

IMPLANTACIÓN DE LOS HORNOS CERMAK-SPIREK Y SPIREK EN LA METALURGIA DE LAS MINAS DE ALMADÉN

JOSÉ TEJERO MANZANARES
LUIS MANSILLA PLAZA
Universidad de Castilla-La Mancha

Resumen

Es conocido que las Minas de Almadén fueron el más grande y rico yacimiento de cinabrio llegando a producir más de un tercio del total del mercurio consumido por la Humanidad. Durante los más de veinte siglos en que fueron explotadas estas famosas minas de forma ininterrumpida, en su departamento metalúrgico, conocido como Cerco de Buitrones, se instalaron la mayor variedad y cantidad de equipos para exprimir de la roca el líquido metal.

Los hornos de aludeles, primeros en producir a escala industrial, junto a los hornos de tecnología Spirek y los hornos Pacific, final de la técnica, fueron una revolución en su época y son unas auténticas joyas de la ingeniería.

En este trabajo de investigación se han abordado aquellos hechos, anécdotas y vicisitudes más interesantes que permiten conocer todo lo que aconteció y tuvo que ver con la adquisición, implantación y puesta en marcha de los hornos Cermak-Spirek y Spirek en la metalurgia de las Minas de Almadén. Estas instalaciones metalúrgicas permitieron un aumento del rendimiento de la producción y una mejora en las condiciones de salubridad de los operarios que las utilizadas hasta entonces en Almadén, como eran los hornos de aludeles, Idria y Livermore. Además, estos hornos constituyen una importante prueba de la importación tecnológica desde la minería italiana a las españolas a principios del siglo XX a pesar de la rivalidad existente entre ambas.

Abstract

It is known that the Almaden mines were the world's largest and rich deposit of cinnabar and that they have produced more than one third of the mercury consumed by Humanity. During the more than twenty centuries which these famous mines were continuously operated, in its metallurgical department, known as «Buitrones Enclosure», the greatest variety and quantity of equipments were installed to squeeze the liquid metal of the rock.

The aludel or Bustamante furnaces, first technology to produce on an industrial scale, along the Spirek technology furnaces and the Pacific furnaces, considered to be the lasted technique used, were a revolution in their time and are authentic engineering jewels.

This research concentrates on the facts, anecdotes and more interesting events related with the acquisition, implantation and commissioning of the Cermak-Spirek and Spirek furnaces in metallurgy of the Almaden Mines. These metallurgical installations led to a greater production yield and improved health conditions of the workers, when compared to the previously used aludel furnaces, Idria furnaces, and Livermore furnaces. The new furnaces also prove the valuable technological import from Italian to Spanish mining at the beginning of the 20th century, despite their rivalry.

Palabras clave: Ingeniería, Metalurgia, Técnica, Transferencia tecnológica, Siglo XX, Italia, España, Almadén, horno, mercurio.

Keywords: Engineering, Metallurgy, Technology, Technology transfer, 20th Century, Italy, Spain, Almaden, furnace, mercury.

Recibido el 6 de marzo de 2013 – Aceptado el 5 de septiembre de 2013

1. INTRODUCCIÓN

Durante los más de veinte siglos en los que las afamadas Minas de Almadén fueron explotadas de manera ininterrumpida, se estima que produjeron un tercio del total del mercurio consumido por la Humanidad [HYLANDER & MEILI, 2003, p. 13], de ahí que, en el departamento metalúrgico, conocido en Almadén con el nombre de Cerco de Buitrones, fueran instaladas la mayor cantidad y variedad de equipos dedicados a la obtención de mercurio. Los primeros métodos empleados eran imperfectos y se perdía mucho azogue en las operaciones [HERNÁNDEZ, 1996, p. 389], lo que conllevaba producciones muy pequeñas y problemas de salud a los operarios [MANSILLA, 1996, p. 517]. Estas inventivas fueron perfeccionando su técnica con el transcurrir de los años con el fin de alcanzar tres objetivos fundamentales: aumento de la producción, mayores rendimientos y mejora en las condiciones de salubridad de los trabajadores [TEJERO *et al.*, 2011, p. 124].

En orden cronológico, la producción a escala industrial en Minas de Almadén hasta el final de la actividad en el año 2003, queda representada por los hornos de aludeles¹ o de Bustamante, Idria, canales o sistema Livermoor, Cermak-Spirek y Spirek, y, finalmente, los hornos Pacific [TEJERO, PÉREZ *et al.*, 2011, p. 2]. Sin lugar a dudas, las invenciones de los hornos de aludeles, los de tecnología Spirek y Pacific representaron un punto de inflexión en la metalurgia del mercurio. Los hornos de aludeles, introducidos en Almadén por Bustamante en 1646 e inventados años antes por Lope de Saavedra Barba en Huancavelica (Perú) en 1633, representan un claro ejemplo de la inventiva española que se mantuvo a pleno rendimiento hasta 1931 y en competencia con otros equipos más modernos [TEJERO, 2011, p. 526].

La implantación de los hornos de tecnología Spirek en el departamento minero almadenense a comienzos del siglo XX pretendía dar un impulso importante a la producción del gigante español así como una mejora en la salud de los operarios que, con la técnica de aludeles, los hornos de Livermore (introducidos por C.E. Livermore en la mina de Redington, California [SCHNABEL, 1898, p. 303] en 1874 [EGLESTON, 1890, p. 837]) y los hornos de Idria, utilizados hasta entonces, resultaron imposible de alcanzar. Los cambios se consiguieron gracias a dos razones fundamentales. La primera de ellas consistía en que estos nuevos hornos podían tratar mineral de distinta granulometría de forma continua: mientras los hornos Cermak-Spirek tostaban minerales menudos de cinabrio², los hornos Spirek trataban minerales gruesos de cinabrio³. La segunda, radicaba en el equipamiento y en el diseño de los mismos, ya que, por un lado, estos estaban provistos de tolva de carga semiautomática, que sumado a la instalación de un ventilador que propiciaba una depresión, impedía que los operarios respiraran los gases procedentes del horno y, por otro lado, la recogida del mercurio se realizaba desde unas piletas situadas en el sistema de condensación, eliminando con ello la operación tan penosa e insalubre para los operarios del levantamiento de aludeles o de limpieza de cámaras de los hornos anteriores.

