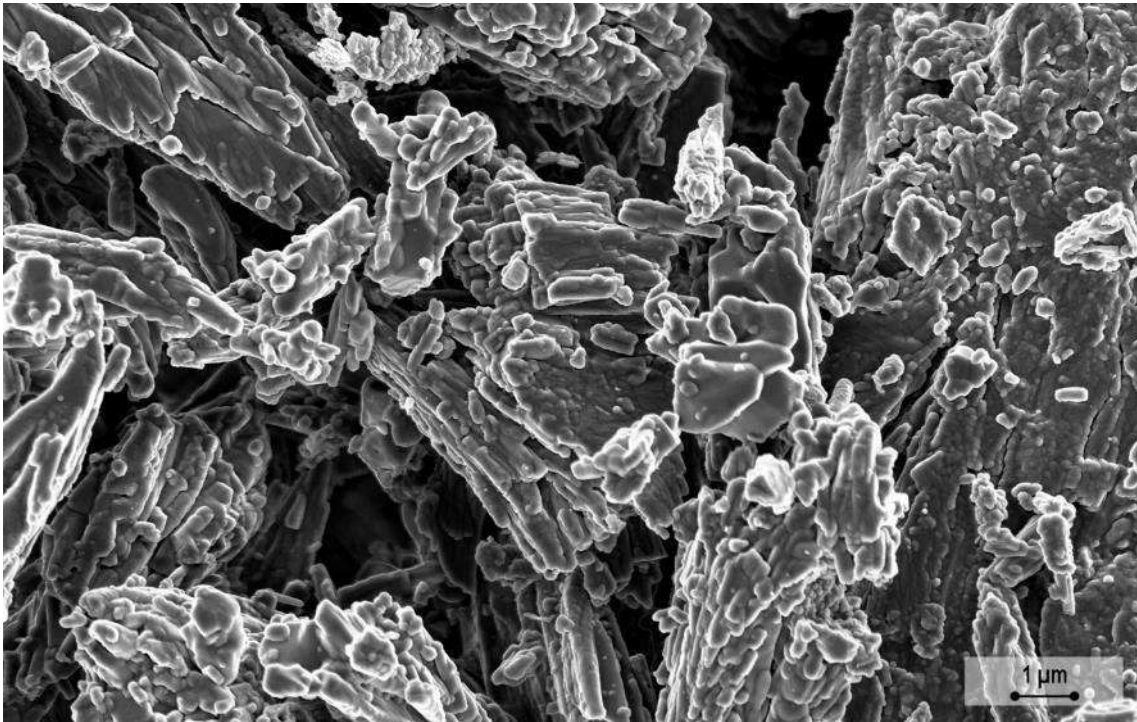


Figura-Material Complementario 42. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 700°C tras la hidratación.

Se pueden observar porciones más pequeñas de los grandes agregados de anhidrita II sin hidratar, indicando que estos se han desintegrado al entrar contacto con el agua, junto con cristales de yeso aciculares con una longitud máxima de 10 μm.

11) H800:



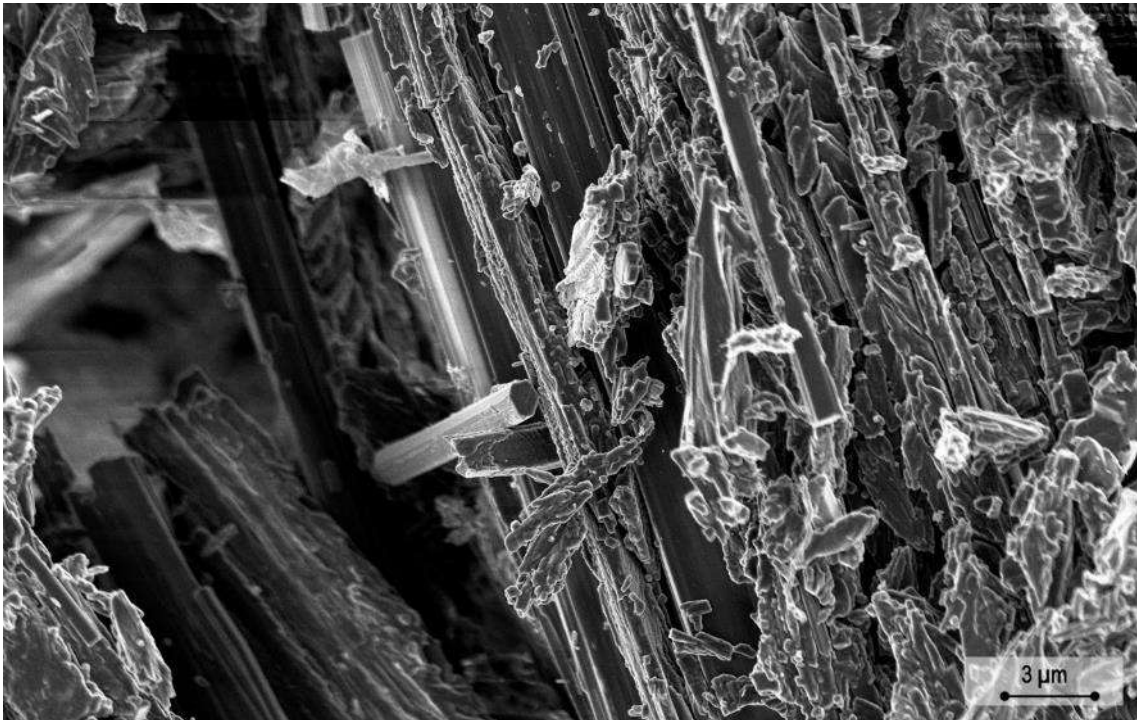
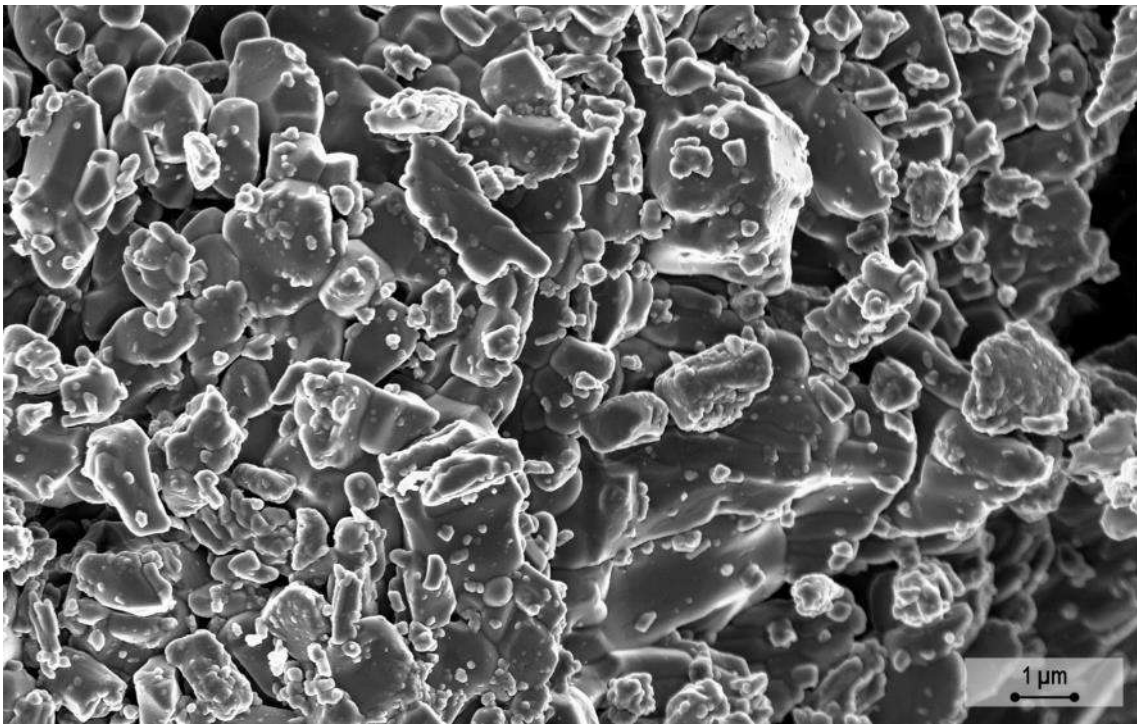
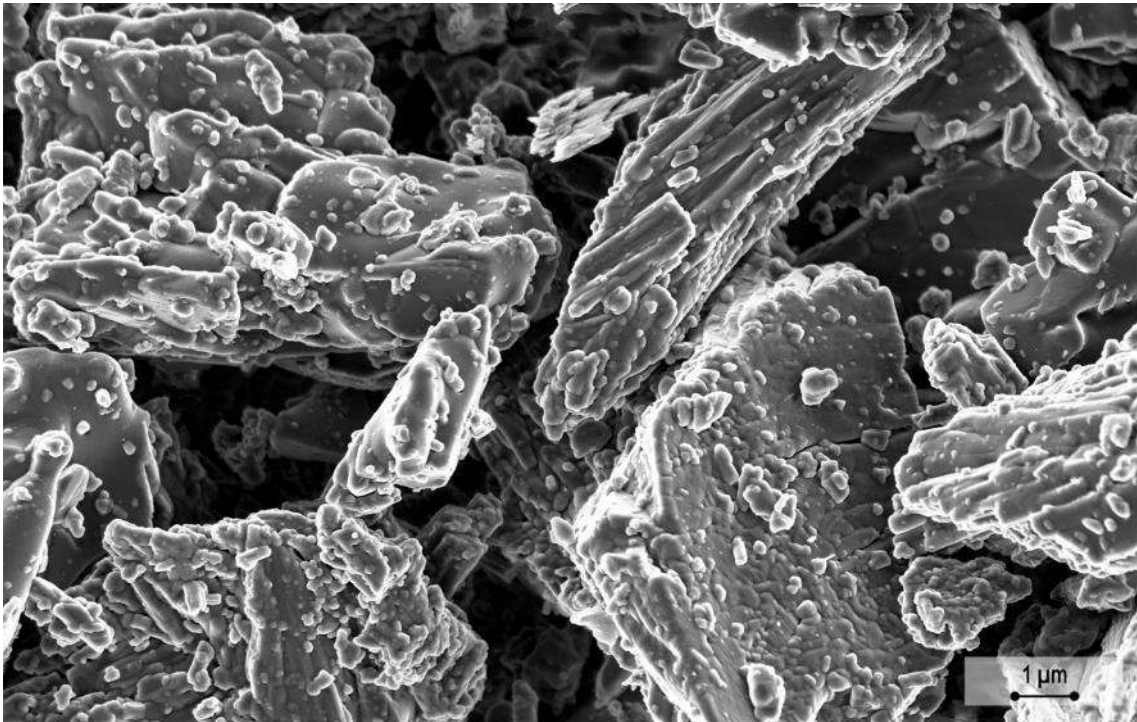


Figura-Material Complementario 43. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 800°C tras la hidratación.

Se observan cristales con morfología acicular que indican que no se hidrató nada. Se aprecia también una desintegración de los grupos más grandes de anhidrita II en contacto con el agua, y algunos bordes redondeados debido a la sinterización provenientes de la muestra tras la cocción.

12) H900:



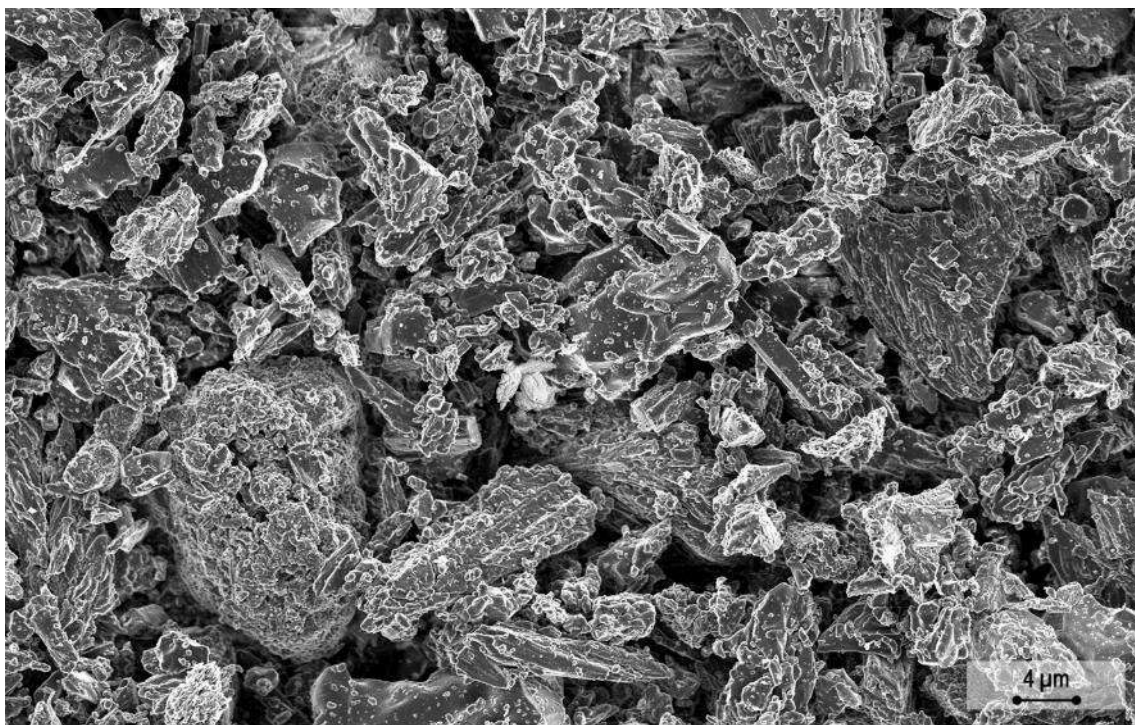
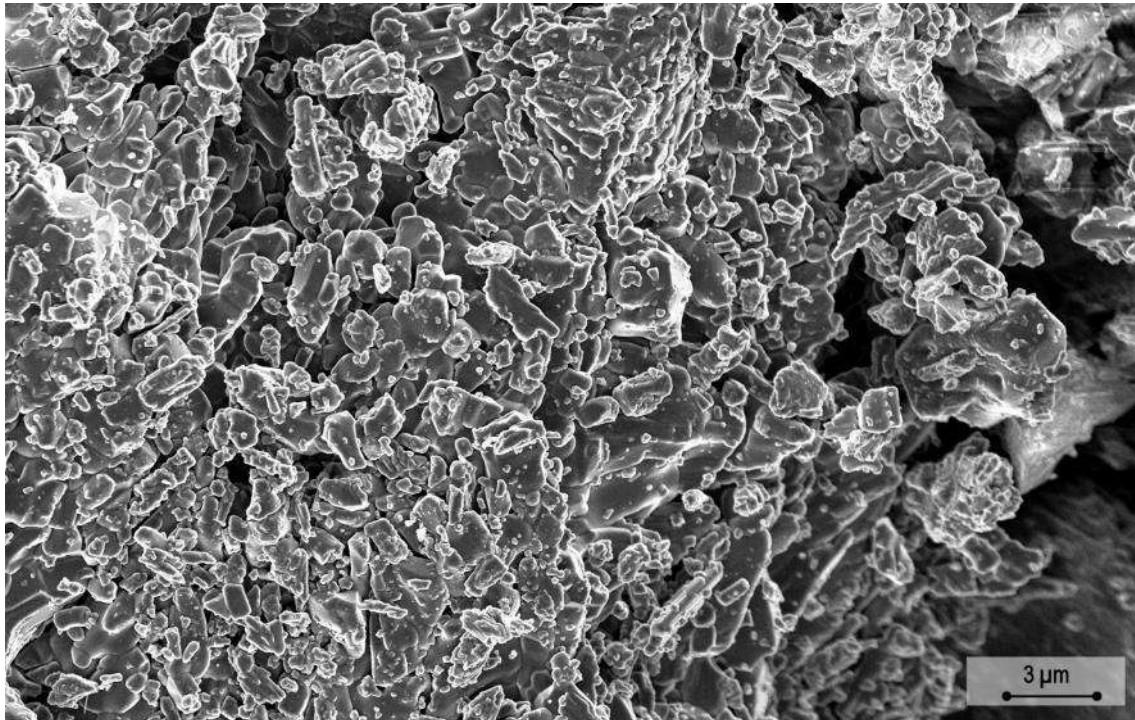
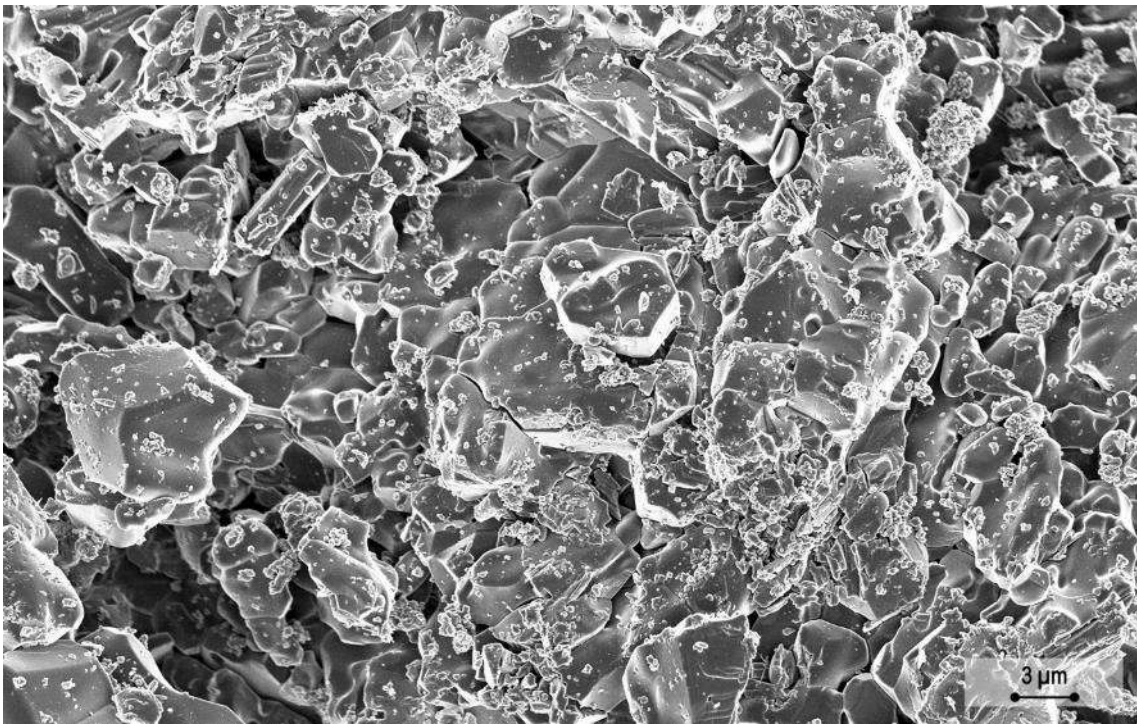


