

EL FORN DE RAIG

*¹Ramírez-Casas J. *, ¹Navarro A., A. ¹Rosell J.R.,
¹Universitat Politècnica de Catalunya (UPC),
Departament Construccions Arquitectòniques II, Barcelona, Spain.*

judith.ramirez@upc.edu

ABSTRACT

La presente comunicación está enmarcada dentro del proyecto de recuperación y puesta en valor del patrimonio histórico artístico y natural del municipio de Calders (Catalunya, Espanya) bajo la denominación de “Centro de Arte Contemporáneo y Sostenibilidad CACIS – El Forn de la Calç”. Entre muchas otras actividades, una de las que se ha llevado a cabo ha sido la recuperación de los antiguos hornos de cal que en la actualidad forman parte del proyecto “Ecomuseo del Moianès”, que vehicula y coordina diferentes actuaciones de recuperación del patrimonio histórico-artístico en municipios limítrofes. El objetivo de nuestro trabajo es la restauración y puesta en marcha de otro horno existente dentro del entorno de CACIS. Dicho horno es también pre-industrial, pero en este caso es de eje vertical continuo (Forn de raig). Los restos del yacimiento, que se encuentra en muy buen estado, nos dan evidencias de un uso más o menos continuado y por tanto parece factible la posibilidad de fabricar cal durante unos días. Teniendo en cuenta que este tipo de hornos no son demasiado habituales, creemos que la experiencia adquiere un gran interés en muchos ámbitos; tecnológicos, históricos, arqueológicos, etc.

Por tanto, proponemos el proyecto de restauración para poder poner en marcha el horno. Éste incluirá unos trabajos previos consistentes en: investigación histórica documental, establecimiento de contactos con las fuentes vivas (orales), caracterización de la piedra a calcinar, excavación arqueológica de la base del horno, etc. El estudio constructivo y de los materiales que conforman el horno consistirá en: hacer los levantamientos planimétricos y estratigráficos en planta y alzado; mapeo de los tipos de materiales que configuran el horno y de las pátinas y restos atribuibles a su combustión, etc. Por último se propondrán los materiales y las técnicas a utilizar para la ejecución de los trabajos de restauración.

Creemos que se pueden obtener buenos resultados de la experiencia y que, además, ésta nos dará respuestas de cómo funcionaban este tipo de hornos preindustriales, de los que se tiene poca información. Además la experiencia supondrá la recuperación y conservación del patrimonio industrial y su integración en el paisaje rural de la zona.

1. Antecedentes

El presente trabajo está enmarcado dentro del proyecto de recuperación y puesta en valor del patrimonio histórico artístico y natural del municipio de Calders (Catalunya, Espanya) bajo la denominación de “Centro de Arte Contemporaneo y Sostenibilidad CACIS – El Forn de la Calç”. Entre muchas otras actividades, una de las que se ha llevado a cabo ha sido la recuperación de los antiguos hornos de cal que en la actualidad forman parte del proyecto “Ecomuseo del Moianès”, que vehicula y coordina diferentes actuaciones de recuperación del patrimonio histórico-artístico en municipios limítrofes.

Hay que decir que el trabajo que se presenta está en proceso y por tanto aunque ya se disponen de bastantes datos concluyentes, falta todavía finalizar por completo el estudio.

2. Objetivo

El objetivo de nuestro trabajo es la restauración y puesta en marcha de otro horno existente dentro del entorno de CACIS. Dicho horno es también pre-industrial, pero en este caso el horno difiere de los anteriormente mencionados por ser de eje vertical continuo (Forn de Raig). Los restos del yacimiento, que se encuentra en muy buen estado, nos da evidencias de un uso más o menos continuado y por tanto parece factible la posibilidad de fabricar cal durante unos días. No obstante se desconoce a priori su antigüedad, el tiempo en que estuvo en marcha y la periodicidad de las cocciones, el combustible utilizado y lo más importante, si el horno era de llama larga o de llama corta (por capas).

El desconocimiento de éstos y más detalles, y teniendo en cuenta que este tipo de hornos no son tan habituales como los de cocción intermitente, al menos en el territorio catalán, nos permite considerar que la experiencia tiene un gran interés en muchos ámbitos: tecnológicos, históricos, arqueológicos, etc.

3. Los hornos de cal

En Catalunya, a finales del S. XIX y durante la primera mitad del S. XX coexistieron dos tipos de hornos de cal, los tradicionales llamados también de olla o “fornot” (foto 1) y los industriales, conocidos también como verticales o “de raig”.

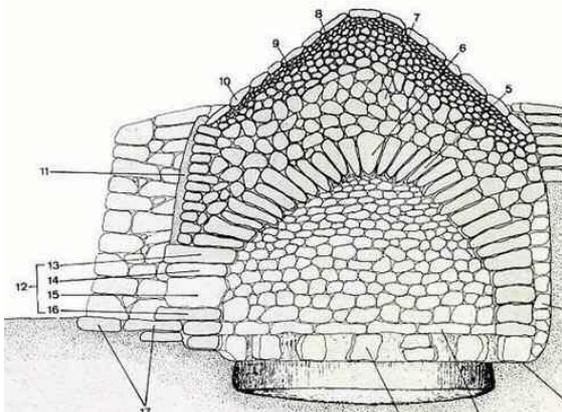


Figura 1. Sección de un horno tradicional de cocción espontánea de la comarca del Montsià (Catalunya) [1]



Foto 1. Hornos de cal de “CACIS” (2010). Hornos tradicionales que funcionaban de forma alterna y por tanto con un producción de la cal continua.