Con la implantación de la última técnica metalúrgica, representada por los hornos Pacific Herreshoff, se terminó con el problema de tener que desatascar los hornos, lo que propiciaba la intoxicación por mercurio de los trabajadores [TEJERO & MONTES, 2011, pp. 79-80]. Hoy, después de varios siglos de metalurgia del mercurio en Almadén, quedan en el cerco metalúrgico un ejemplar de un par de hornos de aludeles o de Bustamante y una batería de cuatro hornos Pacific, la primera y la última tecnología empleada en Almadén desde el siglo XVII hasta nuestros días.

Existe experiencia suficiente como para afirmar que, gracias a la investigación, se incrementan y ponen en valor los conocimientos históricos aportándose las técnicas que se pudieran haber perdido con el transcurrir de los años, incluso precisando otras que se pensaban de una manera equivocada [TEJERO, 2011, p. 29]. En este trabajo, se presentan todos aquellos hechos, anécdotas y vicisitudes más interesantes para conocer la importancia de todo lo acontecido y que tuvo que ver con la adquisición, implantación y puesta en marcha de los hornos Cermak-Spirek y Spirek (más tarde llamados Almadén) y que son fruto de la investigación basada en distintos documentos, notas de interior de la empresa minera, planimetría y la abundante correspondencia intercambiada entre sus Directores a lo largo de este periodo (Eusebio de Oyarzábal, Ildefonso Sierra y Francisco Cascajosa) con la Administración de Madrid y con el Ingeniero Vincent Spirek consultados en el importante y rico Archivo Histórico de la Fundación Almadén «Francisco Javier de Villegas» (AHFA), contrastados y enriquecidos con otras publicaciones españolas de reconocido prestigio y con italianas de reciente divulgación dedicadas a cuencas mineras donde Spirek desarrolló su vida profesional. De su lectura, se desprende otra cuestión a tener en cuenta, la idiosincrasia de la Administración Española, caracterizada por una

burocracia que ralentizaba notablemente la gestión y el funcionamiento de las empresas como el caso de Minas de Almadén.

2. ADQUISICIÓN, IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS HORNOS CERMAK-SPIREK Y SPIREK

2.1. Antecedentes

Spirek nació el 28 de agosto de 1852 en Bubovice, localidad cercana a Praga [CALLONI & ADAMANTI, 2011, vol. 1, p. 24]. Estudió en la Escuela de Minas de Pribam comenzando la carrera profesional en Idria y pasando más tarde a las Minas del Siele (Italia), minas que le deben su época dorada [ZARRALUQUI, 1934, vol 1, p. 295]. Según este autor, murió en octubre de 1906, pero lo cierto es que del intercambio de cartas con los ingenieros de las Minas de Almadén fechadas en 1907 se desprende que habla en primera persona y la firma de los distintos comunicados es la suya, por lo que su muerte debió tener lugar en este año, confirmada por autores como Preite [2002, p. 141] y Calloni et Adamanti [2001, p. 27], donde se precisa que el fallecimiento tuvo lugar el 3 de octubre de 1907.

La invención de los hornos Cermak-Spirek o Trichterhofen o de cúpulas, llevada a cabo por Spirek junto a su compañero de escuela Joseph Cermak con el objetivo de mejorar el rendimiento de los hornos en el tratamiento de los minerales menudos de cinabrio, había sido puesta en marcha en Idria (Eslovenia) en 1886 y, años más tarde, en 1890, esta misma tecnología se implantó en Amiata (Italia), siempre en constante pugna con el establecimiento minero español [CALLONI & ADAMANTI, 2011]. Junto a estos nuevos hornos, Spirek había desarrollado otra inventiva, los hornos de torre Spirek, que servían para el tratamiento de los minerales gruesos de cinabrio [PREITE *et al.*, 2002, p. 61]. La capacidad de estos nuevos hornos variaba de unos centros mineros a otros entre las 6 a las 140 toneladas de tratamiento diarias en función de las características del cinabrio [DUSCHAK & SCHUETTE, 1925, p. 73]. Supusieron una aportación clave en el desarrollo tecnológico de la metalurgia del mercurio, pudiéndose afirmar que estos fueron las invenciones más importantes desde los hornos de Bustamante hasta esta fecha.

Las mejoras técnicas de estos nuevos hornos con respecto a los que se venían empleando hasta la fecha se centraban fundamentalmente en dos zonas. La primera de ellas era los vasos de tostación del mineral, que iban a pasar de una configuración compartimentada a un solo volumen de sección rectangular de dimensiones variables en función de la capacidad de tratamiento que se pretendiera realizar. En Minas de Almadén, el horno doble de 12 toneladas de tratamiento, compuesto de dos vasos, tenía unas dimensiones exteriores de 4,8 × 4,3 × 3,8 m (largo, ancho y alto) y estaban apoyados en unas columnas de sección cuadrada de 0,4 m de lado y unos 2,5 m de altura, siendo el número de ellas de 9 y 6, respectivamente, para los casos de los hornos de 12 y 6 toneladas de tratamiento.