Figura-Material Complementario 44. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 900°C tras la hidratación.

Se observan cristales con morfología acicular que indican que no se hidrató nada. Se aprecia también una desintegración de los grupos más grandes de anhidrita II en contacto con el agua, y la sinterización es más evidente.

13) H1000:



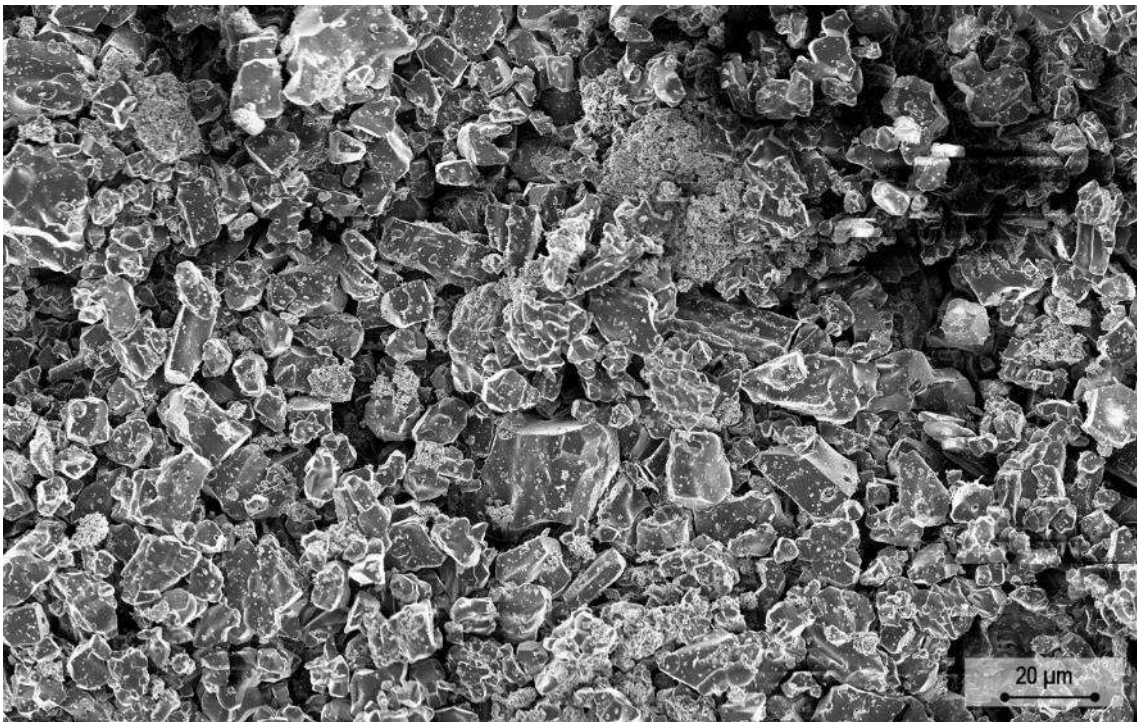
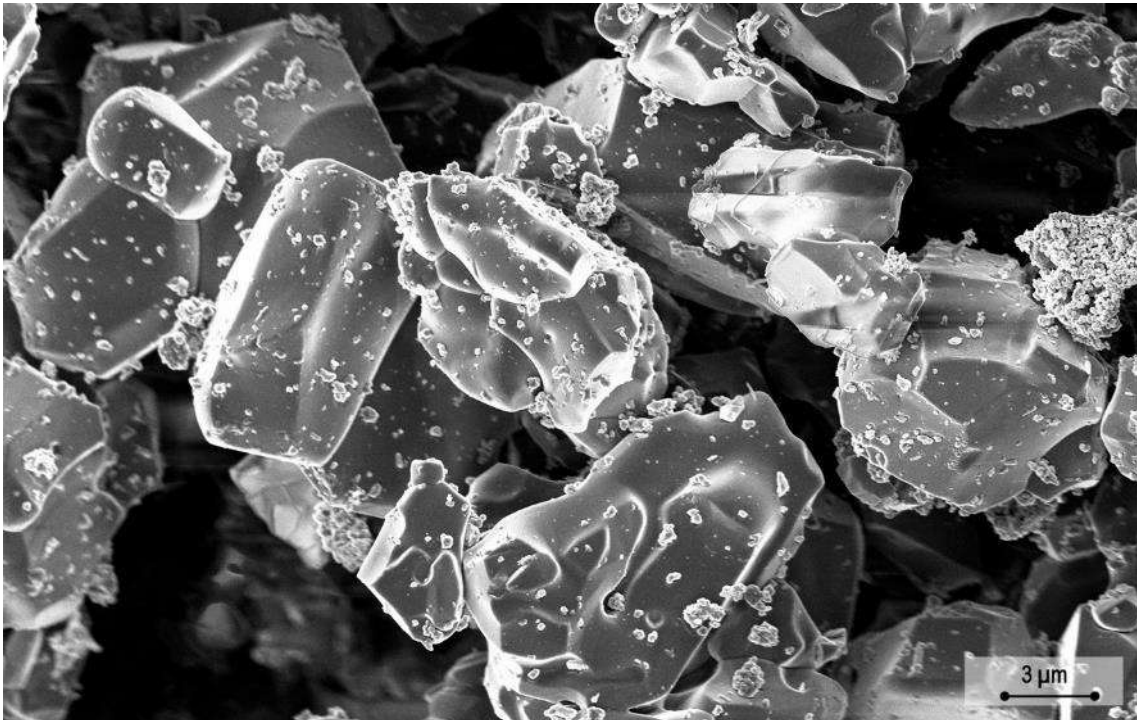
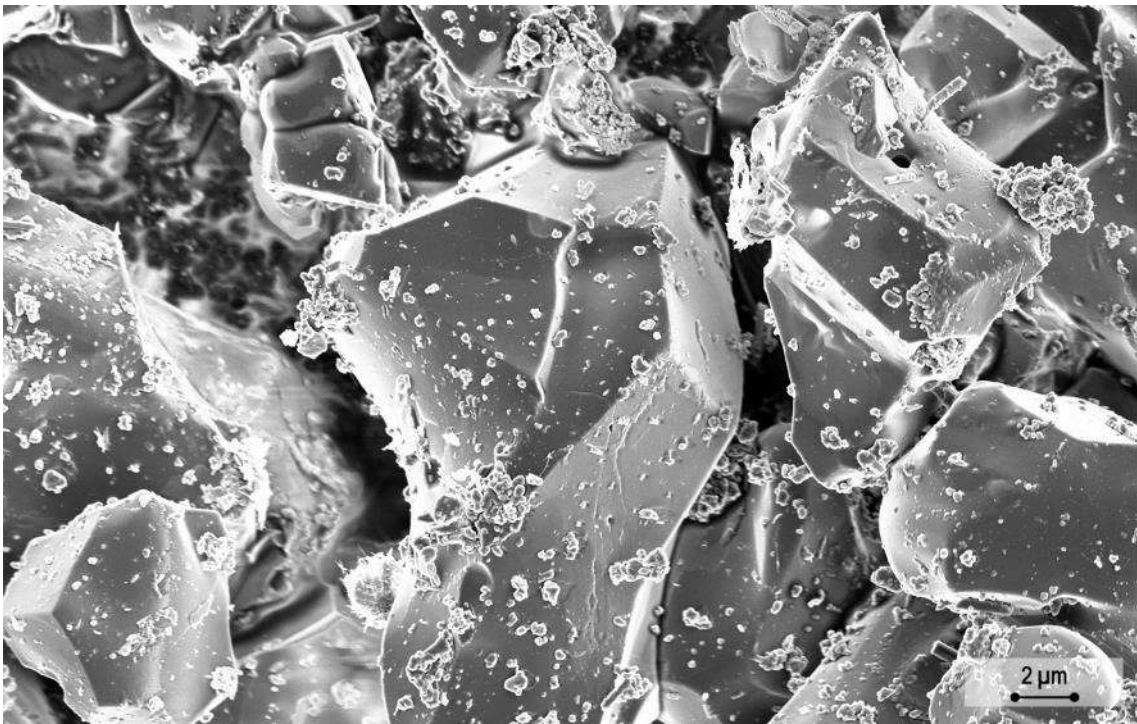


Figura-Material Complementario 45. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 1000°C tras la hidratación.

Se observan cristales con morfología acicular que indican que no se hidrató nada. Se aprecia también una desintegración de los grupos más grandes de anhidrita II en contacto con el agua, y la sinterización es más evidente.

14) H1100:



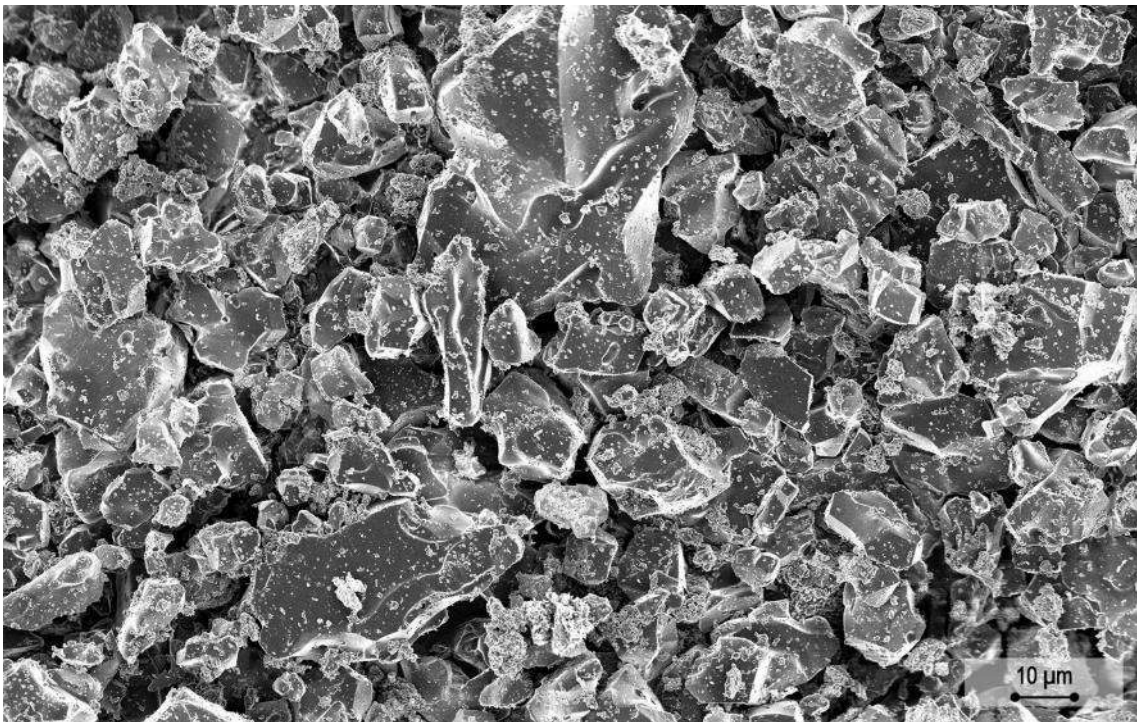
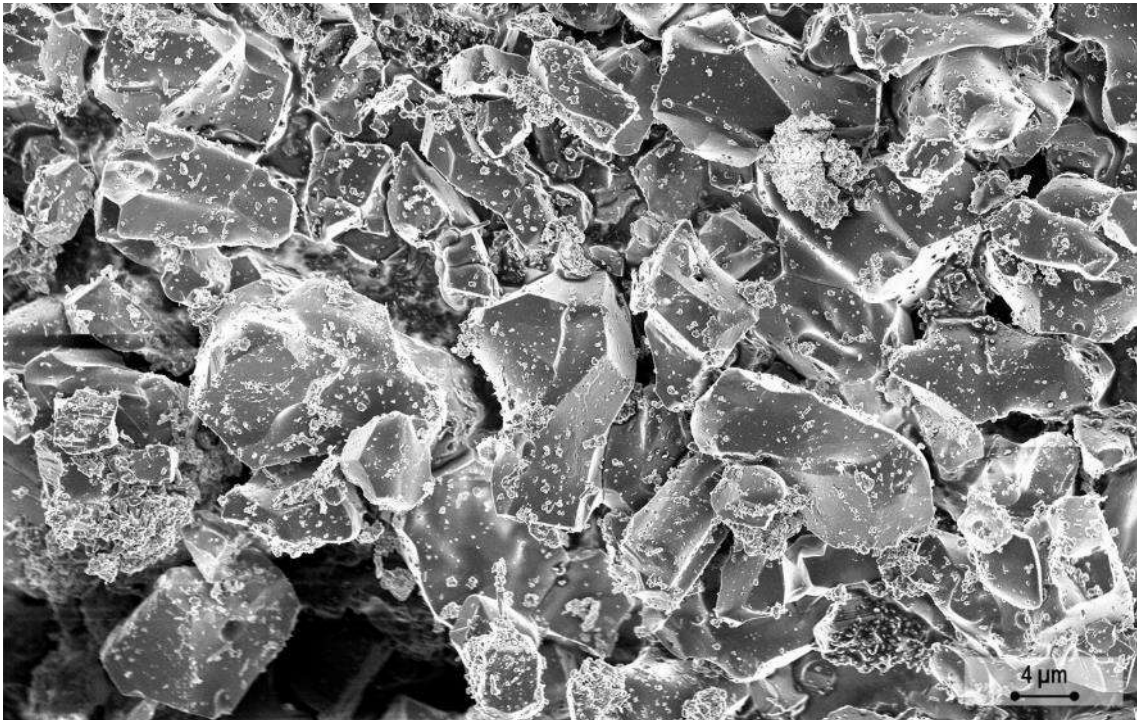
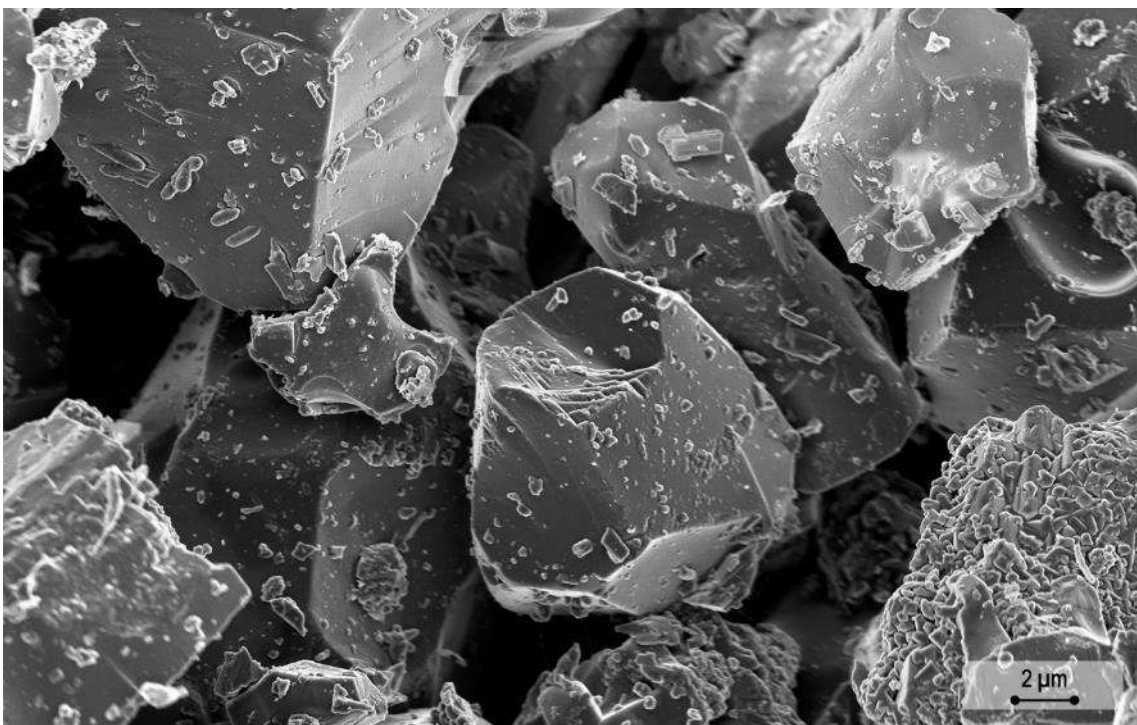
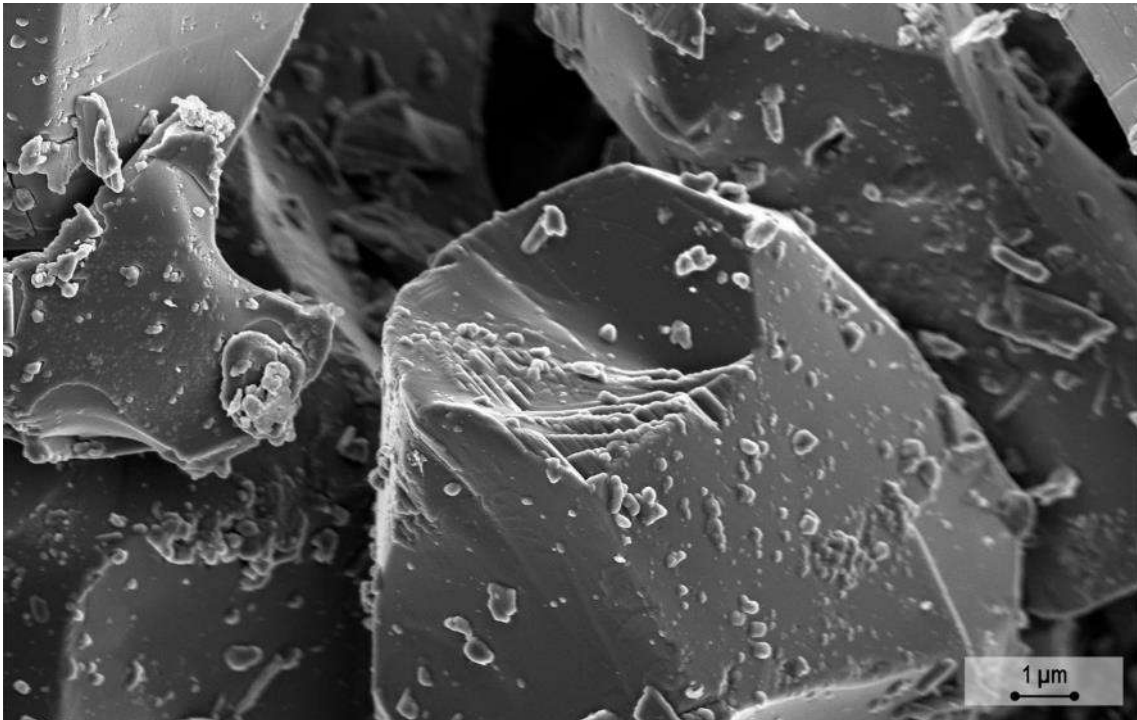


Figura-Material Complementario 46. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 1100°C tras la hidratación.

Se observan cristales con morfología acicular que indican que no se hidrató nada. Se aprecia una desintegración más pronunciada de los grupos más grandes de anhidrita II en contacto con el agua, y la sinterización es más evidente.

15) H1200:



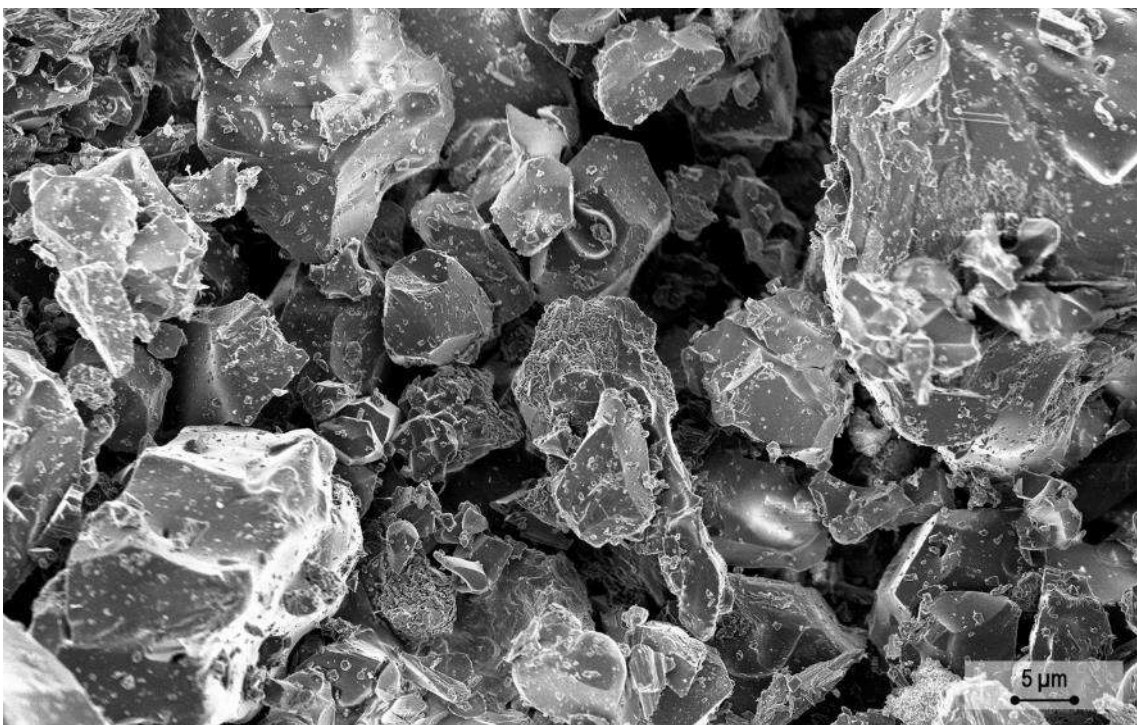
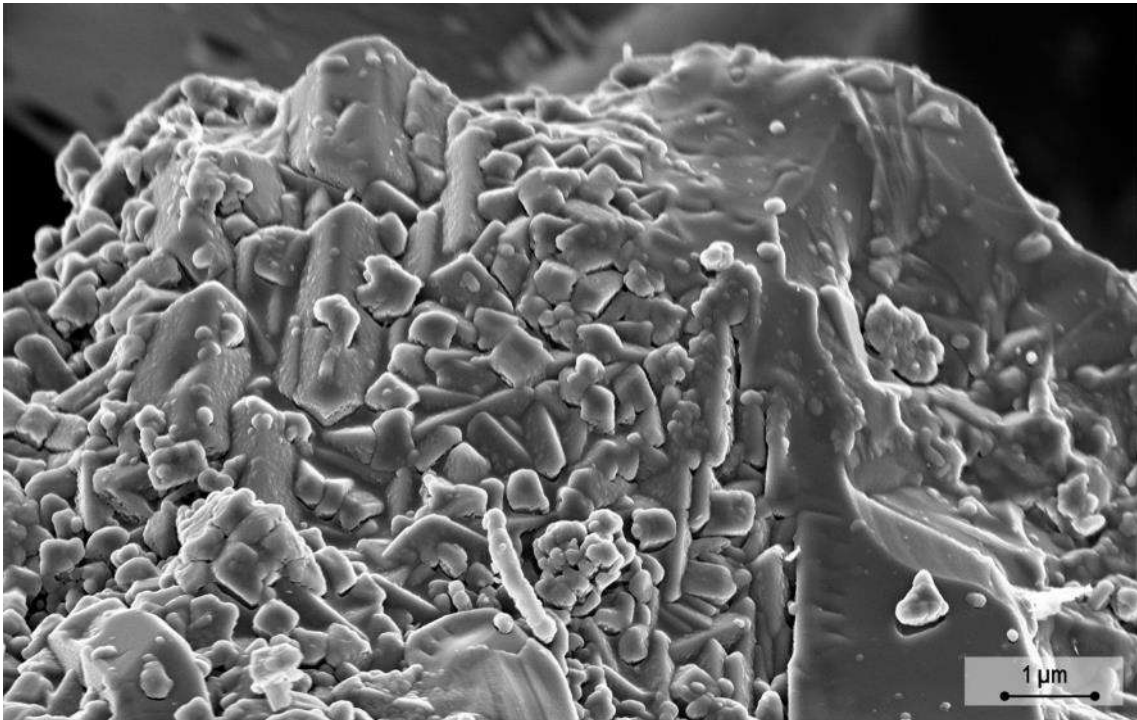
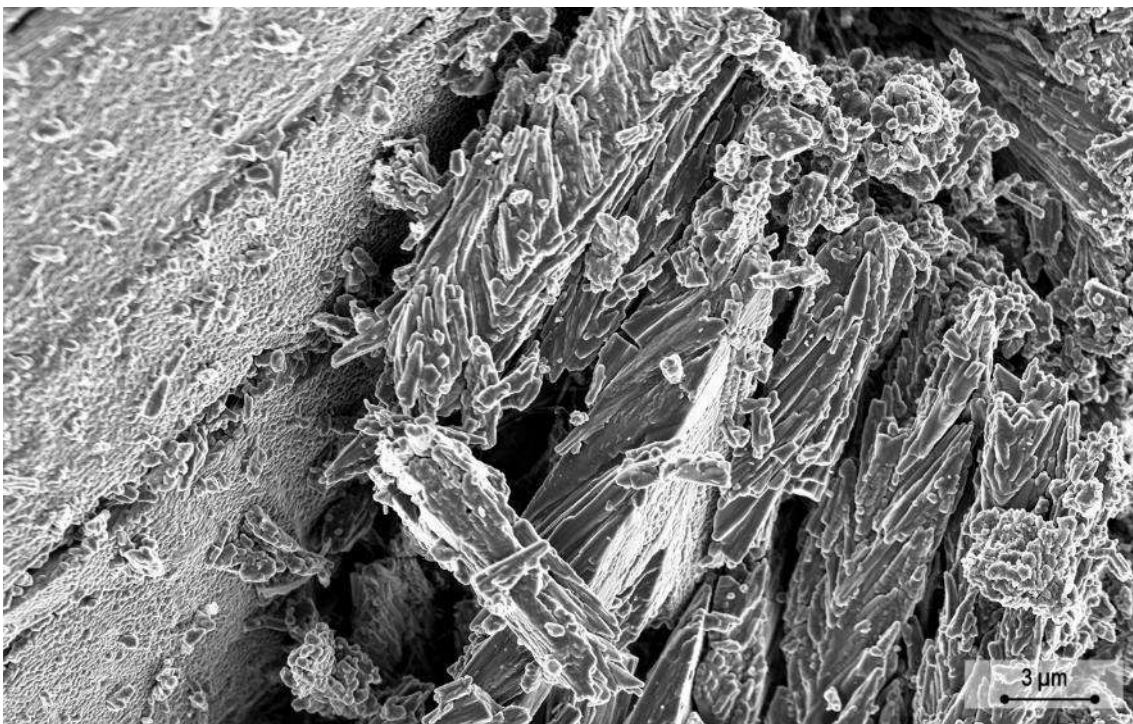
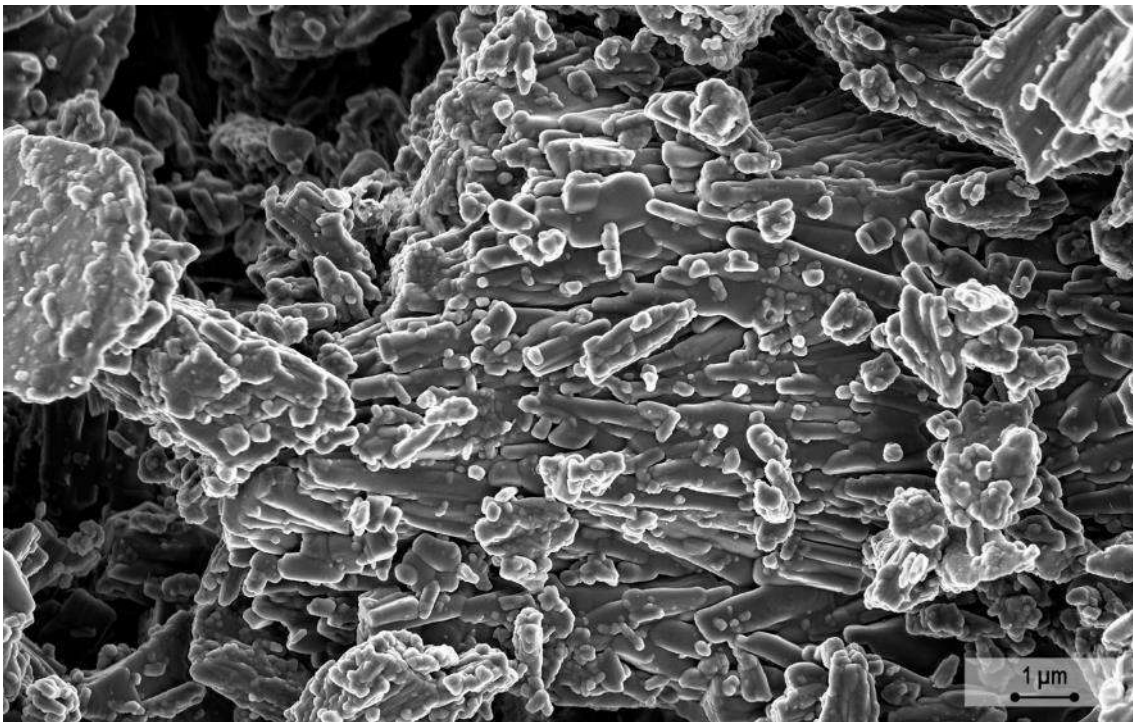


Figura-Material Complementario 47. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de mufla a una temperatura de 1200°C tras la hidratación.