Los hornos verticales continuos de temprana edad, se caracterizan por una calcinación continua de la cal y pueden distinguirse dos tipos: los llamados de llama larga y los de llama corta o de cocción por capas.

El tipo de horno objeto de nuestro estudio es de llama corta. Hay muchas variables en cuanto morfología tanto de la chimenea como de la abertura inferior, por donde una vez calcinada la piedra ésta se extraía separándola de las cenizas generadas por el combustible. La piedra caliza, debidamente triturada y evitando granulometrías excesivamente finas, se introducía en el interior del horno por la boca superior, de forma paulatina e intercalando el combustible ya fuese leña, carbón mineral o carbón vegetal.

Otra modalidad de este tipo de hornos son los llamados de gran llama o llama larga, muy similares a los de calcinación periódica, por tener un hogar en la parte inferior, (cámara de combustión) donde se quema el combustible directamente.

De las referencias escritas encontradas de este tipo de cocción, una de las más tempranas es la obra de M. Fourcroy De Ramecourt [2] donde el autor, a parte de describir los hornos, también detalla el procedimiento a seguir para la carga del horno, la elección del combustible y de la piedra, etc.

Otra referencia importante a la que hemos accedido en cuanto a estos tipos de hornos es del año 1848, por parte de John Millington [3] autor inglés traducido al español por Mariano Carrillo de Albornoz (1848). El tratado es sumamente interesante, ya que incluye un dibujo del prototipo de horno (ver fig. 2), que el autor define con gran exactitud.

El horno tiene la figura de un cono inverso, excavado en el suelo y de altura entre 13 y 16 pies (de 4 a 5 mts), en la parte inferior unas barras de hierro sostienen las parrillas, separadas entre ellas 1 pulgada (2,54 cm). Para iniciar la cocción, se enciende encima de las parrillas el carbón de piedra (mineral) y posteriormente se dispone encima de la primera capa de piedra, reducida a pedazos hasta llegar a 10 pulgadas de espesor (25 cm), y de esta forma alternando carbón y piedra se llena el horno. La proporción piedra-carbón es de 10 a 1. El horno se mantenía encendido de forma continua durante algunos meses. Durante este periodo, cada 24 horas se descargaba en el cenicero la cal ya cocida.

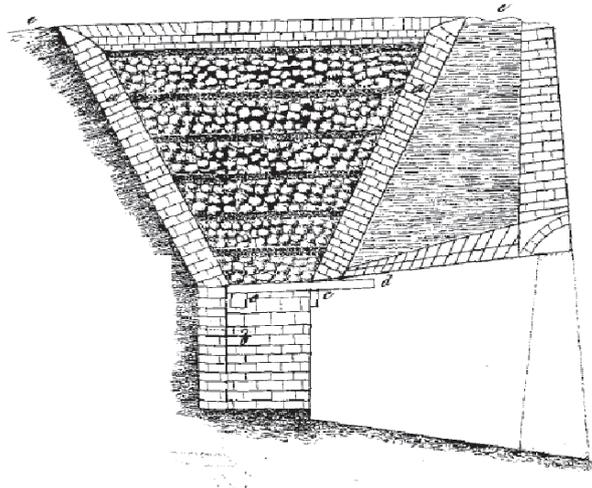


Fig. 2. Figura extraída de Elementos de arquitectura de Millington, J., 1848.

Por su parte, D. Nicolás Valdés (1870) destaca como ventaja de este tipo de hornos (a fuego continuo) su capacidad de aprovechar el calor y de esta manera ahorrar bastante en combustible. “El consumo de este para los hornos continuos llega de 150 a 200 kg de hulla u 800 kg de leña por cada metro cúbico calcáreo.”[4] Refiriéndose el autor a los hornos por capas.

En este apartado no debemos dejar de mencionar a P.C. Espinosa [5], que en su Manual de construcciones de albañilería (1859) nos detalla minuciosamente los diferentes hornos existentes en su momento (fig. 3): tipos, como construirlos, materiales, dimensiones, funcionamiento, productividad, todo ello ilustrado con unas magníficas láminas y de las cuales se adjuntan algunos ejemplos.