Esta nueva configuración permitía la carga del horno por su parte superior a través de tolva de carga semiautomática. El mineral mezclado con el combustible (carbón en una proporción del 2,3 % del cinabrio tratado, [DUSCHAK & SCHUETTE, 1925, p. 44]) era transportando hasta la tolva mediante vagonetas basculantes sobre raíles situados en el forjado de la última planta del edificio que acogía los hornos. A medida que se iba tostando, el mineral de la parte inferior del vaso caía cada dos horas hasta una vagoneta, transportándose estas escorias hasta las escombreras. Esta operación permitía una nueva carga de mineral, de ahí que los hornos de Spirek fuesen de marcha continua a diferencia de los hornos de aludeles y de Idria.

Otras variables importantes introducidas en los vasos fueron los materiales de construcción de estos, que pasaron de ser de piedra a ladrillos refractarios de la máxima calidad para obtener mejores rendimientos, y el interior del vaso, que en el caso del horno Cermak-Spirek llevaba colocadas unas piezas de cerámica a modo de cúpulas de 0,48 m de ancho y 0,38 m de alto (de ahí que se les conociera también con este nombre) ubicadas en varias hileras superpuestas, lo que propiciaba que el mineral menudo fuera obligado a hacer un recorrido largo y tortuoso en contracorriente con los gases calientes que ascendían y, así, garantizar una buena tostación. Un sistema parecido es el que siguieron los hornos de soleras múltiples o Pacíf, décadas después.

La segunda zona donde se introdujeron mejoras fue en el sistema de condensación. El primer lugar modificado fue la salida de los gases procedentes de la tostación del cinabrio, que se hacía de forma forzada por la acción depresiva originada por un ventilador sistema Roots, obligando a estos a circular, sin posibilidad de retroceso, directamente a través de las chimeneas de ladrillos construidas contra la pared del vaso. La segunda novedad se encontraba en el propio sistema de condensación, comenzando por la conexión de las chimeneas que se hacía a través de un conducto de hierro fundido de sección ovalada, de dimensiones interiores 0,5 m de largo y 0,2 m de ancho unido al serpentín de grandes dimensiones compuesto por tuberías rectas y codos de unión fabricados de terracota. El número de chimeneas variaba en función de la capacidad del vaso, generalmente una o dos. En su parte inferior, cada serpentín se encontraba abierto e introducido en unas piletas con agua. De esta forma, los gases mercuriales procedentes del horno eran forzados a realizar un largo recorrido en contacto con una gran superficie de mucha menor temperatura, lo que propiciaba su enfriamiento rápido y, por consiguiente, la condensación del mercurio en las mencionadas piletas con agua para impedir su evaporación. Desde estas piletas, el mercurio se conducía mediante tuberías hasta el almacén por simple gravedad.

Los gases pasaban finalmente a unas cámaras de 1 m de ancho por 1 m de altura, denominadas de calma, por donde se le forzaba a hacer un recorrido en zig-zag para continuar enfriándose y seguir precipitando las pocas partículas de mercurio que pudiera contener antes de ser enviado a la atmósfera a través de una galería subterránea hasta una chimenea que se elevaba del suelo hasta los 14 m de altura.

Por consiguiente, con este nuevo sistema de condensación no se hacía necesaria ni la tan penosa tarea del levantado de aludeles en el caso de los hornos de Bustamante (generalmente realizada por niños), ni de la limpieza de cámaras en el caso de los hornos de Idria y de Livermore.

Los hornos de tecnología Spirek, de marcha continua y provistos de tolvas de carga semiautomática, permitían mayores rendimientos que sus antecesores (aludeles, Idria y canales sistema Livermore) y unas mejoras en la salud de los trabajadores, lo que dio lugar a que estos fueran conocidos en pocos años en el mundo de la metalurgia del mercurio, llegando a ser exportados a otros centros mineros de Rusia, Hungría, Turquía y Argelia, lo que propició que su existencia y progresos pronto estuvieran en conocimiento de los ingenieros de minas españoles⁴. Este hecho, junto al interés de España por mantener la supremacía mundial en la producción de mercurio, sin duda, son dos buenas razones para que el Director de Minas de Almadén Eusebio Oyarzábal entrara en contacto con el ingeniero checo e insistiera tanto en la adquisición de este nuevo tipo de hornos como se desprende en sus numerosas cartas a la Administración del Estado.

2.2. Adquisición de los hornos

La historia de los hornos Cermak Spirek y Spirek en las Minas de Almadén empezó a fraguarse de la mano del entonces Director del establecimiento minero D. Eusebio de Oyarzábal y Zabala, al mismo tiempo Director de la Escuela de Minas de la misma localidad, quien remitió al Sr. Director General de Propiedades y Derechos del Estado el 18 de Septiembre de 1901 un escrito donde se recogía:

... Tengo el honor de elevar a manos de V.I. la memoria y proyecto de instalación de nuevos hornos para destilación de estos minerales y me tomo la libertad de explicarle que si merece su conformidad, se sirva darle la tramitación que corresponda para que en el próximo presupuesto de estas minas, se incluya su importe como concepto extraordinario y se pueda durante su ejercicio proceder a la ejecución de las obras...⁵

De los documentos del AHFA, se desprende que las prisas por agilizar la instalación de estos hornos con el fin de mejorar las instalaciones metalúrgicas eran muy grandes, ya que apenas 11 días después y, curiosamente, con el mismo número de registro de salida, el Director Oyarzábal vuelve a escribir al Sr. Director General de Propiedades y Derechos del Estado en los mismos términos, con la diferencia de que en este nuevo escrito, con el fin de darle agilidad a la tramitación de dicha petición y sabedor de la burocracia del estado, aduce el argumento de que los hornos son necesarios para salir de la situación de atraso en el que se encuentran las minas en cuanto a los procedimientos para la obtención del azogue.