Se observan cristales con morfología acicular que indican que no se hidrató nada. Se aprecia una desintegración más pronunciada de los grupos más grandes de anhidrita II en contacto con el agua, y la sinterización es más evidente.

Muestras de yeso hidratado tras las cocciones tradicionales experimentales

1) AAH:



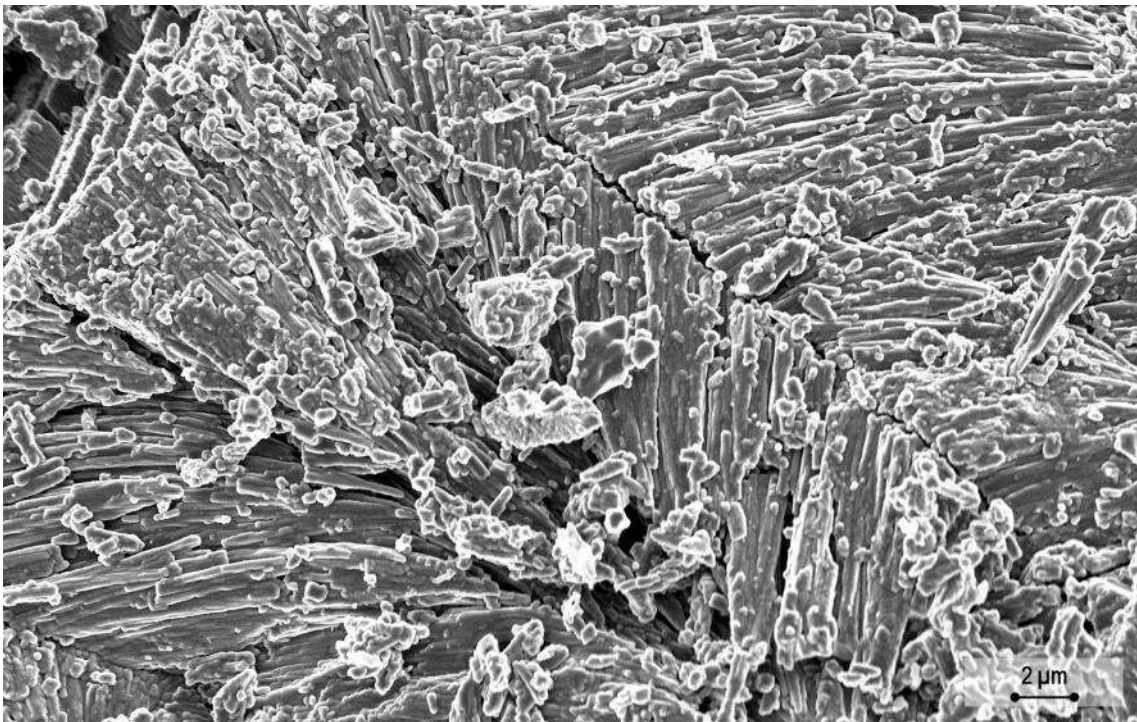
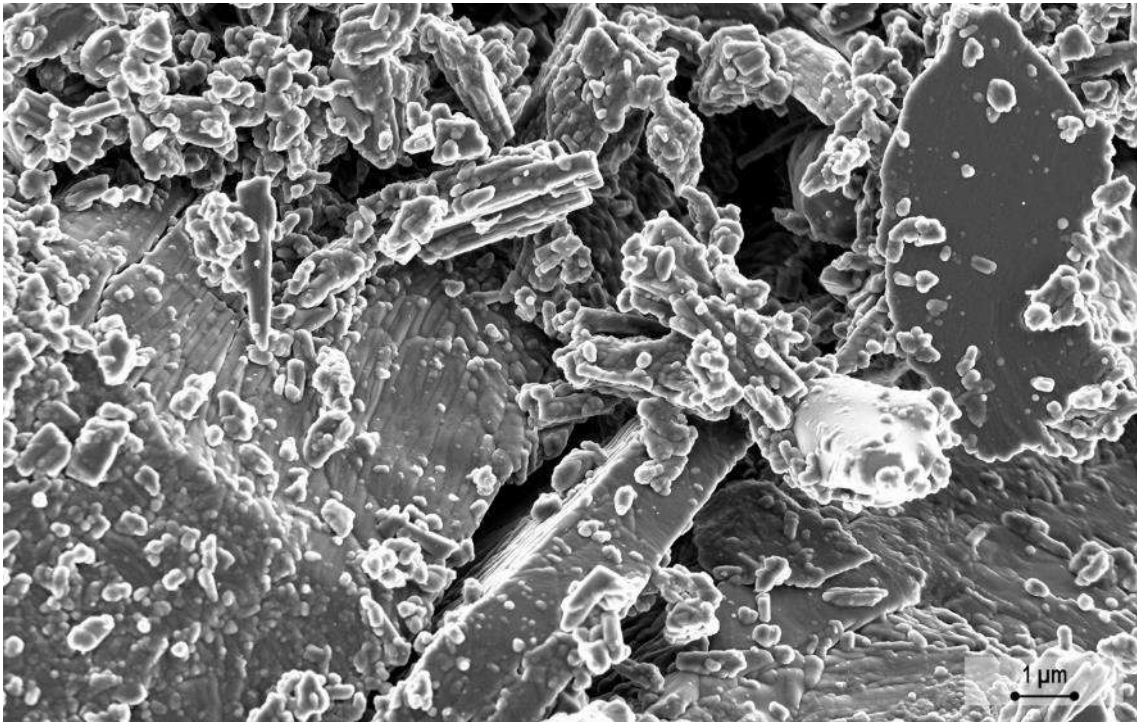
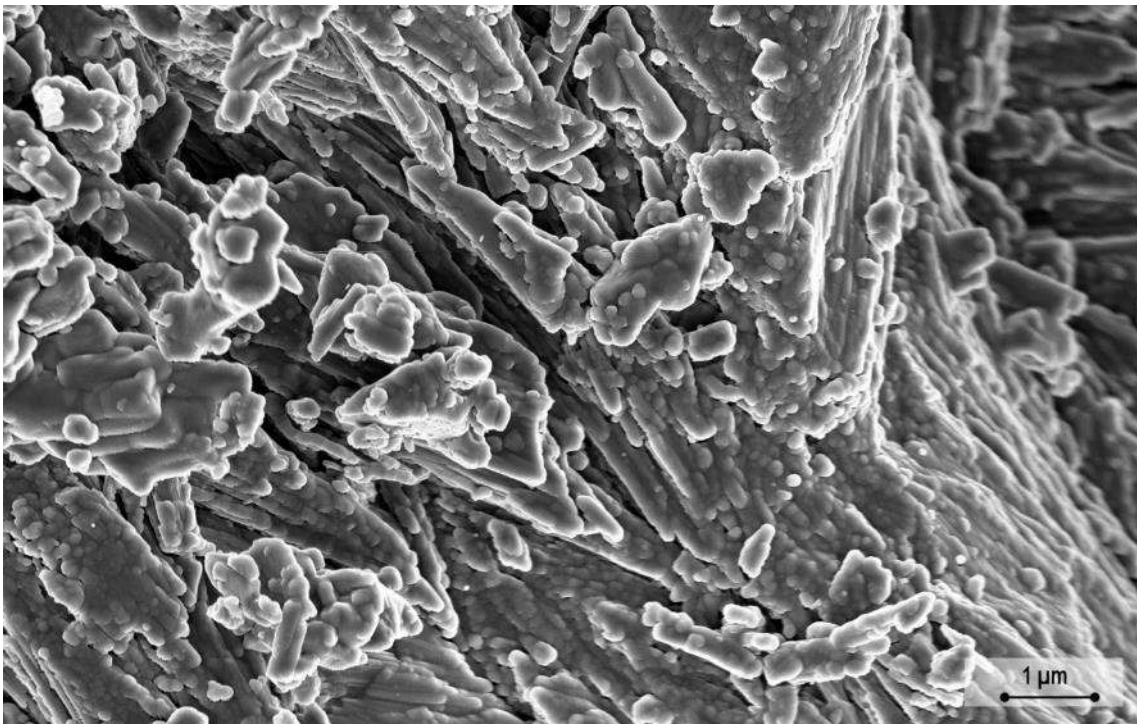
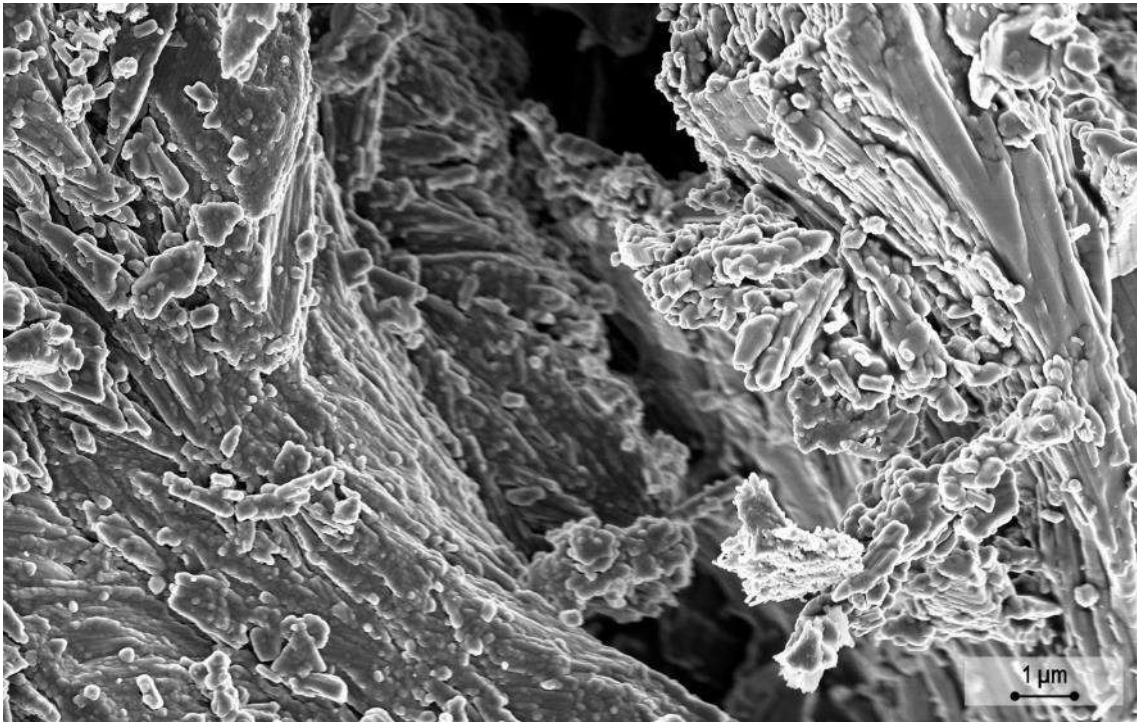


Figura-Material Complementario 48. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Albarracín tras la hidratación, zona alta o caramullo.

Son apreciables los cristales de yeso con morfología acicular junto con cristales de yeso sin cocer de mayor tamaño, indicando que se produjo una hidratación parcial.

2) AMH:



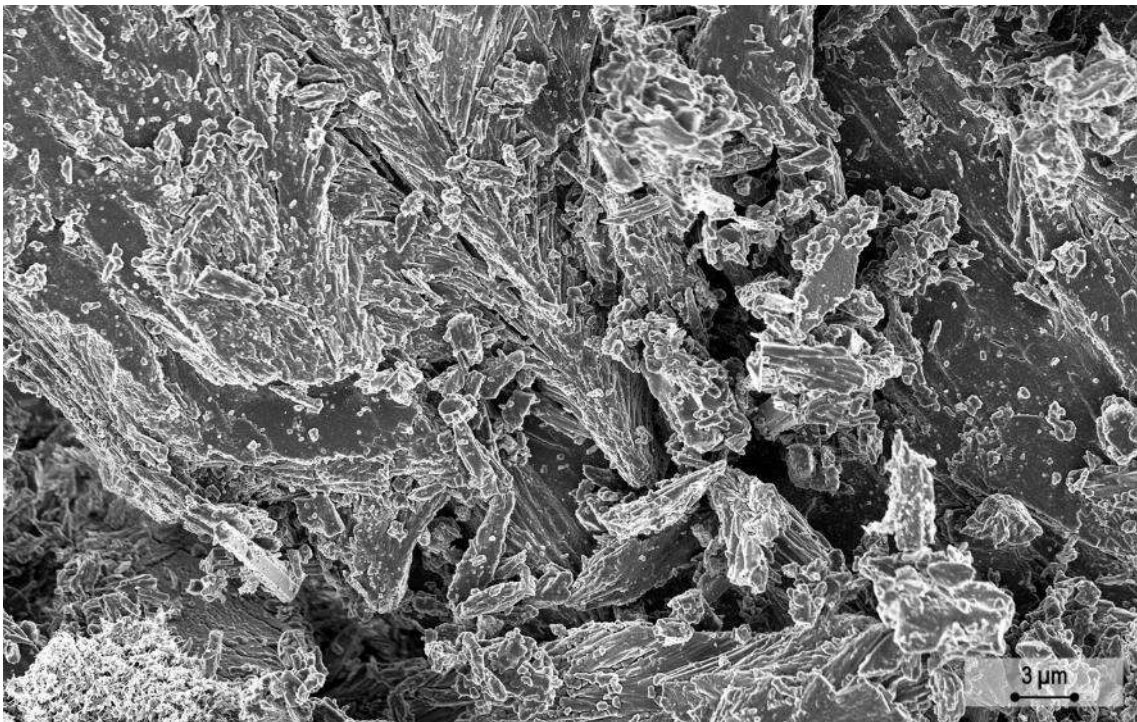
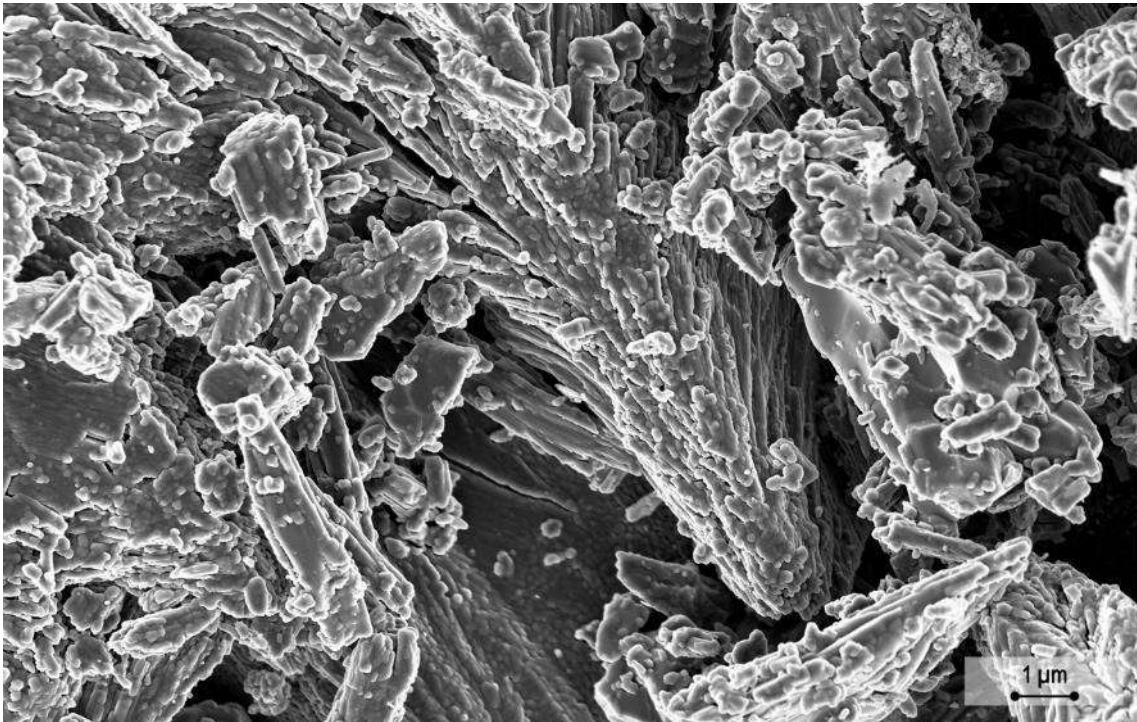
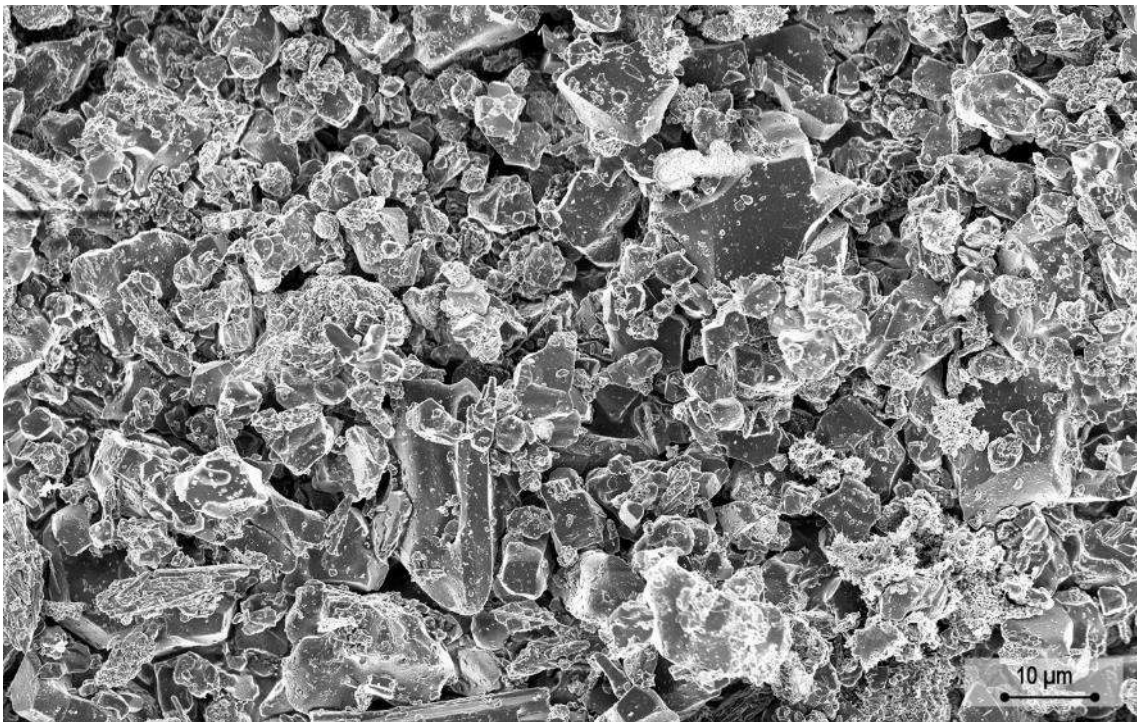
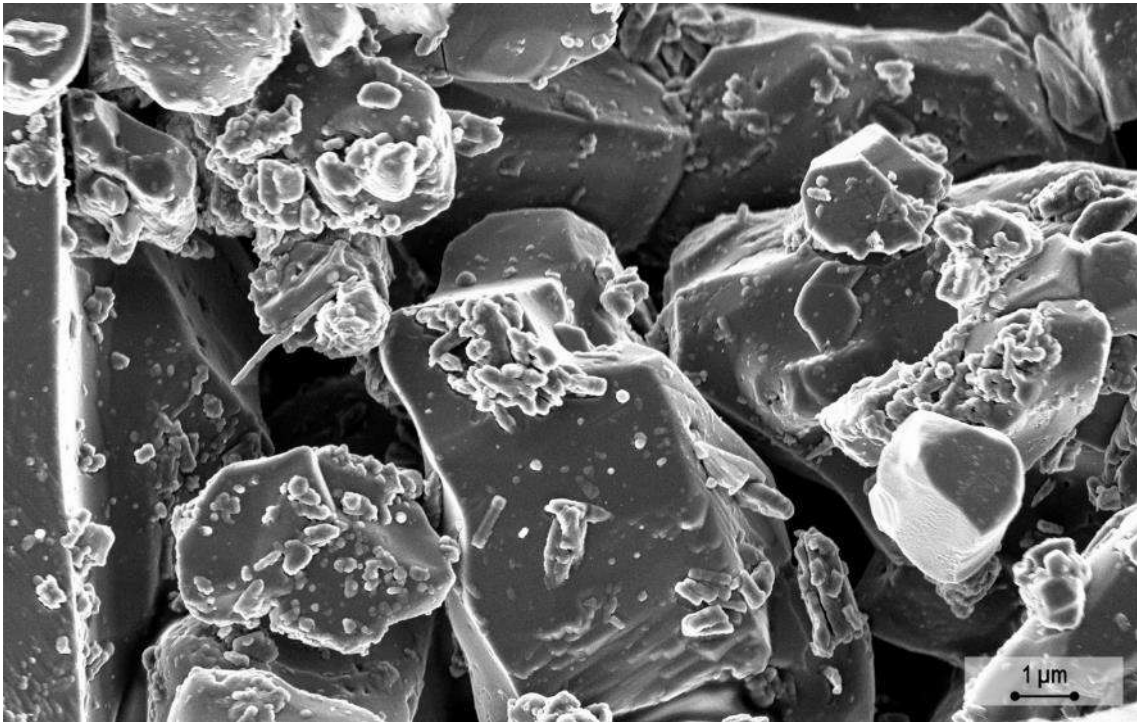


Figura-Material Complementario 49. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Albarracín tras la hidratación, zona media.

Se pueden apreciar los cristales de yeso con morfología acicular, así como porciones más pequeñas de anhidrita II procedentes de porciones más grandes que se han desintegrado al entrar en contacto con el agua.

3) ABH:



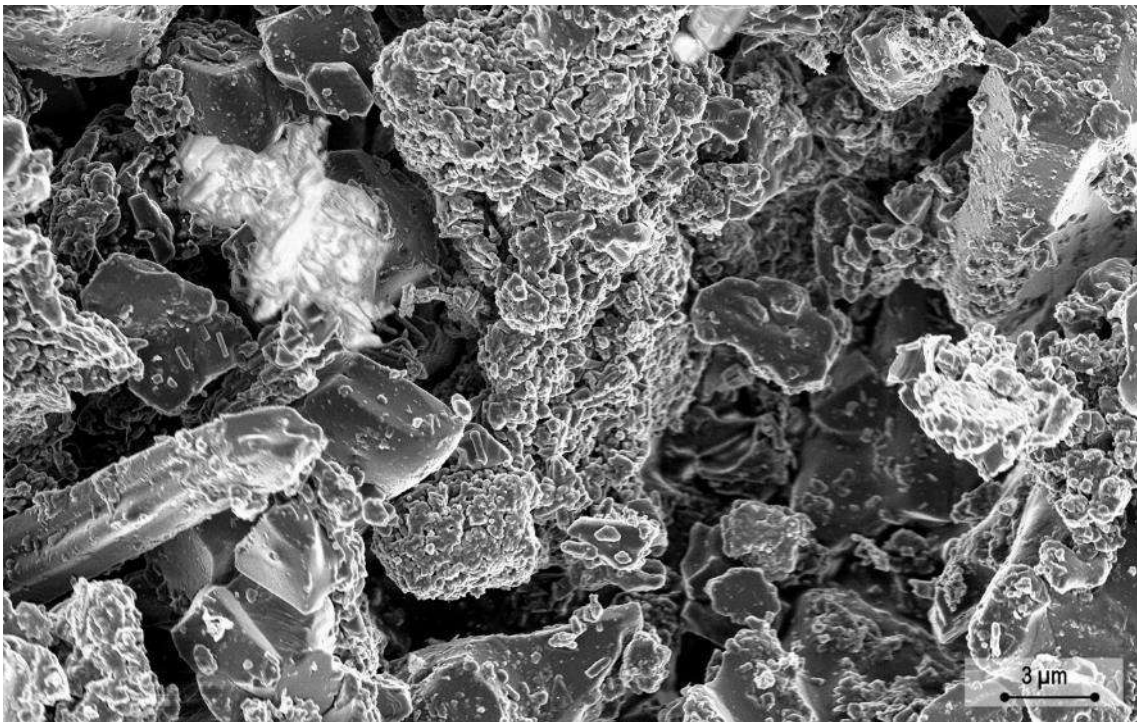
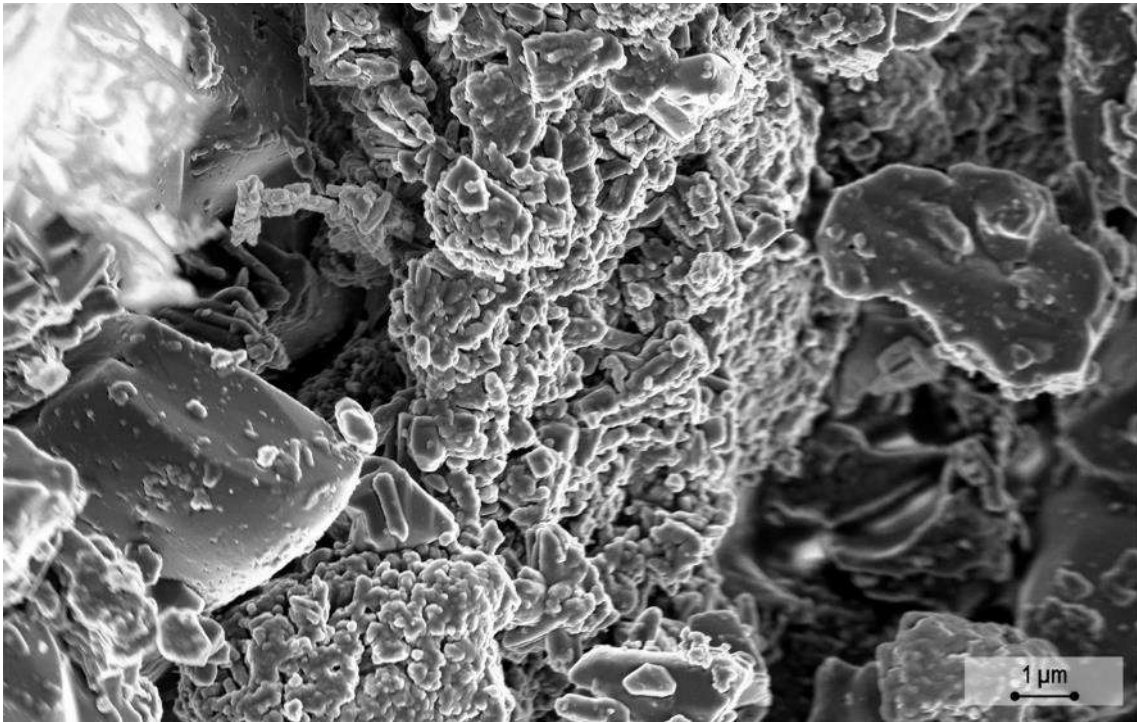
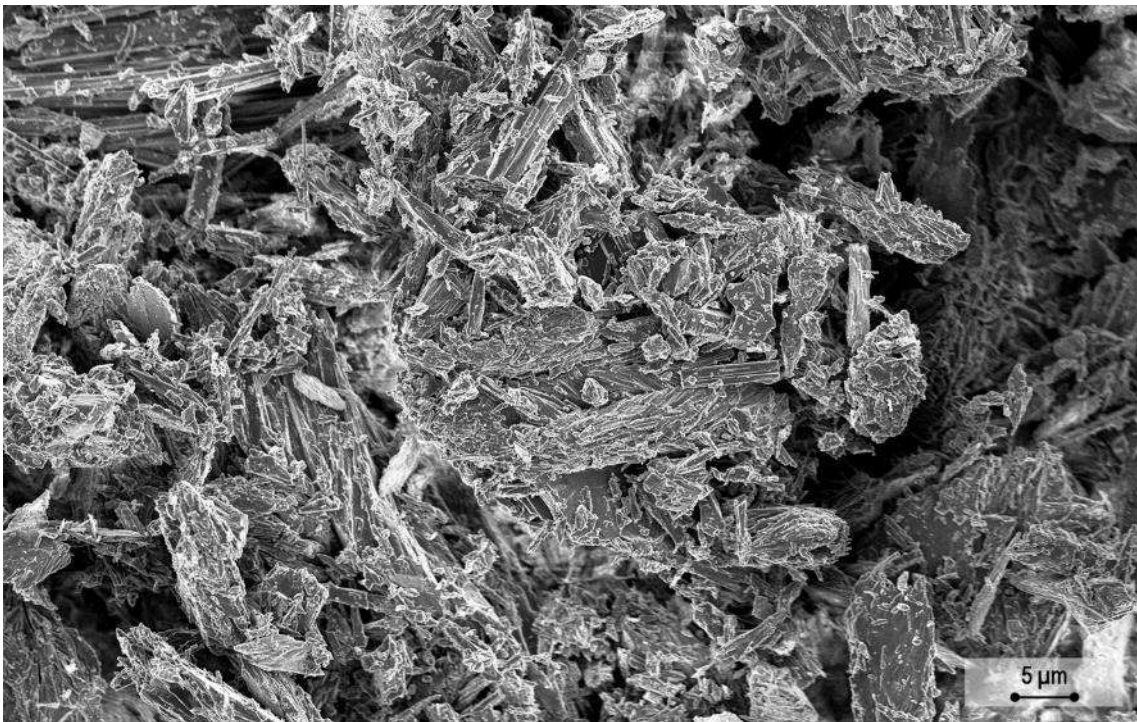
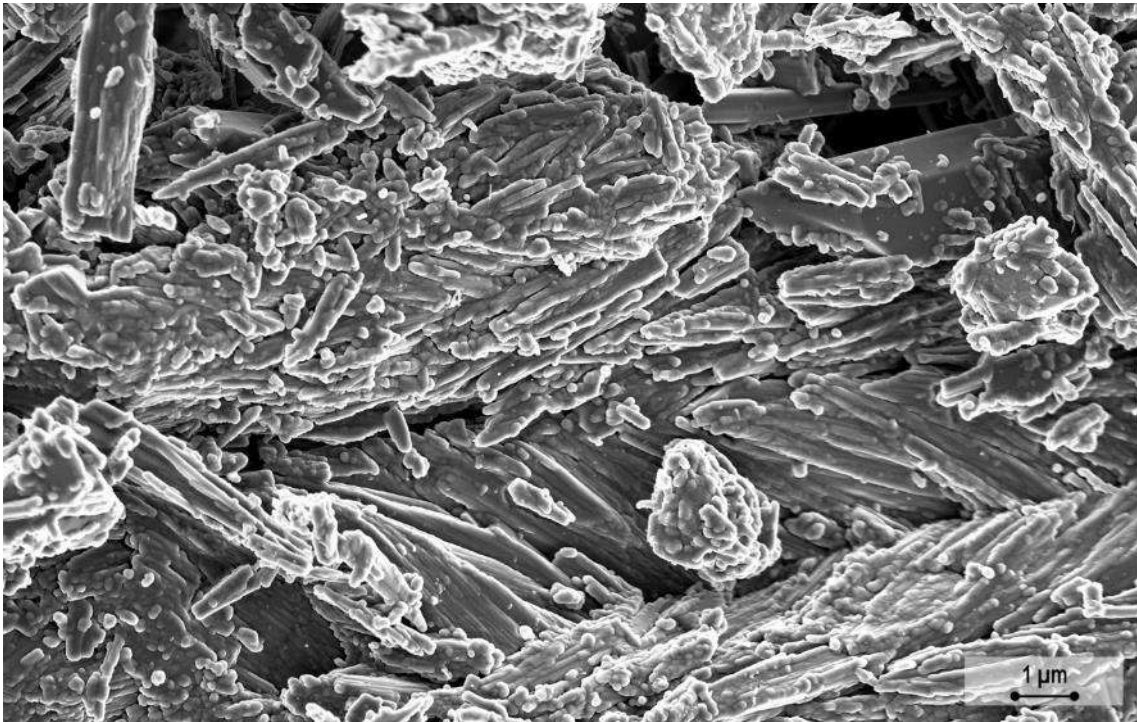


Figura-Material Complementario 50. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Albarracín tras la hidratación, zona baja o boca.