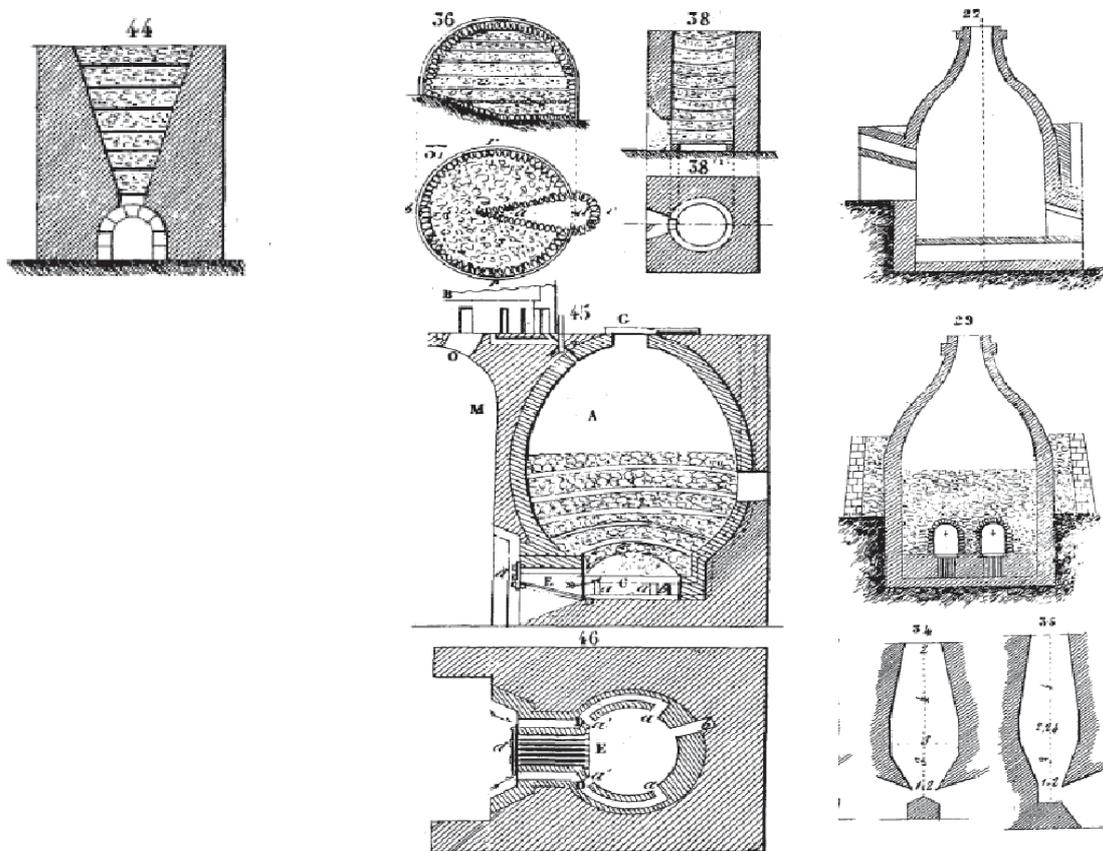


Fig. 3. Imágenes extraídas del Manual de construcciones de albañilería de P.C. Espinosa (1859)

4. Contexto geográfico y geológico del yacimiento

El yacimiento (tabla 1) está situado en la comarca del Bages (capital Manresa) en el límite entre los municipios de Calders y Artés en la provincia de Barcelona (Catalunya).

YACIMIENTO	Forn de calç de raig de Calders
SITUACIÓN	E 412384.19, N 4625770.54 Decimales: 41.778947, 1.945711 Sexagesimales: 41° 46' 44.21" N, 1° 56' 44.56" E Altura: 378 metros
MUNICIPIO	Calders
COMARCA	Bages (Catalunya – España)
TIPO DE INTERVENCIÓN	Excavación arqueológica preventiva
PROTECCIÓN	Llei 9/1993, de 30 de setembre, del Patrimoni Cultural Català (DOGC NÚM. 1807, D'11.10.1993) Decret 78/2002, de 5 de marzo, del Reglament de protecció del patrimoni arqueològic i paleontològic (DOGC núm. 3594, de 13.3.2002)
INSTITUCIÓN AUTORIZADA	Universitat Politècnica de Catalunya (Laboratori de Materials de l'EPSEB)
MOTIVACIÓN	El estudio tecnológico, la futura restauración y puesta en marcha experimental del horno de cal a cargo de la EPSEB de la UPC

Tabla 1.- Ficha del yacimiento.

La zona presenta un clima mediterráneo subhúmedo de montaña media con tendencia a continental, caracterizado por una notable oscilación térmica, mucho frío en invierno y veranos calurosos.

Aunque sea una región de tamaño pequeño, es heredera de las grandes extensiones vinícolas de la Cataluña central. Los monjes del monasterio de Sant Benet de Bages impulsaron, desde el siglo X, el cultivo de la vid y la producción de vino en toda su área de influencia que se convirtió en una de las principales actividades económicas hasta el siglo XIX.

La plaga de filoxera de finales del siglo XIX, y el alejamiento de las principales vías de comercialización, comportaron una fuerte crisis. Hasta finales del siglo XX no se recuperó la actividad económica vinícola. Es importante destacar este dato para comprender que la mayor parte de la producción de cal de la zona estaba destinada a las viñas, mezclándola con el sulfato de cobre.

En cuanto al contexto geológico, el yacimiento se halla en la depresión del Ebro, donde afloran materiales de la era Cenozoica que rellenaron dicha depresión; en concreto estamos en la serie del Eoceno, piso Bartonense, formado por calizas biomicríticas, areniscas y calizas esparfíticas.

5. Fuentes de información escritas y orales

La búsqueda de información escrita del horno ha sido poco fructuosa. El único documento con cierta información destacable de la finca es una "medición de las casas de campo" que contiene este término municipal con los nombres de los dueños de ellas y de los que las habitaban que fecha de 1873, y en el que se describe la propiedad y se hace referencia a la denominación "...parte integrante del manso Torrecabota del término de Calders, situada en el punto vulgarmente llamado **Forns del Raix...**"

Por otra parte hemos podido conversar con tres de los últimos trabajadores (fotos 2 y 3) de la explotación de los hornos y en este caso la información obtenida ha sido parcialmente satisfactoria. Uno de ellos Mateu Comellas, descendiente de los caleros de profesión de los hornos que dan nombre a la finca, nos comentó que siendo él muy joven ya se conocía la existencia del horno de cal continuo, que parece ser ya lo consideraban entonces mucho más antiguo que los que se explotaban en ese momento, pero se desconocía quién lo había explotado y el motivo de su abandono.