A pesar de que los escritos anteriores estaban fechados en el mes de septiembre del año 1901, no será hasta bien entrado el año 1902 cuando se tengan noticias del resultado de las gestiones administrativas de la mencionada Dirección General para

el comienzo de los trámites pertinentes con el fin de proceder a la adquisición e instalación de los nuevos hornos. Con fecha 6 de Agosto, el Director de las Minas de Almadén recibió por fin el escrito de la Dirección General de Propiedades y Derechos del Estado⁶ en el que se le comunicaba que por Real Orden de fecha 29 de julio de 1902, a propuesta del entonces Ministro de Hacienda Rodríguez y de acuerdo con el Consejo de Ministros, se autorizaba a este a que, por gestión directa y sin las formalidades de subasta, contratase con el Ingeniero D. Vincent Spirek la adquisición e instalación de cuatro hornos sistema Cermak-Spirek en dicho Establecimiento, llevándose a cabo todo con sujeción a las condiciones detalladas en la memoria enviada por Oyarzábal el 29 de Diciembre de 1901 y por un importe de 142.193,50 pesetas a cargo de una partida presupuestaria recogida en el capítulo 17 «Gastos de Explotación de las Minas de Almadén» de los ejercicios 1902 y 1903. De ello se desprende que en el intervalo entre septiembre de 1901 y agosto de 1902 la correspondencia entre el Director de las minas y la Dirección General no cesó, demostrando este hecho la evidente lentitud de la pesada maquinaria de la Administración Española una vez más.

Apenas un mes después, con fecha 11 de Septiembre de 1902, de acuerdo con la autorización de la Real Orden de 29 de Julio, Oyarzábal remitió el proyecto de contrato al Ingeniero checo Vincent Spirek para la construcción de hornos de su invención en las Minas de Almadén para el beneficio de minerales, recibéndolo este en la Minería del Siele (Italia) diez días después donde fue firmado, siendo legalizada su firma en el Consulado de España en Turín el día 24 de septiembre. El contrato fue aprobado en todas su partes por Real Orden de fecha 29 de Octubre, lo que comunicó José de Villalobos, Director General de Propiedades, al Director de las Minas a través de escrito fechado en Madrid el 14 de Noviembre de 1902.

El análisis del contrato es de sumo interés para entender el proceso de la implantación de los nuevos hornos en Almadén, ya que comienza por recoger literalmente las intenciones de Oyarzábal de dotar a la metalurgia de Almadén de la última tecnología en el tratamiento metalúrgico del cinabrio desde el primer artículo, donde se refleja que el Sr. Vincent Spirek se compromete a entregar, antes de que transcurriera un mes de la recepción del contrato, el proyecto que facilitase la construcción de:

- Un horno Cermak-Spirek con su condensador de la capacidad de tratamiento de 6 toneladas diarias de minerales menudos ricos *tipo de 1896*⁷.
- Dos hornos del mismo sistema con sus correspondientes condensadores de 12 toneladas diarias de capacidad (cada uno de ellos) de minerales menudos *tipo de 1900*⁸.
- Un horno doble de cuba, con sus correspondientes condensadores de 8 a 12 toneladas de capacidad de tratamiento, mecanismos de carga y descarga especiales inventados por el Sr. Spirek.
- Una máquina de extraer el azogue de los hollines, que son los restos de una cochura⁹.