Los fragmentos más grandes originados por la desintegración de la anhidrita son claramente visibles, con bordes más redondeados debido a la sinterización.

4) NAH:



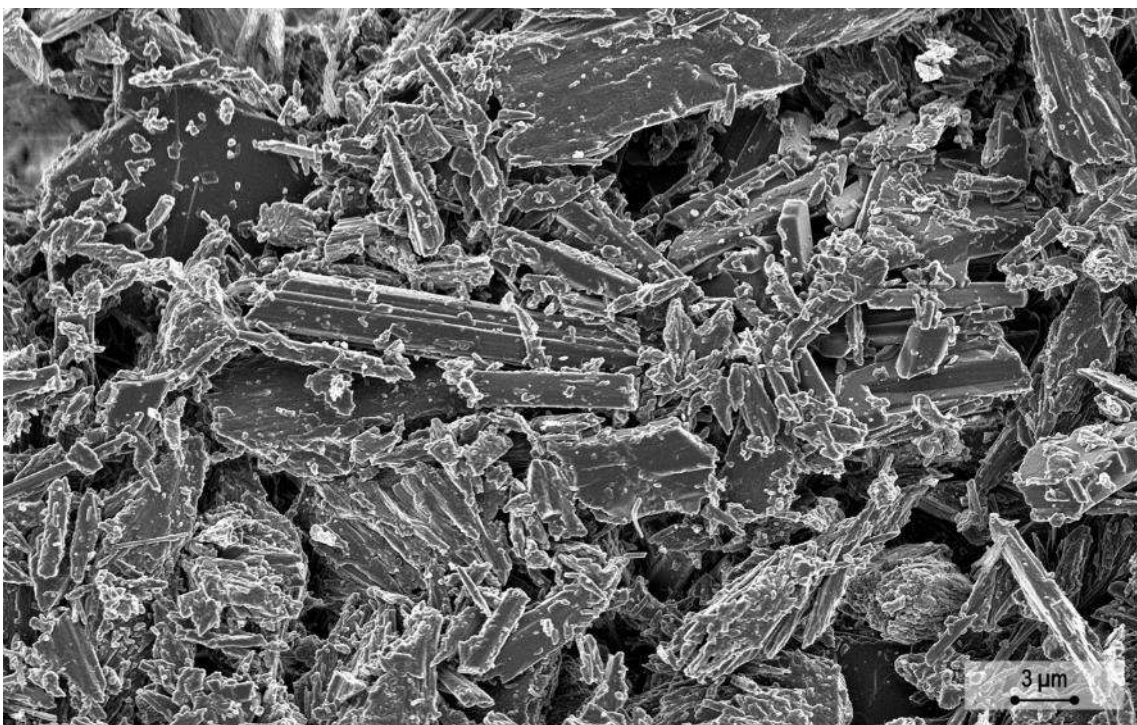
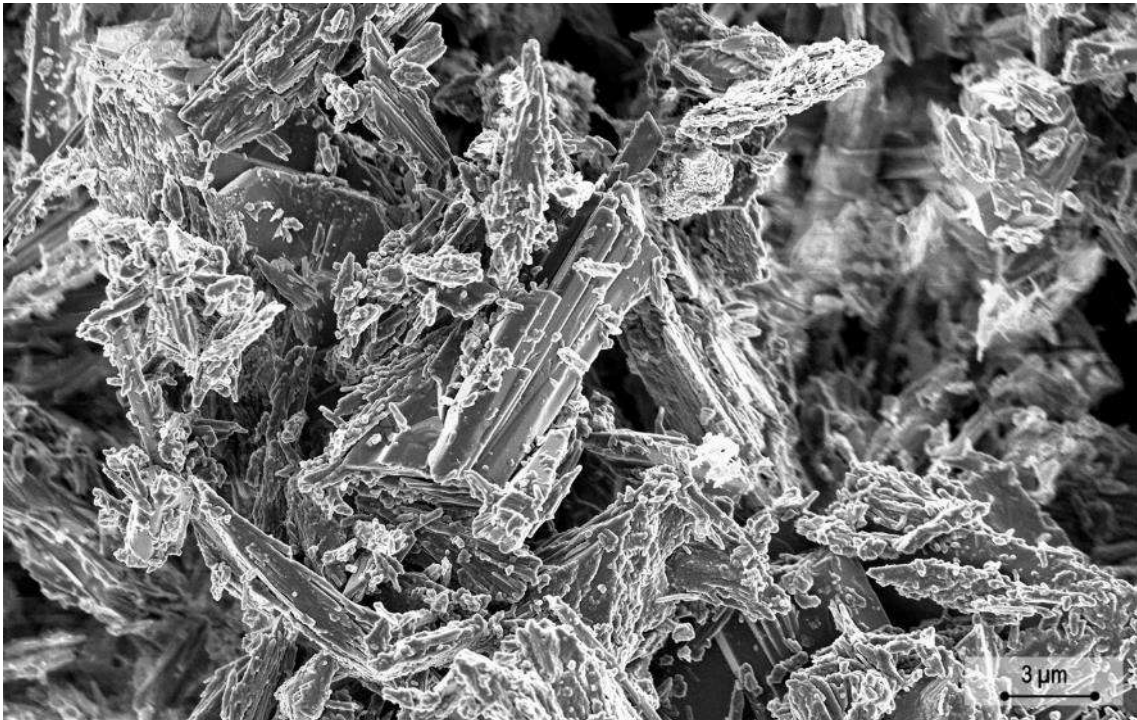
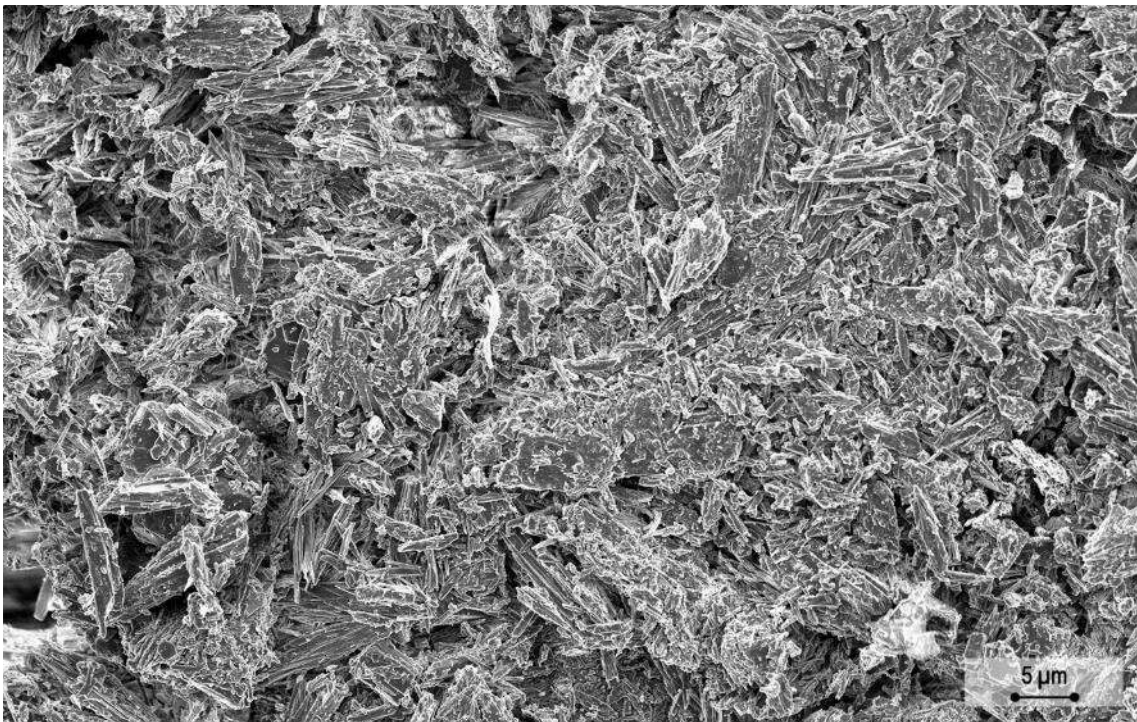
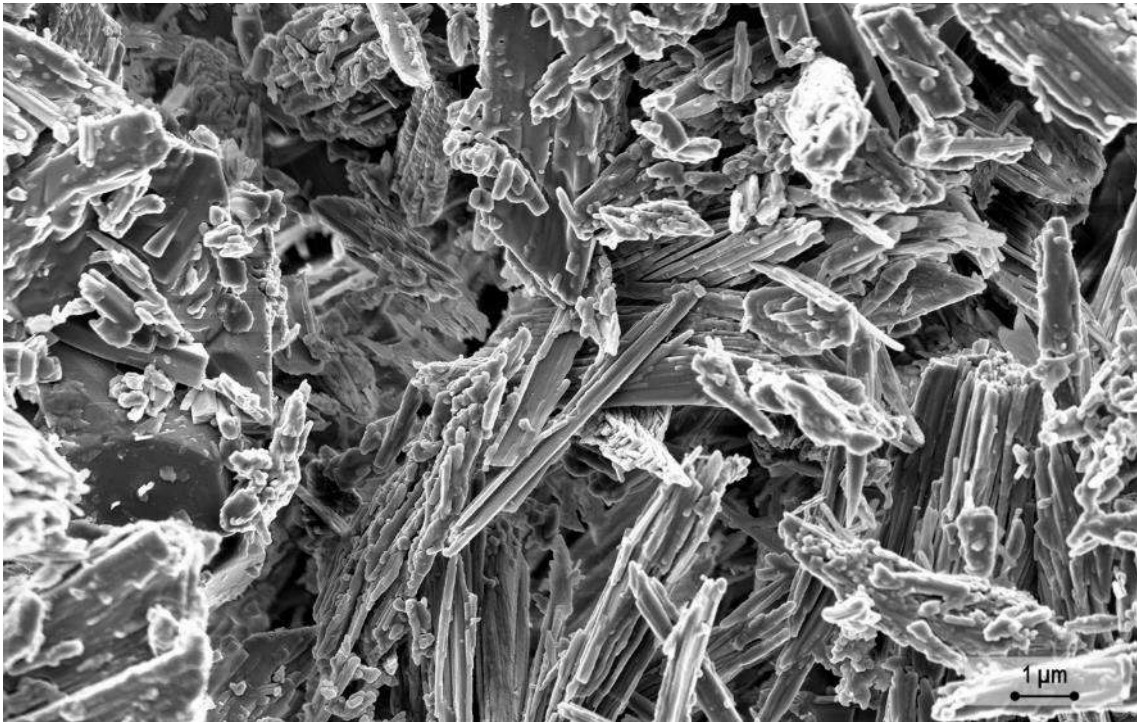


Figura-Material Complementario 51. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Navarrete tras la hidratación, zona alta o caramullo.

Se pueden observar porciones más pequeñas de los grandes agregados de anhidrita II sin hidratar, indicando que estos se han desintegrado al entrar contacto con el agua, junto con algunos cristales de yeso aciculares con una longitud máxima de 10 μm .

5) NMH:



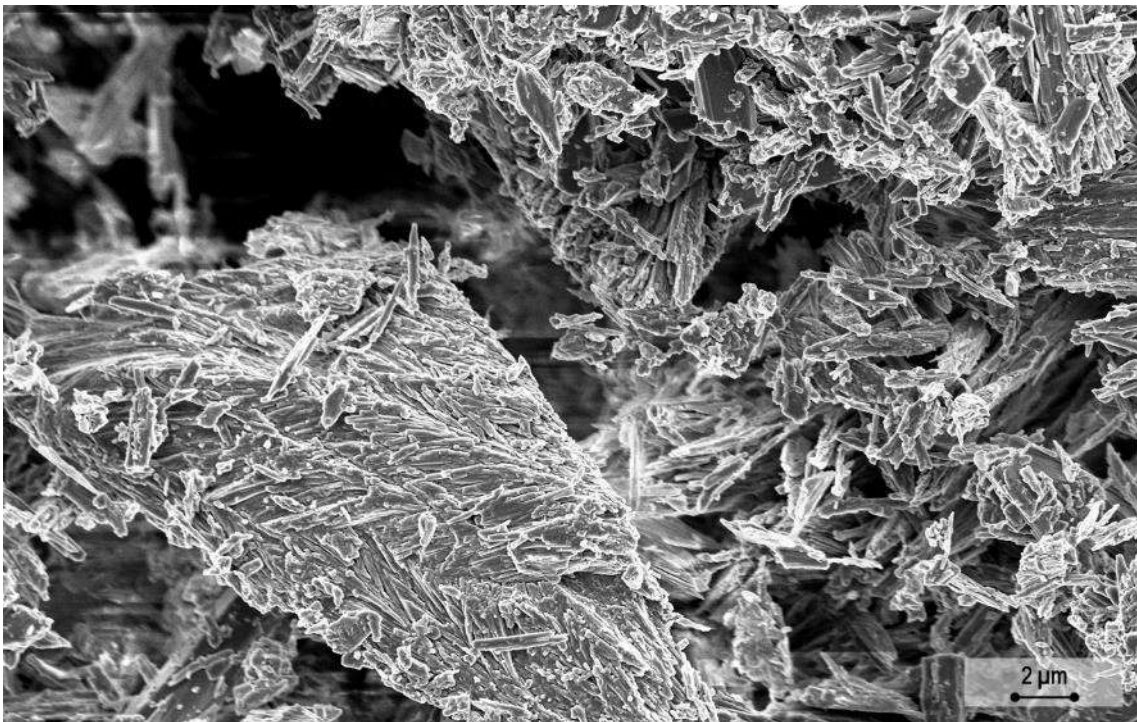
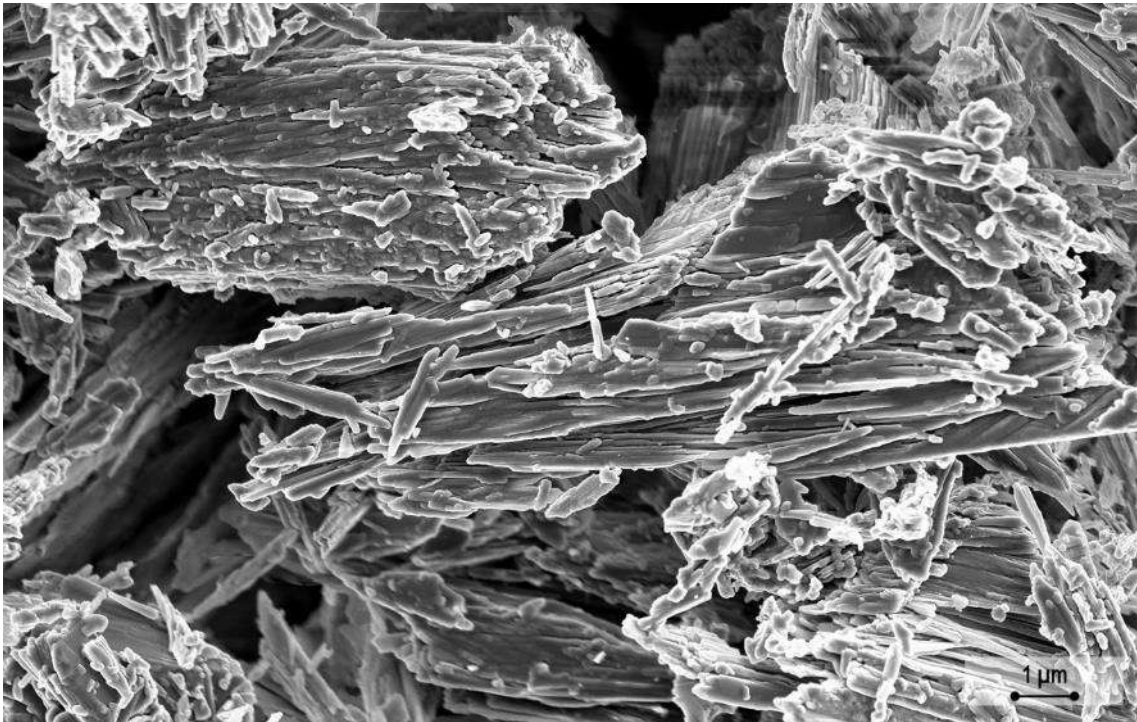
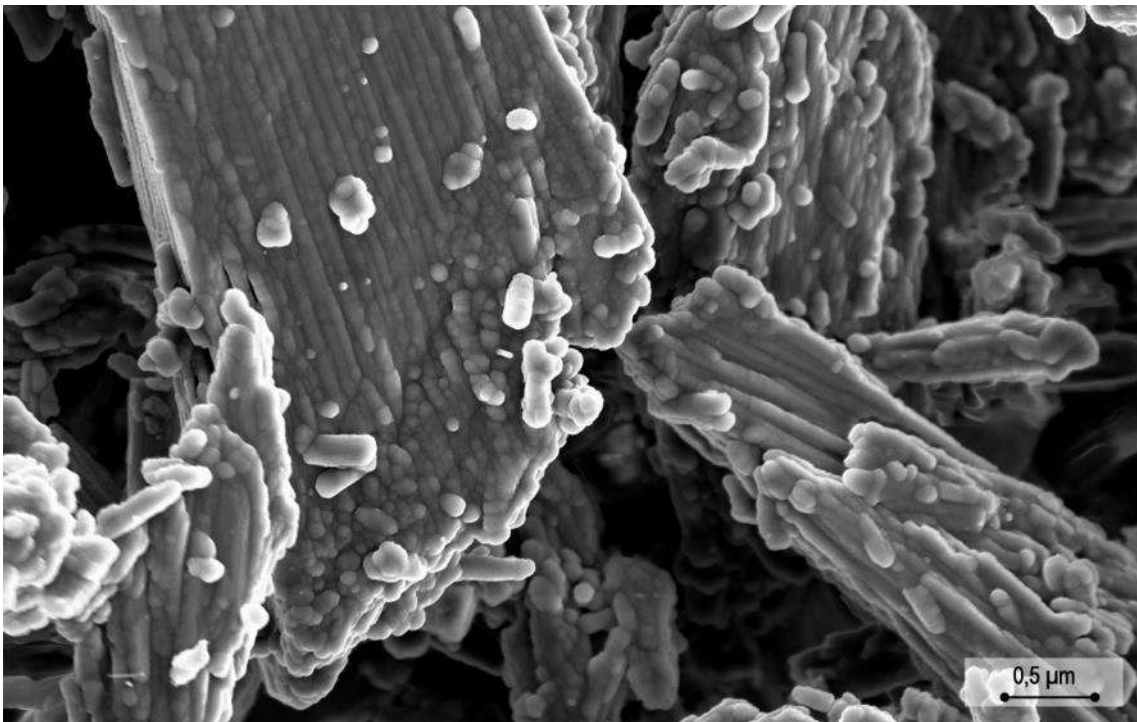
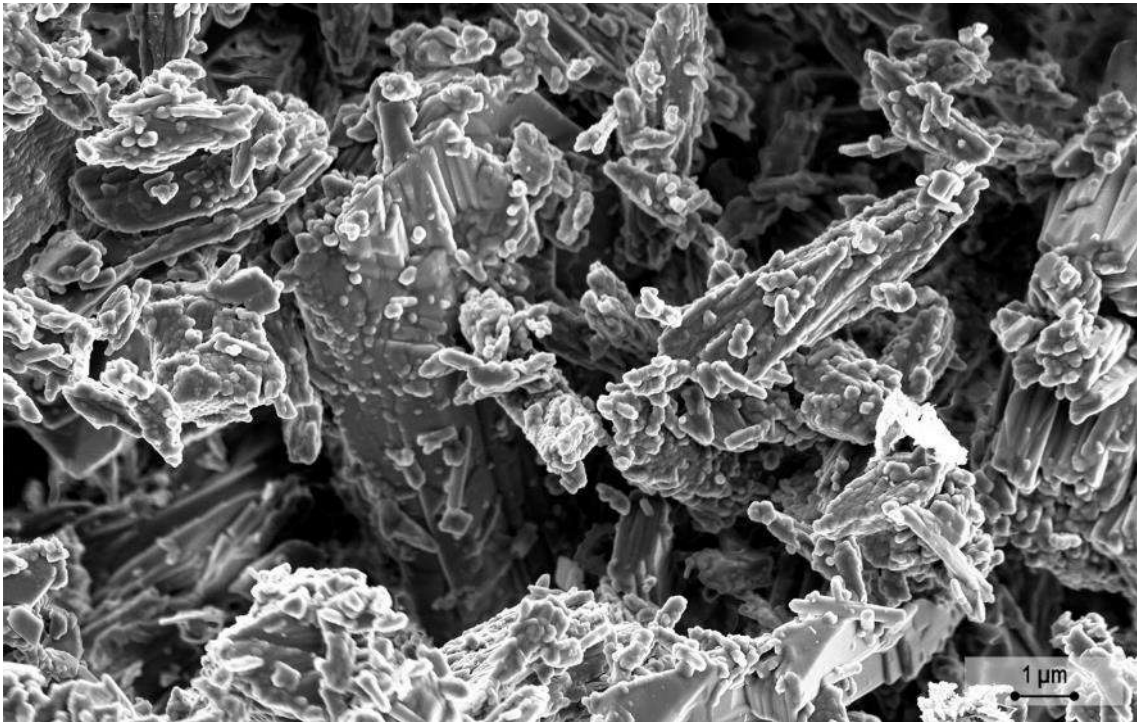


Figura-Material Complementario 52. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Navarrete tras la hidratación, zona media.

Se observan porciones desintegradas de anhidrita II al entrar en contacto con el agua, con la típica morfología de hábito acicular.

6) NBH:



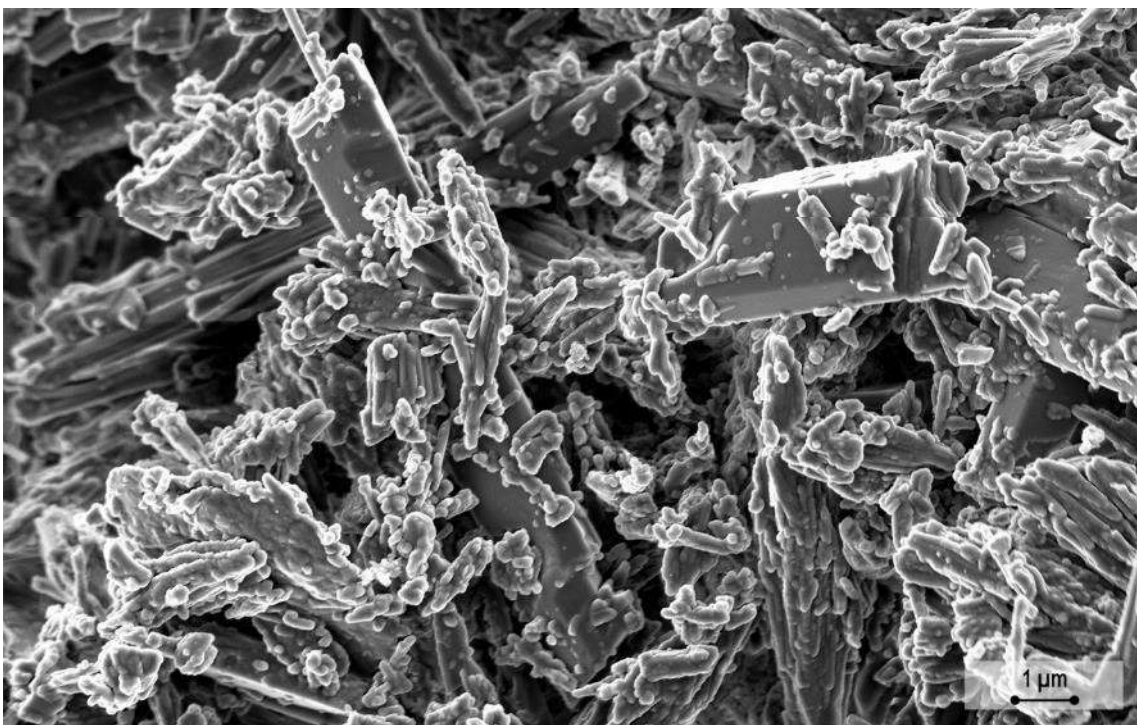
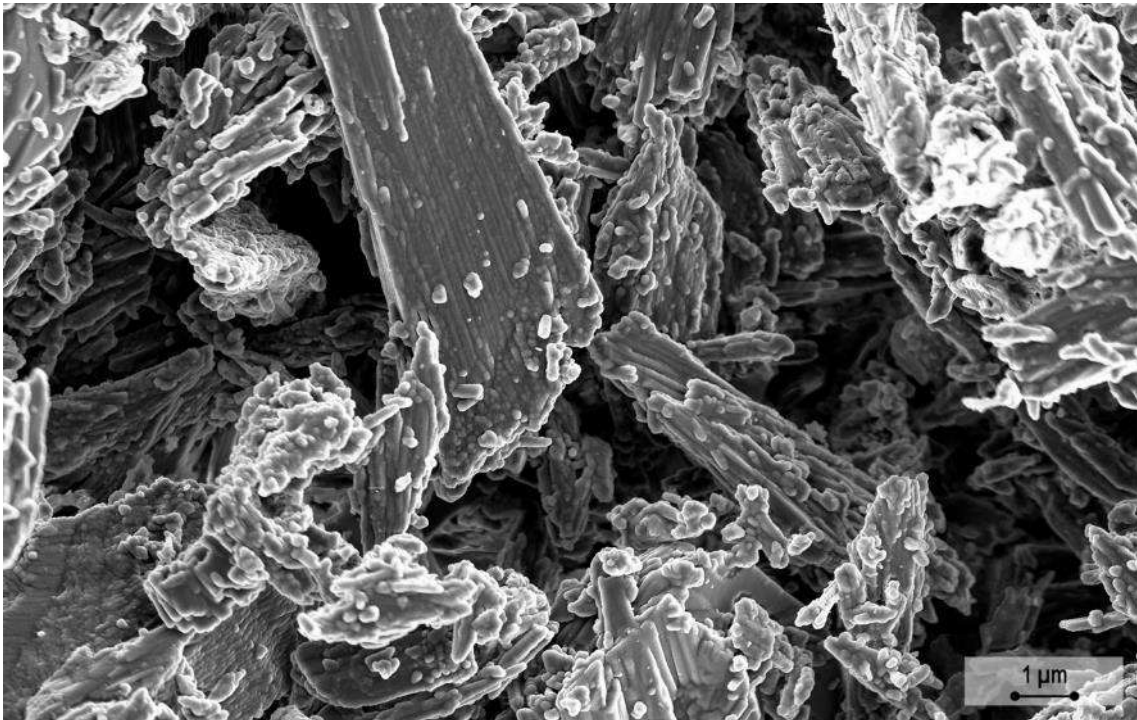


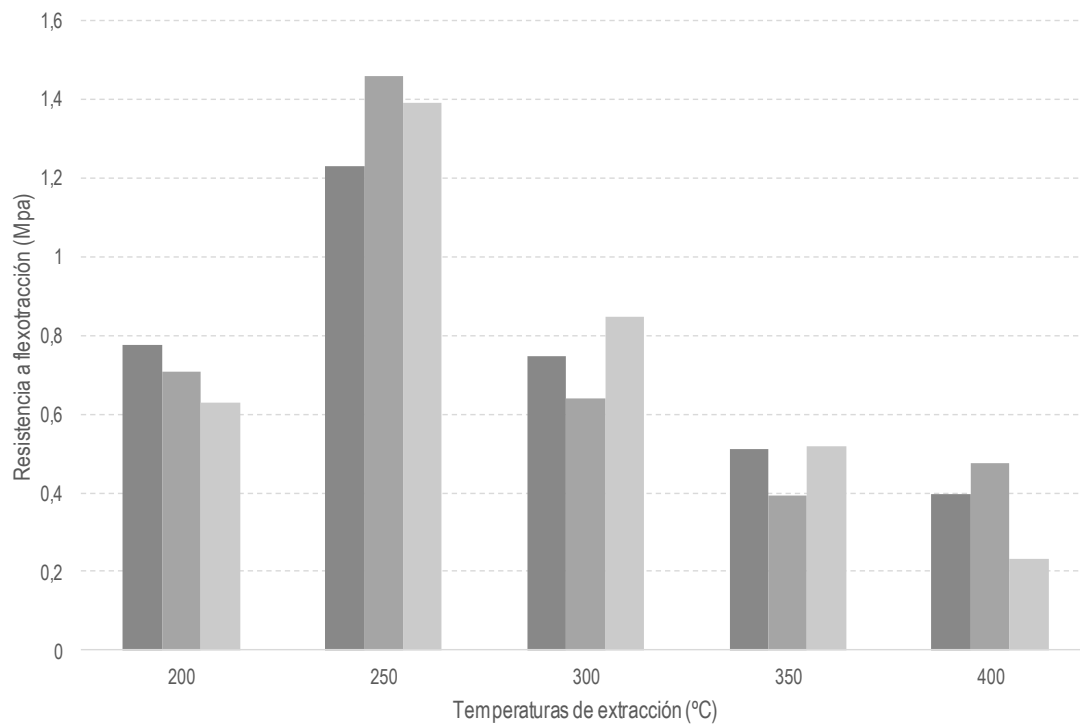
Figura-Material Complementario 53. Imágenes FESEM de las muestras de yeso tras la cocción en el horno de Navarrete tras la hidratación, zona baja o boca.

Se aprecia una desintegración de los grupos más grandes de anhidrita II en contacto con el agua, y algunos un poco redondeados, aunque de manera menos evidente que en el horno de Albarracín.

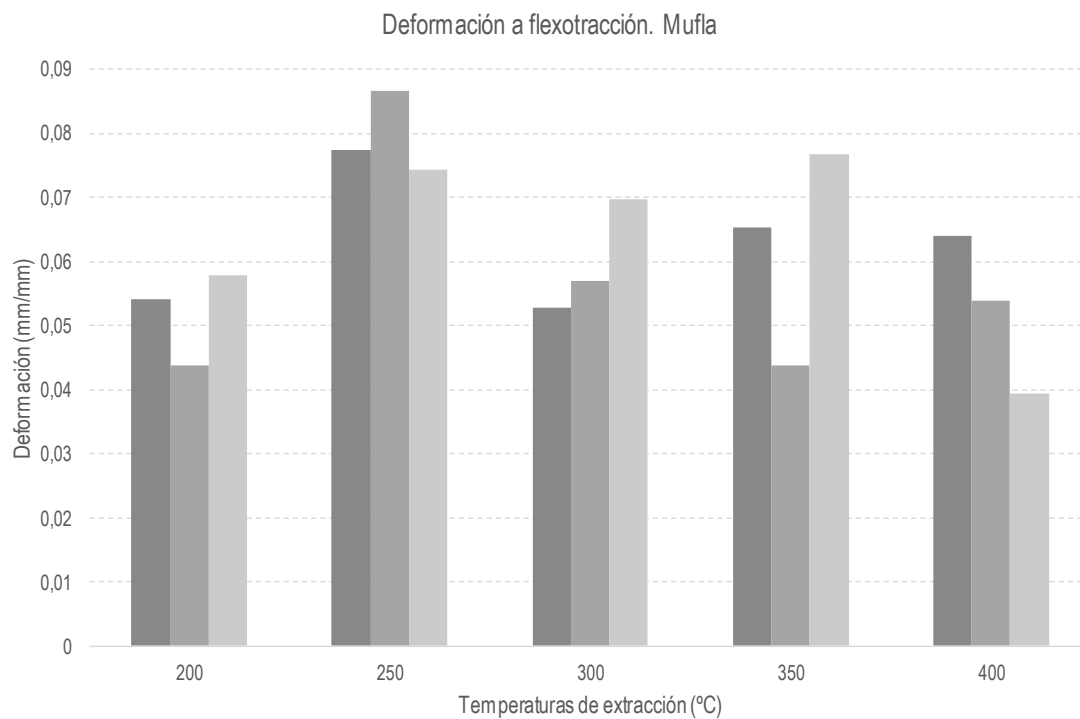
ANEXO X.
GRÁFICAS COMPLEMENTARIAS A LOS
ENSAYOS DE RESISTENCIA MECÁNICA:
FLEXOTRACCIÓN Y COMPRESIÓN