No obstante las conversaciones han sido muy enriquecedoras, aportando datos de gran valor en cuanto al funcionamiento y explotación de los hornos de calcinación periódica y que seguramente en algunos aspectos habría coincidencias con diferentes procesos en la producción de cal del horno continuo.

Uno de los datos facilitados que podremos corroborar mediante la caracterización de materiales, es la existencia de dos tipos de piedra en la cantera, la "blanca" (*más dulce*) de mejor calidad y mejor cocción y la "azul" de cocción más lenta y peor calidad.



Foto 2. Trabajadores de los hornos. Año 1922



Foto 3. Trabajadores de los hornos. Año 2010

6. Descripción del horno

Originalmente el horno tenía una forma tronco piramidal, semienterrado por dos de sus laterales. De los paramentos, de fábrica de mampostería, se conserva íntegro el orientado a Este. En el paramento principal se encuentra la boca de acceso al horno de 1,85 m de alto y que da paso a una precámara desde donde se accede a la chimenea interior (plano 1), ésta tiene una altura de 5,20 mts, un diámetro máximo de 1,42 m y mínimo de 0,82 m (fotos 4 y 5).

El horno se mantuvo en perfecto buen estado hasta el año 2006, que a causa de una lluvias torrenciales sufrió el derrumbe del paramento principal y de uno de los laterales (sur y oeste respectivamente). El resto de los elementos y sobretodo la chimenea conservan su estado original. (Foto 6).



Foto 4.- Vista general del horno tal y como se encontró (abril 2010)



Foto 5.- Interior del horno, vista desde la parte superior.



Foto 6. Foto archivo propietario (2006).

7. Estudios a realizar

7.1. Trabajos de Arqueología

Los objetivos de los trabajos de arqueología han sido: datación del yacimiento, funcionamiento (parrillas, etc), combustible utilizado, periodicidad y reparaciones efectuadas [6].

El programa de la intervención se ha basado en una excavación en extensión y en el registro de los diferentes niveles estratigráficos situados dentro y alrededor de la estructura, en un perímetro máximo de 6 metros. La metodología utilizada ha sido la propuesta por Harris [7] y Carandini [8], es decir una excavación en extensión con la documentación y registro pertinente para la interpretación de los hechos históricos del horno.

La intención ha sido extrapolar toda la información posible de los estratos y registrar todas las Unidades Estratigráficas con dibujos, fichas, fotogrametría, fotografía i georeferenciación básica (cotas respecto del nivel del mar). A parte de la distinción en unidades estratigráficas (Foto 7) se ha realizado también, una concreción en hechos arqueológicos, conceptuados como un conjunto de unidades estratigráficas con un funcionamiento solidario y coherente.

Las planimetrías se han efectuado en el campo tomando puntos con estación total, leyka TS-06 y posteriormente se ha llevado a cabo una digitalización de los dibujos, en formato CAD.

Los materiales encontrados en los estratos han sido: restos de cal, restos de combustible, cerámicas y artilugios férricos (varillas y soporte) de funcionamiento del horno. Una vez extraídos han sido tratados en el laboratorio de forma diferenciada en función de sus características y posteriormente inventariados.

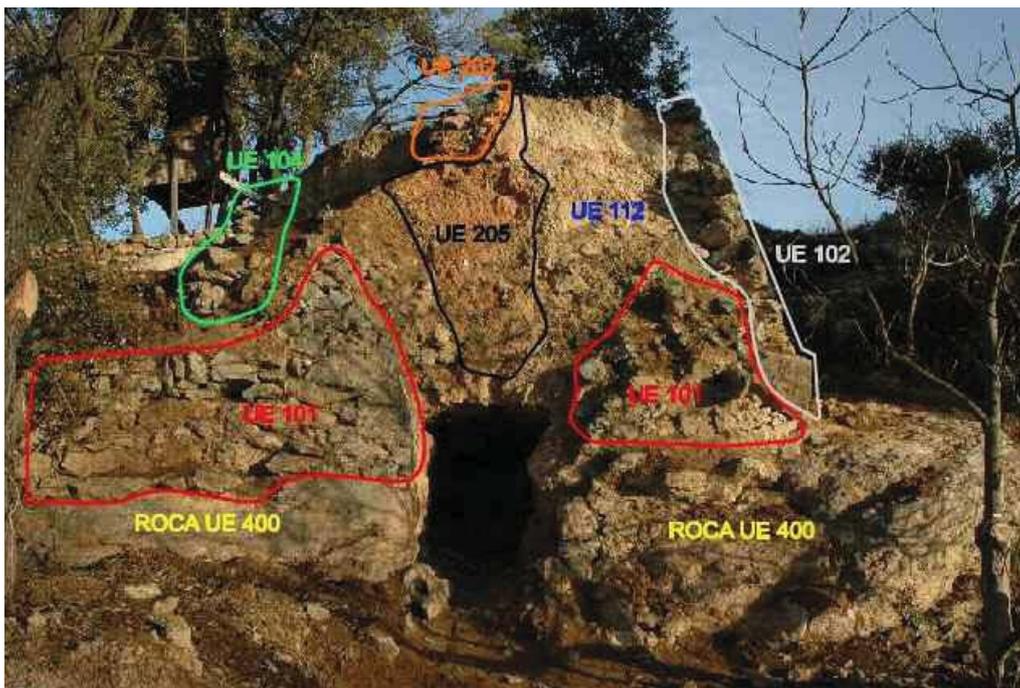


Foto 7. Estratigrafías que han quedado a la vista, verticalmente.