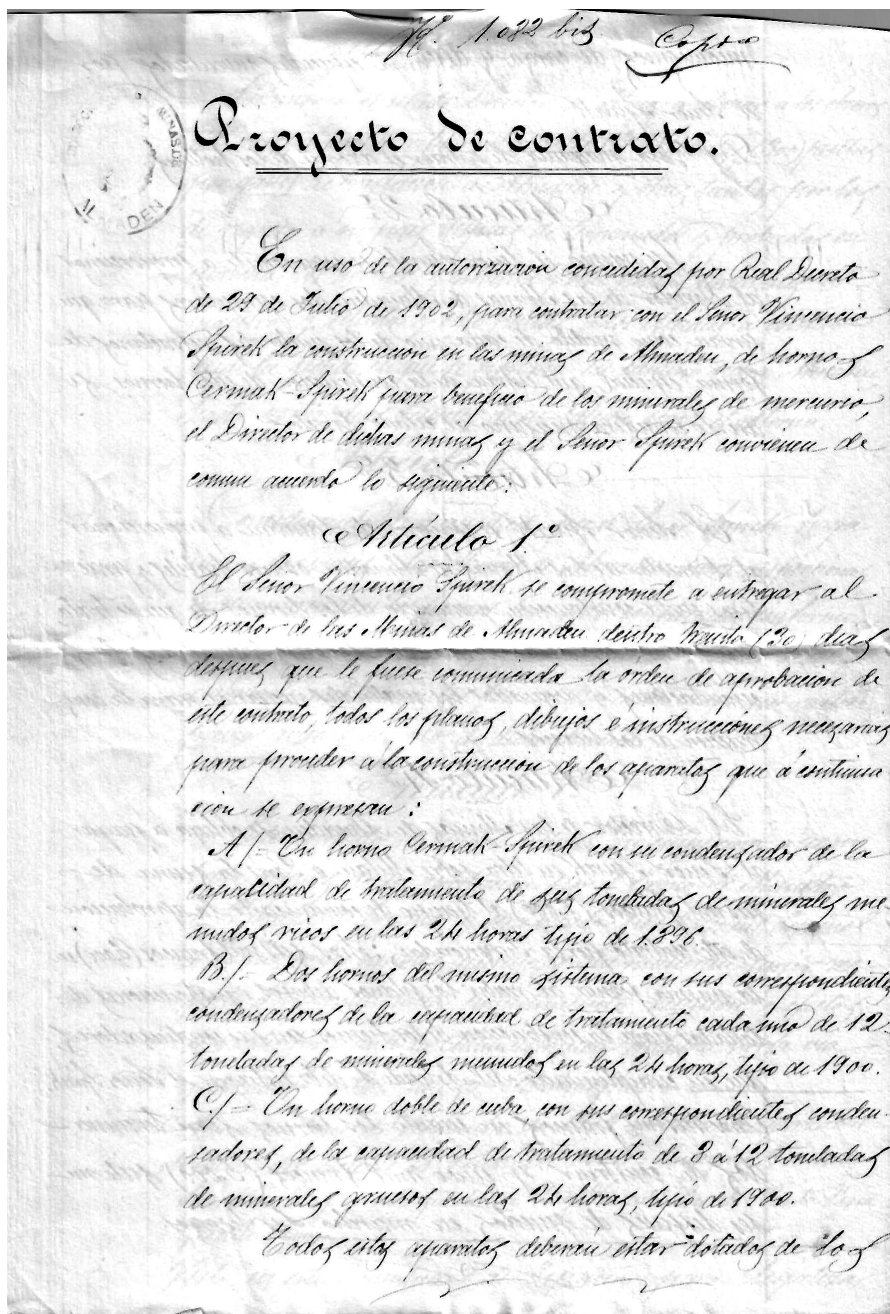


FIGURA 1: Proyecto de Contrato (1 de 4). AHFA, leg.569/3.

Por otro lado, Oyarzábal, para asegurarse la buena construcción de los hornos, incluyó en el contrato la necesidad de la presencia del Sr. Spirek en Almadén en una o dos ocasiones, así como la del envío de obreros especializados para la construcción y el manejo de los hornos junto al compromiso de Spirek de que debía facilitar ejemplares de dichos materiales para que sirvieran como modelo en caso de que fuera necesario.

Otro de los aspectos de interés del contrato, sobre todo por los problemas de interpretación que se darían posteriormente para la conclusión del mismo, son los concernientes al pago¹⁰. En el artículo 4.º, se recogía que el pago al Sr. Spirek por sus servicios sería de veinte mil francos realizándose este del siguiente modo:

- Seis mil francos a la firma del contrato.
- Seis mil francos más al recibir el proyecto para la construcción de los hornos con sus condensadores.
- Tres mil francos cuando se hayan terminado de construir.
- Cinco mil francos a los siete meses de su puesta en funcionamiento.

A estas cantidades habría que añadir mil quinientos francos por cada viaje de Spirek hasta Almadén y los gastos del traslado y estancia de los obreros italianos mientras se construyeran los hornos.

Por último, como era costumbre en este tipo de contratos del estado con empresas extranjeras, en el artículo 7.º se dejaba claro que el contrato no tendría validez ni empezaría a regir hasta después de su aprobación por el Excmo. Sr. Ministro de Hacienda de España, quien lo recibiría del Cónsul Español en Turín, siendo las pequeñas diferencias que pudieran surgir respecto a su inteligencia, cumplimiento, rescisión y efecto ventilados ante la Administración Española por la vía Gubernativa y Contencioso-Administrativa.

Con fecha de 29 de diciembre de 1902, Oyarzábal remitió dos ejemplares del contrato firmado con Spirek al Director General de Propiedades y Derechos del Estado junto a un escrito, donde una vez más subyace la necesidad de agilizar los trámites para la construcción de los hornos, en el que da cuenta de su visita a la residencia de Spirek para comprobar la marcha del proyecto y de los pormenores del contrato, resaltando la buena voluntad del ingeniero checo para llevar a cabo el encargo. Por otro lado, el escrito también refleja que la fabricación de los materiales refractarios del horno se realizarían con las mismas características que los utilizados por la «Compañía Madrileña de Alumbrado y Calefacción por Gas» por tratarse de un material delicado y de suma importancia para el buen funcionamiento de la instalación metalúrgica, que no podía fabricarse por cualquier empresa que no fuera especializada, como el resto de materiales, que podían proceder de cualquier parte del reino. También, Oyarzábal da cuenta de la imposibilidad de saber el tiempo que tardarían los obreros en la construcción de los hornos y, con ello, el importe al