Muestras de yeso hidratado tras la cocción en el horno de mufla

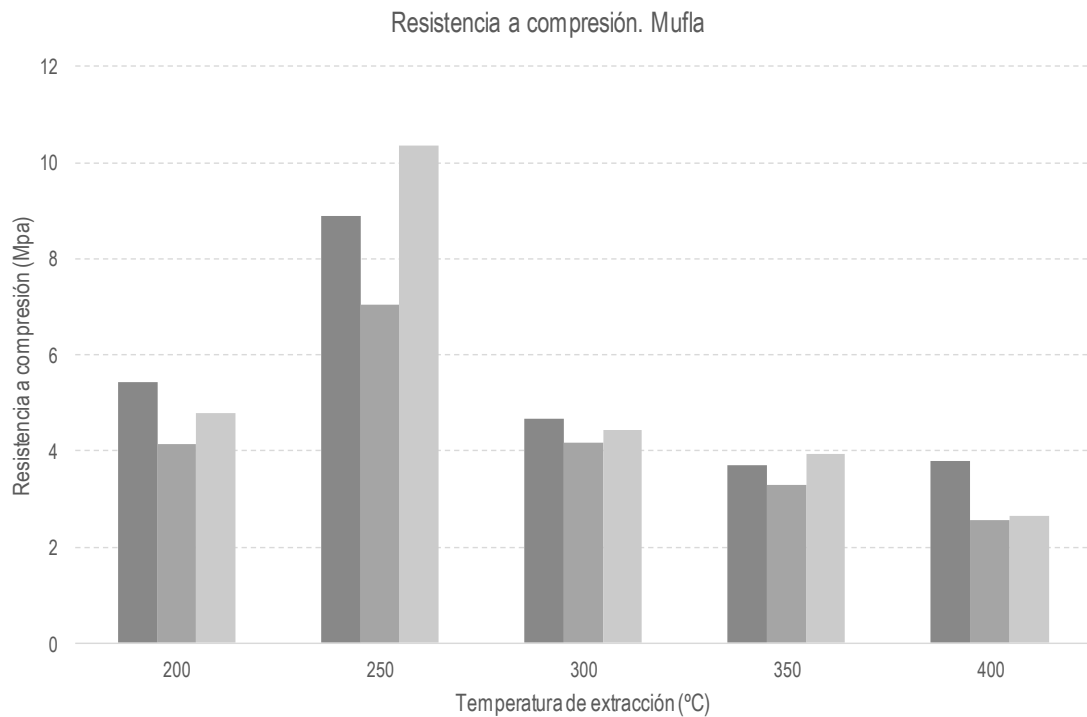
1) Ensayo flexotracción: resistencia



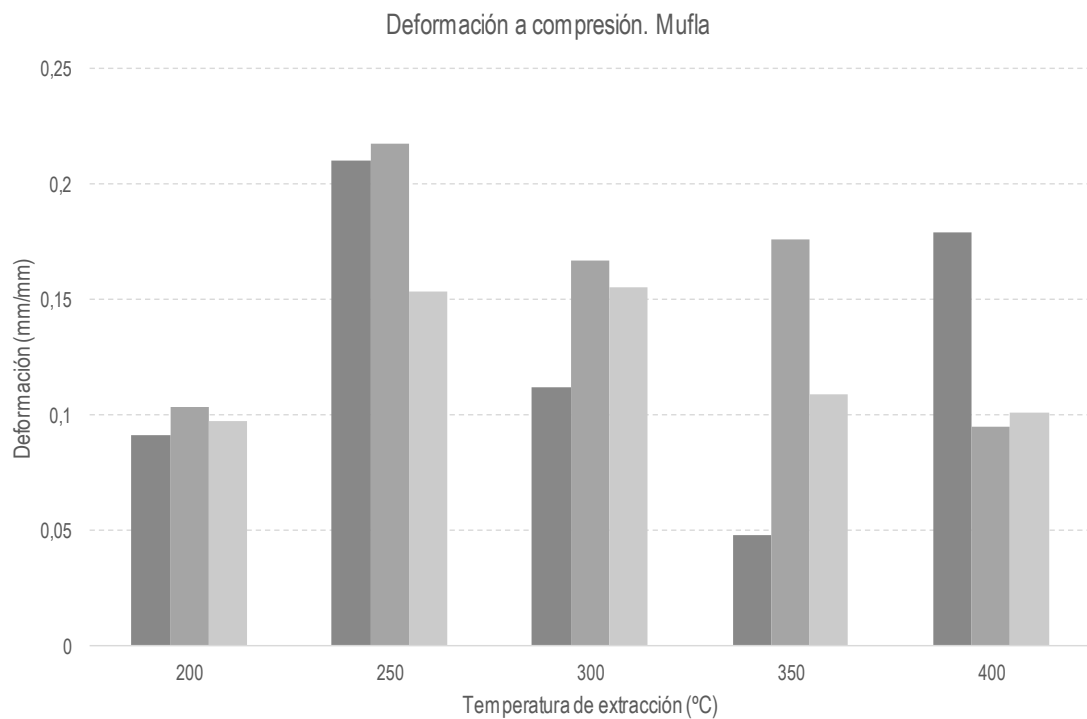
2) Ensayo flexotracción: deformación



3) Ensayo compresión: resistencia

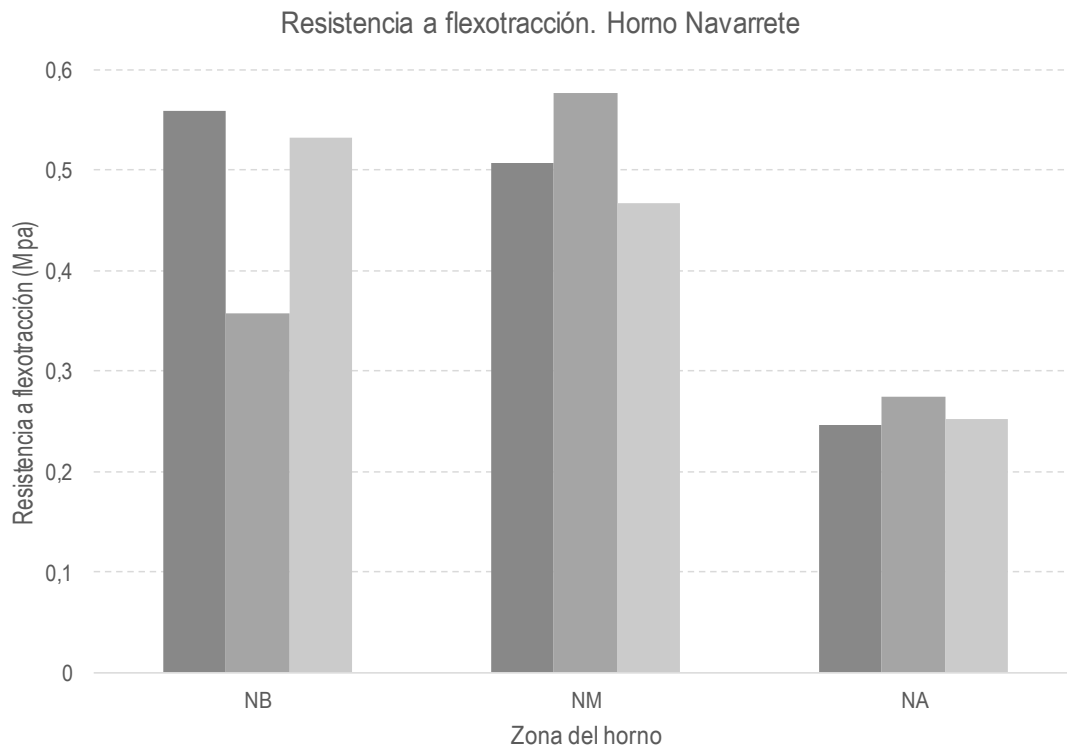


4) Ensayo compresión: deformación

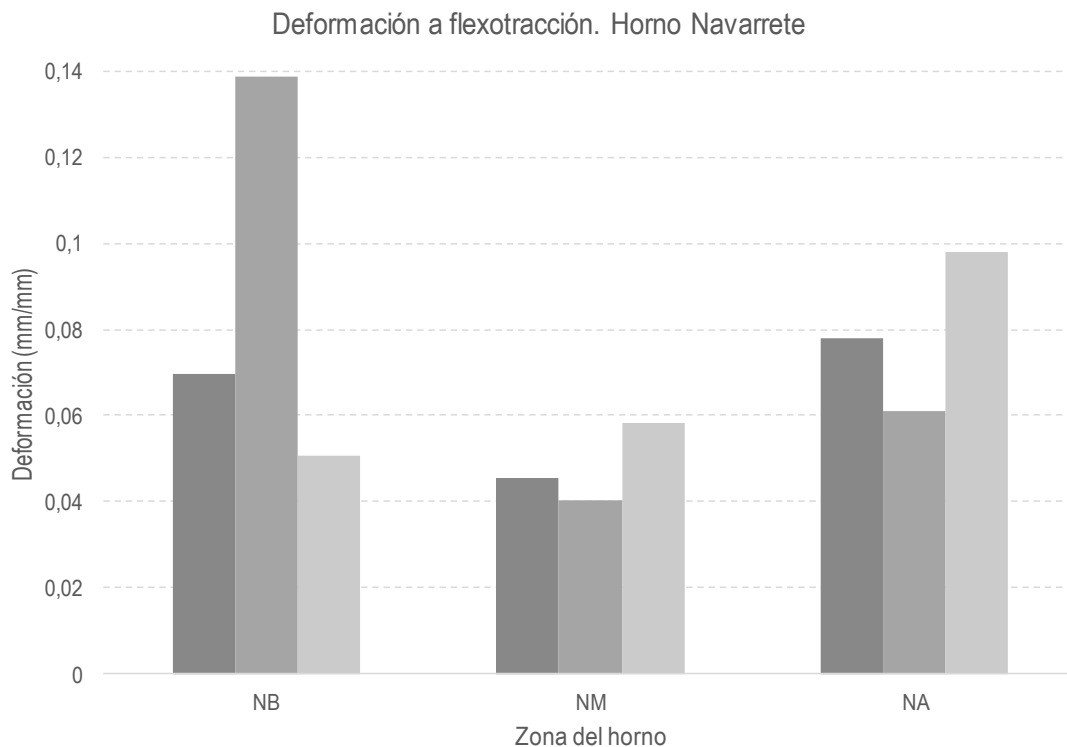


Muestras de yeso hidratado tras las cocciones tradicionales experimentales

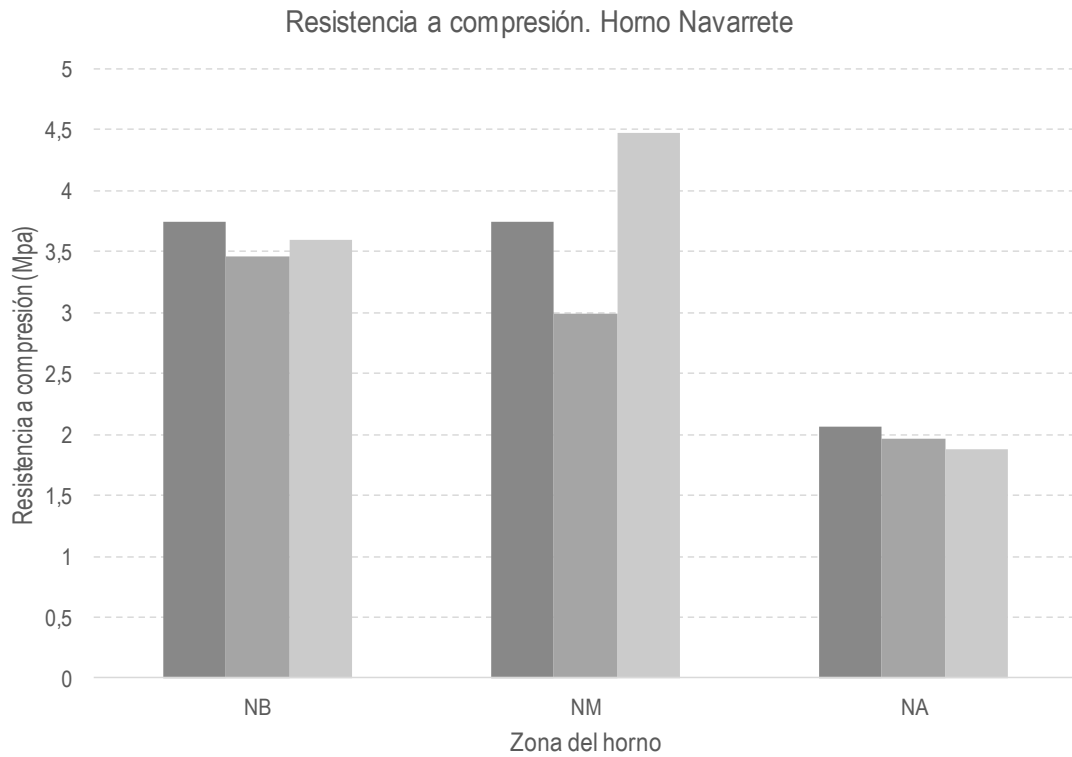
1) Ensayo flexotracción: resistencia



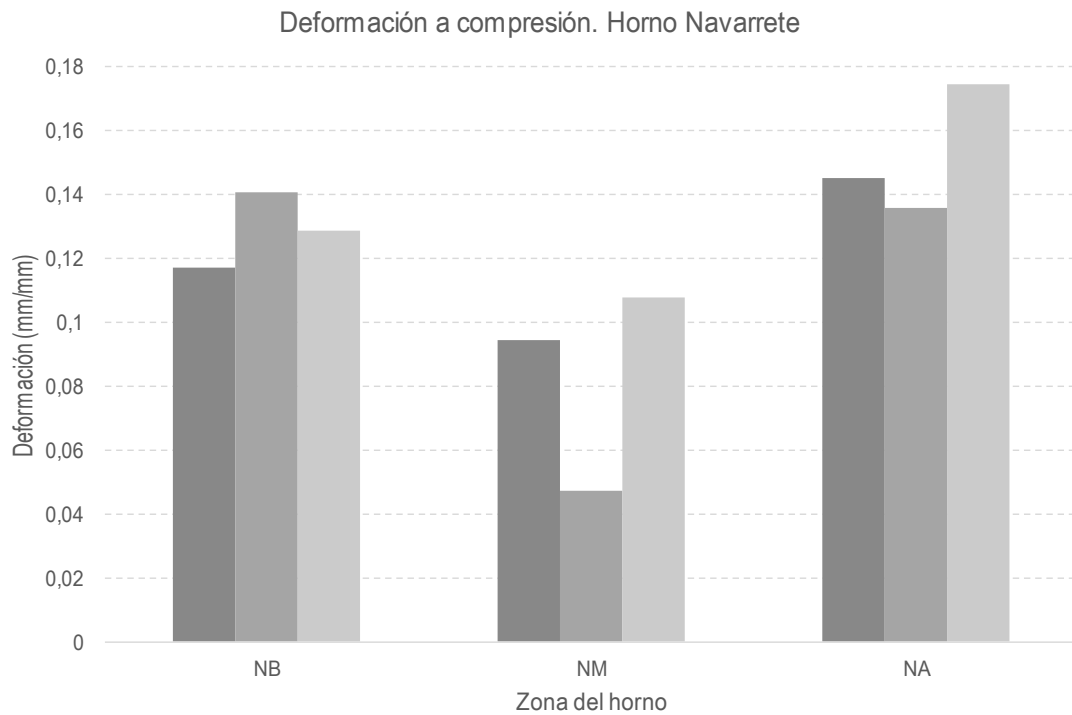
2) Ensayo flexotracción: deformación



3) Ensayo compresión: resistencia



4) Ensayo compresión: deformación



Tesis Doctoral:

El yeso como material de construcción en la arquitectura tradicional

Programa de Doctorado: Ciencias de la Tierra, Línea de investigación: Mineralogía

Autor: Pedro Bel Anzué

Directores: Dra. Kerstin Elert y Dr. Antonio Almagro Gorbea

Tutor: Dr. Carlos Rodríguez Navarro

Enero de 2024



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**