7.2. Configuración material del horno

En cuanto a la configuración material del horno se ha comprobado la existencia de tres materiales distintos en la estructura interior (chimenea y precámara), una parte superior de la chimenea (60 cm) formada de piedra, la parte interna del conducto, de cerámica refractaria y en la precámara y a modo de formación de pasillo de acceso, cerámica roja. Asimismo queda evidenciada la utilización del horno por la presencia de vitrificaciones en las piezas cerámicas y de restos de cal en las juntas de las piezas. En cuanto a este aspecto se intentará averiguar la presencia de diferentes capas de vitrificación y que puedan corroborar un funcionamiento intermitente, aunque el tipo de horno sea de producción continua.

Quizás pueda atribuirse, otra evidencia de un uso más o menos continuado del horno, a la presencia de 3 piezas del paramento exterior Este, que presentan vitrificación. La imposibilidad de que se haya producido una vitrificación en el exterior hace evidente que se han realizado reparaciones puntuales, aprovechando materiales del propio horno, en este caso piezas del interior.

El colapso del paramento frontal nos ha facilitado la comprensión de su construcción: envolviendo la chimenea existe un relleno de tierras con guijarros para la posterior disposición de los muros de mampostería con juntas de mortero de cal. (Fig. 4)

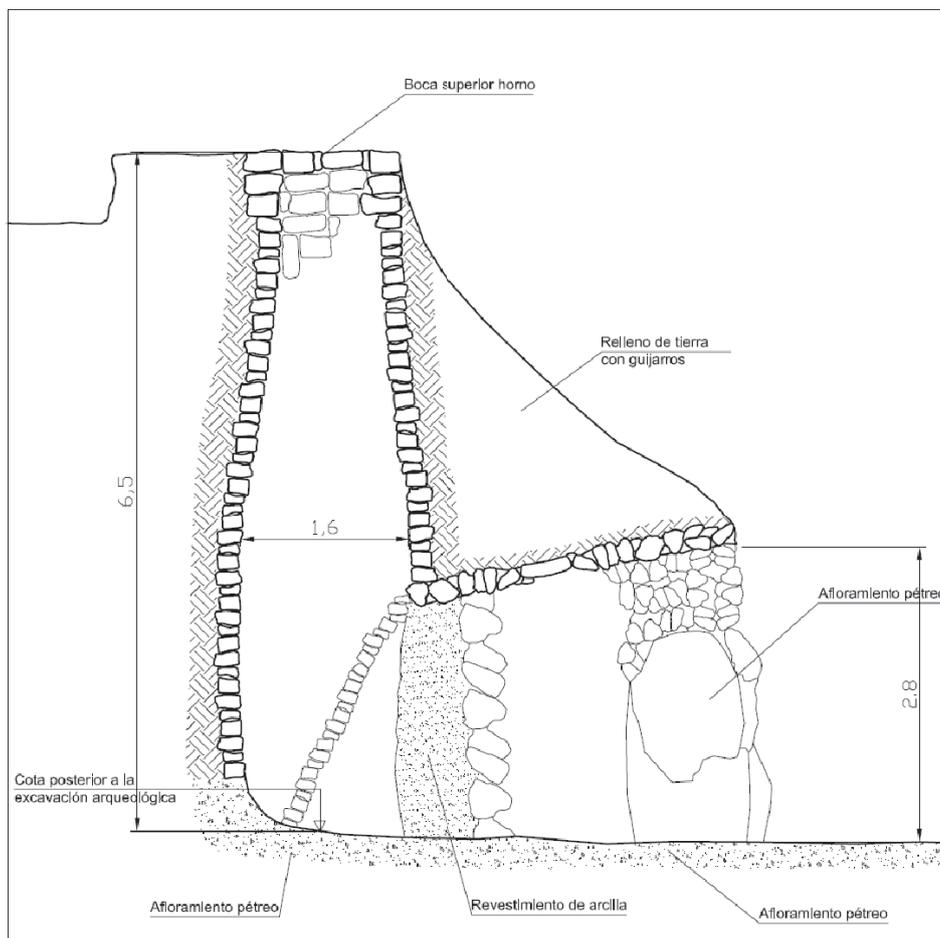


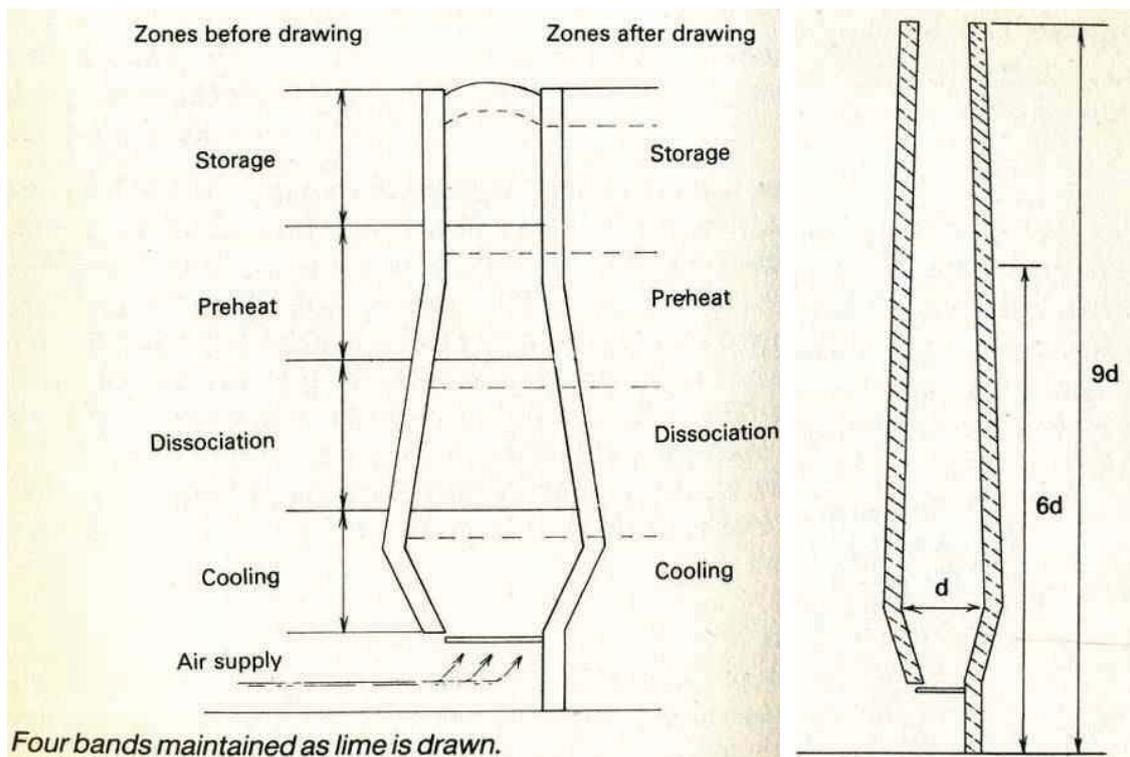
Fig. 4. Sección transversal del horno.

En este tipo de hornos es muy importante el mantenimiento de la temperatura del interior durante la cocción. La pérdida del calor a través de las paredes interiores, sobretodo en la zona de la chimenea donde se produce la calcinación, (fig. 5), aparte de desaprovecharse, puede derivar en consecuencias negativas en cuanto a la calidad del producto obtenido.

La forma volumétrica del interior de la chimenea y su altura, tampoco es trivial, según Michael Wingate [9], en la publicación; Small-scale Lime-Burning.