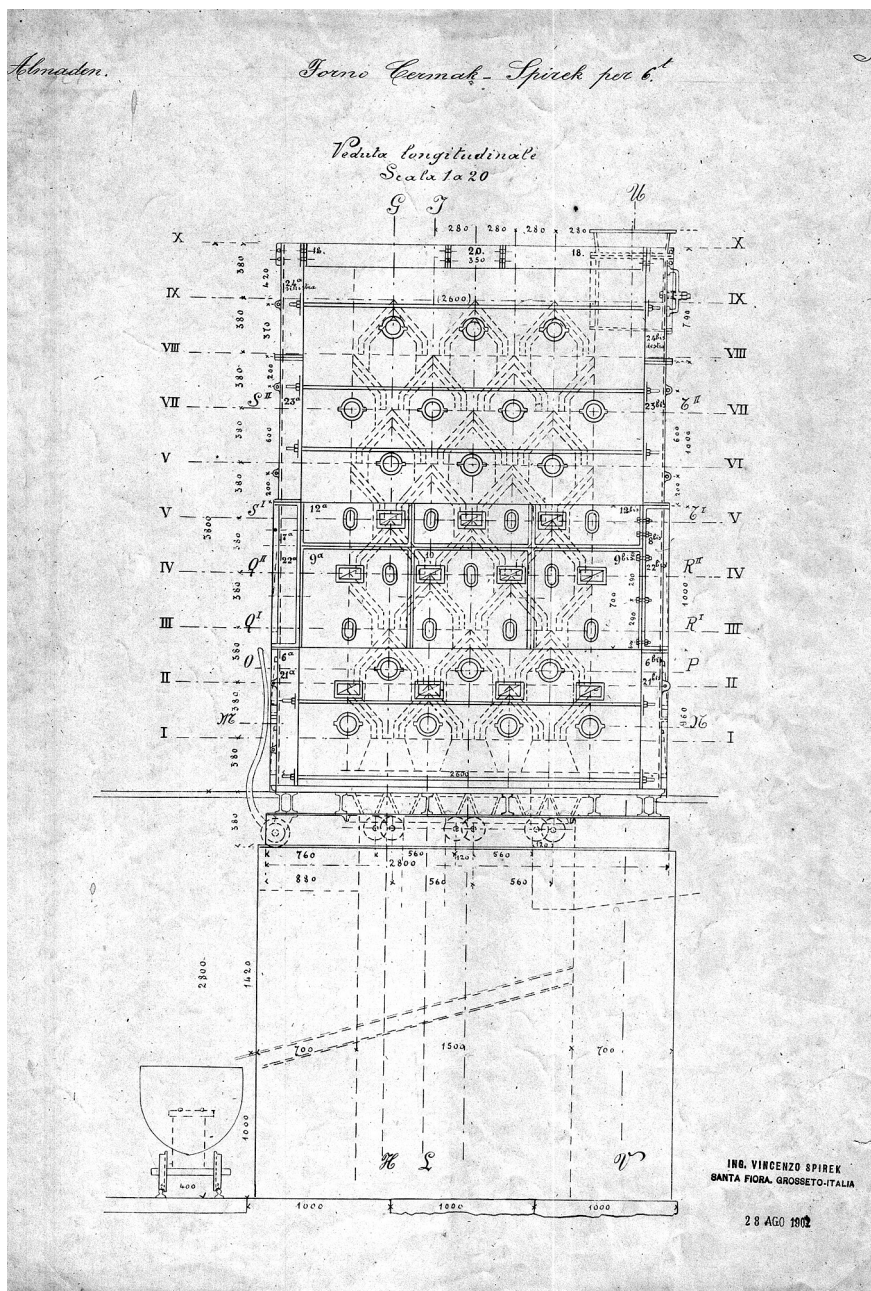


FIGURA 2: Sección de los hornos de 6 Tn Cermak-Spirek. Santa Fiora en Agosto de 1902. AHFA, Ref.00100.

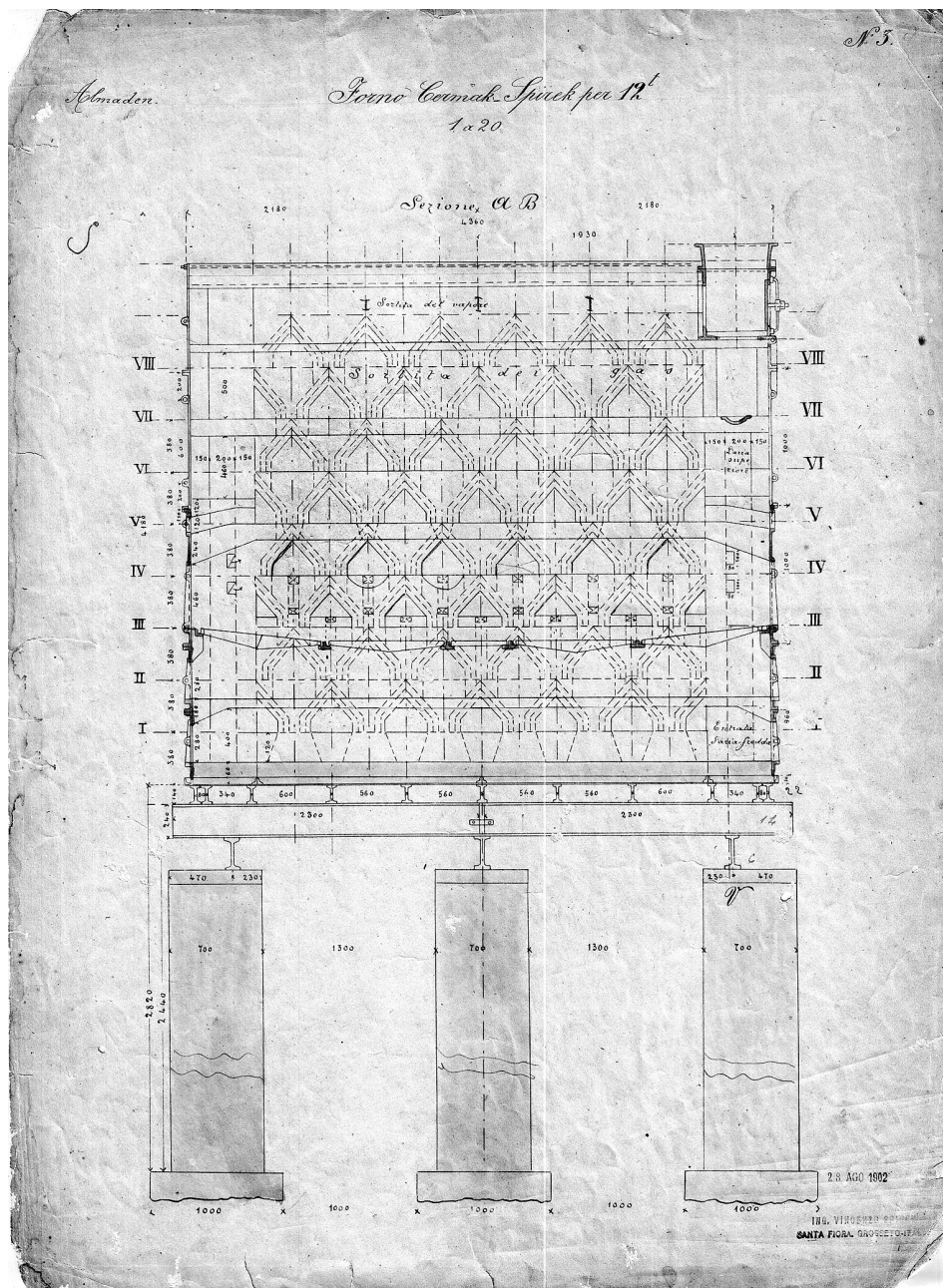


Figura 3: Sección de los hornos Cermak-Spirek de 12 Tn. Ingeniero Vincent Spirek. Santa Fiora en Agosto de 1902. AHFA, Ref. 00091.

que ascenderían sus jornales, así como del interés y conveniencia de poner en ejecución el contrato lo más pronto posible ante la necesidad de la compra de gran cantidad de materiales y efectos.

En los documentos consultados para estudiar la implantación de estos nuevos hornos en Almadén, también se puede ver perfectamente como el Director Oyarzábal transmite a sus empleados y hombres de confianza todo lo concerniente a la construcción de los hornos, como se deduce de las notas interiores fechadas desde el mes de octubre, dando cuenta de la aprobación del gasto por parte del Ministro de Hacienda para la construcción de los hornos y lo que esto va a suponer para la nueva gestión de la empresa. Así mismo, estas notas interiores nos descubren la corresponsabilidad por parte de los ingenieros con el Director. Es el caso de la nota dirigida el 29 de diciembre por el ingeniero del Cerco de Buitrones al Sr. Oyarzábal y en la que informaba de la custodia de los planos del proyecto de los nuevos hornos a manos del Guarda del Almacén del Cerco Buitrones con la máxima seguridad. Un detalle importante, que esta nota nos descubre, es la cantidad de planos que envió Spirek hasta Almadén para construir los hornos conforme a sus instrucciones. Concretamente estos fueron:

- Doce hojas con los planos del horno Cermak-Spirek de 6 toneladas de capacidad con su condensador. (fig. 2).
- Veinte hojas con los planos de los dos hornos Cermak-Spirek de 12 toneladas de capacidad cada uno con su condensador. (fig. 3).
- Cuatro hojas con los planos de un horno doble de cuba (horno Spirek) de 8 a 12 toneladas de capacidad con su condensador.
- Una hoja con el plano de la máquina de extraer hollines.
- Cuatro hojas con los planos de detalles de extraer hollines.
- Cuatro hojas con los planos de detalles de los edificios.
- Una hoja con el plano de la chimenea.

2.3. Construcción de los hornos

Para la ubicación de los nuevos hornos se seleccionó el espacio que ocupaban los hornos de Idria dentro del Cerco de Buitrones, que para estas fechas ya estaban prácticamente en desuso, permitiendo este espacio no tener que hacer obras de ampliación alguna en el Cerco, como se puede apreciar en los planos de este de los años 1875 y 1912 (fig. 4 y 5). En el primero de ellos, se aprecia que los hornos de Idria estaban situados en la parte Norte, entre la batería de los hornos de aludeles conocidos con los nombres de Larrañaga y Prado y la de los hornos de canales sistema Livermore, mientras que, en el segundo plano, se puede apreciar ya la posición de los hornos Cermak-Spirek y las pequeñas modificaciones de aumento de las dimensiones del Cerco¹¹.