...”Si no se dispone de una altura adecuada, el fuego puede subir tan alto que no se producirá el precalentamiento, o ser tan bajo que no será suficiente”... (El autor se refiere a la calcinación). Wingate plantea dos aspectos importantes en el diseño: por un lado la distribución de las etapas de la cocción dentro de la chimenea, relacionadas con los diferentes diámetros; y por otro la relación entre el diámetro máximo del interior y la altura total. (fig. 6).

Por tanto, una vez realizada, la excavación arqueológica y caracterizados los materiales en altura, se podrá comprender mejor el funcionamiento del horno.



Figuras 5 y 6. Figuras extraídas de Small-scale Lime-Burning.

Mencionar que en algunas zonas del paramento que ha permanecido en pie, el mortero de las juntas de la mampostería ha desaparecido, quedando algunos restos de los cuales se han extraído dos muestras para su caracterización (ver apartado 7.3).

7.3. Caracterización de los materiales.

Los materiales que se han caracterizado de momento son:

- Los dos tipos de piedra obtenidos de la cantera mediante Microscopía óptica petrográfica, Difracción Rx y Termogravimetría.
- El mortero de las juntas de la mampostería, determinando la granulometría mediante disgregación mecánica y tamizado por vía seca, análisis de la composición del árido mediante observación con lupa binocular y microanálisis química, y determinación del tipo de conglomerante a partir del análisis termogravimétrico.
- Las dos varillas de funcionamiento del horno mediante un estudio metalográfico y un análisis químico.
- En cuanto al resto de materiales, está pendiente la caracterización de: Piezas cerámicas refractarias, piezas cerámicas rojas, restos de cal de las juntas y los restos de combustible y sedimentos.

7.3.1. Caracterización de la piedra de la cantera

Se han detectado dos tipos de piedra caliza en la cantera, una a la que se conoce localmente como “blanca” por ser más clara y blanquecina y la otra “azul” por su tonalidad azulada. La existencia de estos dos tipos de piedra coincide con la información facilitada durante las conversaciones con los caleros de los hornos de cocción espontánea de la finca (ver apartado 5).

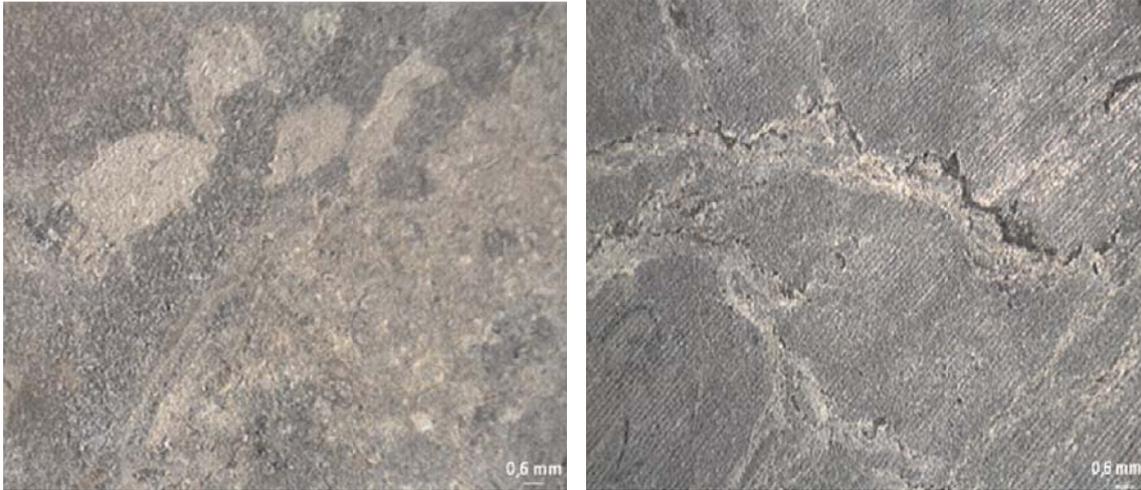
La piedra “blanca”, a partir de la muestra de mano (foto 8), es una roca cristalina, compacta, de grano muy fino, de color amarillento pálido (10YR 6/2) con zonas más claras (10YR 8/2) [10].

A partir de las micrografías realizadas, se determina que es una roca bioconstruida, con identificación de algas tipo “branching” y coralinas, corales, foraminíferos (tipo miliólidos), bivalvos, gasterópodos y púas de equinodermo, fragmentos detríticos de composición carbonatada de tamaño micrita. Se visualizan fisuras recristalizadas de esparita y algunos nódulos de óxido de hierro en una proporción inferior al 1% con porosidad interparticular e intraparticular recristalizada. La porosidad abierta es muy baja, aparentemente inferior al 1%.

Según la clasificación de Dunham [11] (1962), esta roca se clasifica como un Packstone, con zonas con menos fragmentos tipo Wackestone.

La piedra “azul” a partir de la muestra de mano (foto 9), es una roca cristalina, compacta, de grano muy fino y de color grisáceo (5B 6/1) [12].

A partir de las micrografías realizadas se identifica una matriz micrítica (granos de calcita de medida inferior a 10 μm), engloba fósiles de algas tipo “branching” y coralinas de tamaño pequeño, foraminíferos (tipo miliólidos), y fragmentos de bivalvos, gasterópodos y púas de equinodermo. Aparece algún fragmento detrítico de composición carbonatada y silícica y gran cantidad de fisuras vacías, que en algunas zonas presentan óxidos de hierro en una proporción inferior al 1%. Según la clasificación de Dunham (1962), esta roca se clasifica como un Wackestone.



Fotos 8 y 9 muestras de mano piedra “blanca” y piedra “azul” respectivamente.

A partir de los datos obtenidos mediante la DRx se observa que la muestra de piedra “blanca” es exclusivamente de calcita y la “azul” está formada principalmente por calcita y también ankerita (carbonato cálcico - magnésico y férrico) y cuarzo.

En cuanto las termogravimetrías, éstas han corroborado la información obtenida de los difractogramas, que nos indican la presencia mayoritaria de calcita y que la roca “blanca” es mucho más pura que la “azul”.

7.3.2. Caracterización del mortero de la mampostería

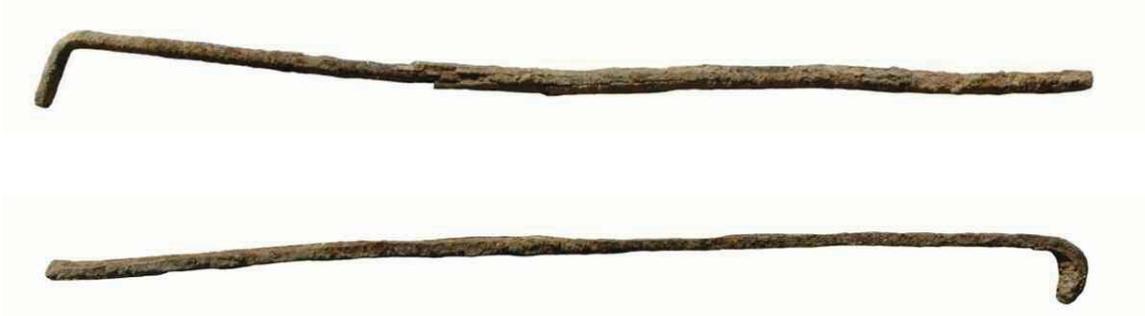
En cuanto a la caracterización del mortero de las juntas de la mampostería (foto 10), las dos muestras de mortero son de cal, con árido anguloso de composición calcárea (roca calcárea, polvo de mármol) y algunos granos de origen silícico, cuarzo, feldespatos y micas. (Foto 11).



Fotos 10 y 11. Mortero de cal in situ en el paramento y mortero visto con lupa estereoscópica, respectivamente.

7.3.3. Caracterización de las varillas metálicas

Las dos varillas encontradas son diferentes, siendo una de ellas de sección circular y de longitud aproximada 1,5 m y la otra de sección rectangular y de longitud aproximada de 1 m. (Fotos 12 y 13)



Fotos 12 y 13. Varillas de hierro que forman parte de la parrilla inferior del horno.

Para poder establecer una datación, se ha realizado un estudio metalográfico (fotos 14 y 15) y un análisis químico para conocer el tipo de acero de que se trata y de esta manera poder identificar las técnicas utilizadas para su fabricación [13].

En cuanto a la barra o varilla de sección circular, ésta muestra una estructura propia de un acero de medio carbono (0,342%) en el que el análisis químico aporta la presencia de un amplio número de elementos de aleación. Estos elementos dan evidencias de la utilización de chatarra en su fabricación y por tanto permite pensar en dos procesos de fabricación vigentes en la actualidad, ya sea horno Martin-Siemens u horno eléctrico, sistemas iniciados en España los años 1899 y 1917 respectivamente.

La barra rectangular, y a la vista de la casi inexistencia de carbono, induce a pensar que se trata de un hierro pudelado que en Catalunya se fabricó por el método de la Farga catalana, vigente hasta 1878.

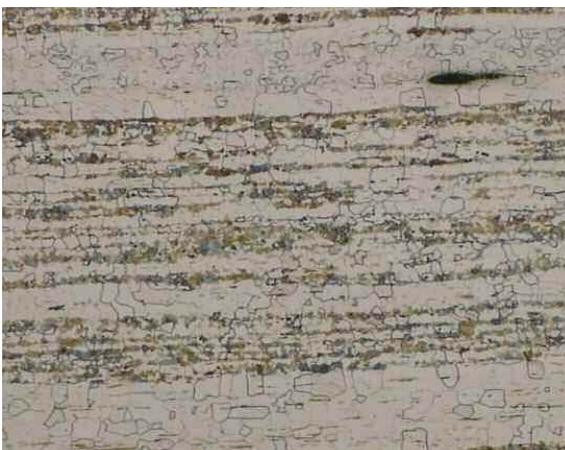


Foto 16. Estructura bandeada de ferrita y perlita. (Barra circular)



Foto 17. Estructura de grano fino casi exclusivamente ferrítica. (Barra rectangular)

8. Conclusiones

De los objetivos planteados inicialmente podemos concluir que éstos se han conseguido en gran medida. De entrada, la inexistencia de dos aberturas de acceso al horno ha hecho evidente que el horno es de llama corta, por tanto sin la disposición de cenicero en la parte inferior del mismo, aspecto necesario para la identificación de un horno de llama larga. Este hecho queda también corroborado por el hallazgo de las barras metálicas y el soporte de éstas. Por tanto en cuanto al funcionamiento se han resuelto las dudas iniciales.

El hallazgo del resto de carbón mineral (pendiente de su análisis) nos da evidencias aparentes que el combustible utilizado era éste. Una vez analizada la muestra se sabrá su procedencia.

En cuanto a la periodicidad y las reparaciones efectuadas no se han podido extraer datos concluyentes.

Por último, en cuanto a la datación del horno de momento sólo nos podemos conjeturar a partir de la caracterización de las barras metálicas y éstas nos indican que al menos el horno pudo estar en funcionamiento a finales del S. XIX e inicios del S. XX.

Hasta aquí se ha mostrado una aproximación del estado actual de la investigación. Las siguientes etapas previstas son básicamente: acabar los trabajos de caracterización del resto de materiales encontrados; seguir con la búsqueda de información escrita en los archivos territoriales, y en definitiva conocer lo más ampliamente posible todos los aspectos del horno.

Sin embargo, y aún siendo muy importante la caracterización de los materiales y el conocimiento del funcionamiento del horno, el objetivo final es la reconstrucción basada en un proyecto de restauración de este ejemplar del patrimonio industrial catalán.

Consideramos del todo necesario sumar al conocimiento adquirido, junto con la ilusión y voluntad de trabajo (y por qué no, los recursos económicos suficientes), la valorización e integración en el paisaje de una construcción industrial significativa, y al mismo tiempo fomentar el turismo tecnológico-cultural de la región.

Desde el punto de vista de la difusión de la cultura de la cal, ésta puede ser una magnífica oportunidad para la realización de cursos, conferencias, talleres, etc. Y todo ello con un efecto importante a nivel territorial.

REFERENCIAS

- [1] Rosell J., Subirats, M. La producció de la calç, ahir. El procés pre-industrial de producció de calç, a la comarca del Montsià. CAATB (Barcelona 1987).
- [2] M. Fourcroy De Ramecourt. Descriptions des arts et metiers. Art du Chauffournier (1776).
- [3] Millington, J. Elementos de Arquitectura. Traducidos al castellano y aumentados en notas y apéndices por Carrillo de albornoz. Imprenta Nacional 1848. (Barcelona 1987).
- [4] Valdés, N. Manual del ingeniero y arquitecto. 2ª ed. Imprenta de Gabriel Alhambra, Madrid 1870
- [5] Espinosa, P.C. Manual de construcciones de albañilería. Madrid 1859
- [6] Dirección y autoría de la excavación arqueológica: Silvia Marín Ortega (2011)
- [7] Harris, H.C. Principles of Archeological Stratigraphy, London 1979
- [8] Carandini, A. Storie della terra. Manuale dello scavo archeologico. Bari, 1981.
- [9] Wingate, M. Small-scale Lime-Burning. A practical introduction. Intermediate Technology publications. 1985.
- [10] The Rock-color chart. Copyright 1991. Geological Society of America. Printed in the USA by Munsell Color.
- [11] Dunham, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in Ham, W. E. ed., Classification of carbonate rocks: Memoir 1, p. 108-121.
- [12] The Rock-color chart. Copyright 1991. Geological Society of America. Printed in the USA by Munsell Color.
- [13] Informe 03-05/2011 firmado por Antonio Herrero Palomo. Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la UPC.