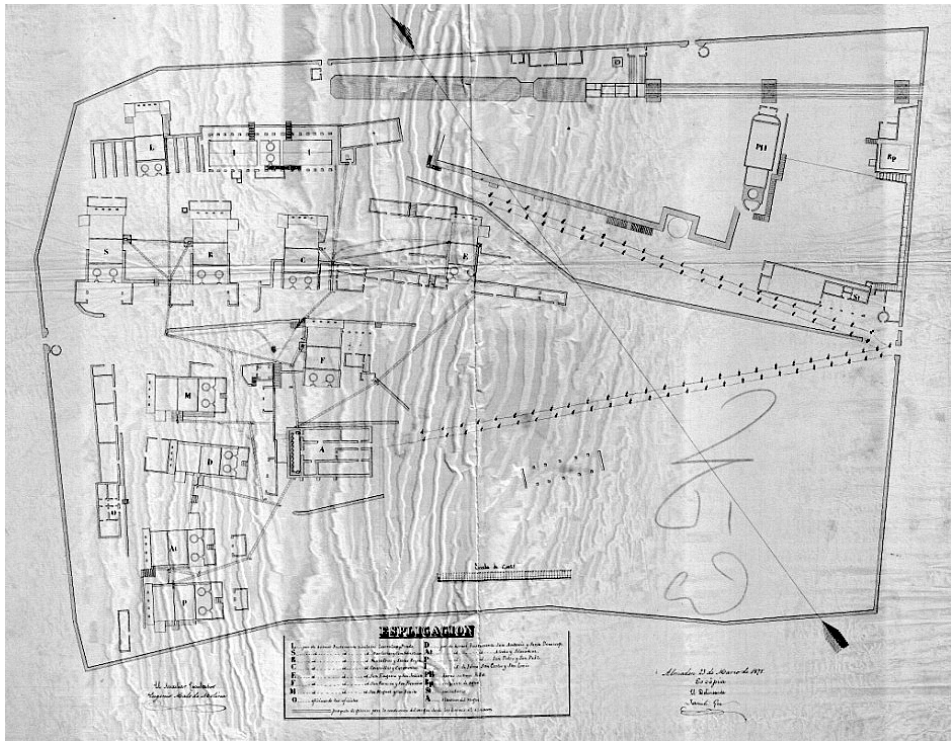


FIGURA 4: Plano del Cerco de Buitrones (1875). AHFA, Ref. 00476

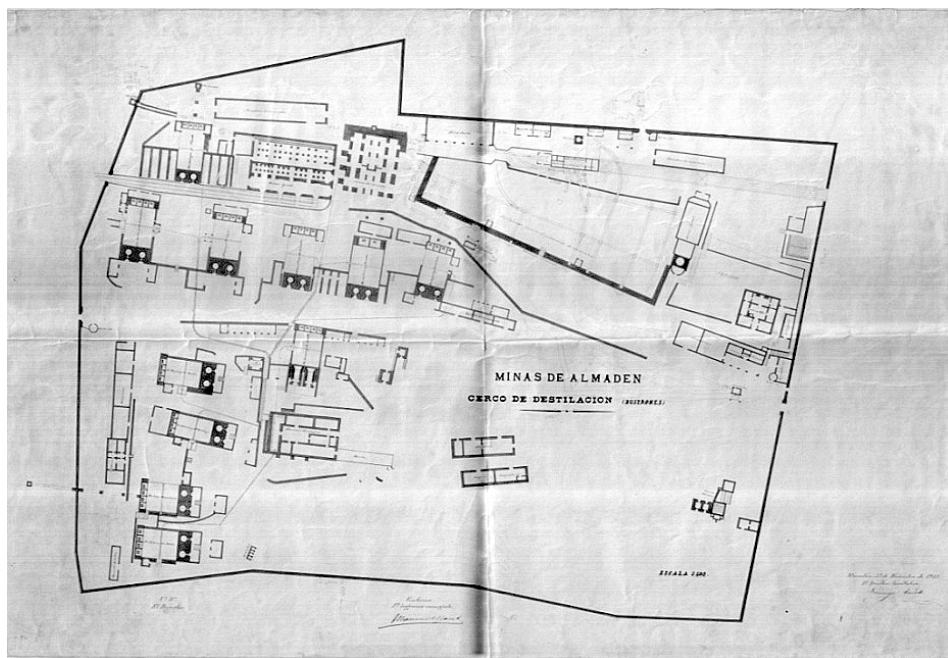


FIGURA 5: Plano del Cerco de Buitrones (1912). AHFA, Ref. 04477

Transcurrieron diez meses desde la firma y autorización del contrato hasta el comienzo de las obras. Este tiempo fue empleado por Oyarzábal para la compra y el acopio de materiales así como para el encargo de la construcción de las piezas más importantes de los hornos según los planos enviados por Spirek, como reflejan algunos de los escritos encontrados en el archivo. Un examen a estos nos muestra una vez más la diligencia del Director para que todo se llevara a cabo con la mayor prontitud posible y sin demora.

En el escrito del 14 de febrero de 1903¹², se puede observar como el Director comenzó a realizar una nueva reorganización del trabajo en la metalurgia, ya que mandó al obrero Juan Gutiérrez para que dejara de trabajar en el servicio de carga del horno de canales sistema Livermore con el fin de que se encargase de la construcción de los tubos de arcilla que conformaban los condensadores de los nuevos hornos. Este documento también arroja otras dos informaciones importantes: la primera, que los hornos de canales estaban aún en pleno funcionamiento y, la segunda, que los condensadores de los hornos estaban formados por tubos de arcilla construidos en las instalaciones mineras de Almadén.

Para la adquisición de las piezas especiales, Oyarzábal recurrió a los contratistas con los que la empresa minera estaba acostumbrada a trabajar, como lo refleja el escrito fechado el 1 de mayo de 1903¹³, en el que este instó al contratista habitual de efectos de hierro fundido, con el fin de evitar demoras, a que entregase cuanto antes las piezas de fundición que deberían ir en los hornos adecuadas a los planos realizados por Spirek.

Una de las compras de material más importantes fue, sin duda, la del ventilador sistema Roots, que tenía la misión de impedir que los gases procedentes de la combustión saliesen al exterior cuando las tolvas de los hornos se abrían para recibir una nueva carga, mejorando con ello la salubridad de los obreros que manipulaban los hornos. El hecho de que el ventilador se tratara de una máquina o aparato especial permitió su adquisición como comprendida entre las exceptuadas de subasta pública según el caso tercero del artículo segundo del decreto de 14 de abril de 1873, permitiendo así que se pudiera efectuar el encargo a la casa constructora directamente, dado que su coste era inferior a 3.750 pesetas, límite a tal efecto autorizado por el mencionado decreto.

Para su adquisición, Oyarzábal firmó el proyecto de condiciones de contrato de suministro de dicho modelo de ventilador con los señores Larini Nathany y Cia de Milán (Italia) el 29 de julio de 1903. Entre las cláusulas del contrato, se fijaba que el ventilador tenía que estar construido en madera de encina y debía ser igual a los suministrados a la minería del mercurio italiana para sus hornos de tecnología Cermak-Spirek y, para ello, se enviaba dibujo adjunto al contrato. Así mismo, se fijaba el tiempo de 40 días para la construcción del ventilador y su precio en 1500 francos. Esta cantidad se abonaría cuando el aparato llegara a Almadén, excluyéndose los

gastos de transporte por vía marítima hasta el puerto de Sevilla, que correrían a cargo del contratista y, los de traslado hasta las Minas de Almadén, que serían a cargo de la empresa minera¹⁴. Por último, al tratarse de un contrato con una empresa extranjera, la validez de este empezaría a regir después de la aprobación del Director General de Propiedades y Derechos del Estado y visado por el Cónsul español en Milán.

Otro detalle de sumo interés para que la obra se llevara a cabo con la mayor celebridad y se adaptase lo mejor posible a los presupuestos, fueron los precios e incentivos que Oyarzábal tuvo que negociar con los trabajadores encargados de las obras de construcción del edificio que debía albergar los hornos. Varios escritos del Director de la Mina de fechas 1 de junio, 1 y 5 de agosto¹⁵ dan buena cuenta de los acuerdos alcanzados para establecer los precios de cada etapa de la obra:

- Los trabajos básicos de construcción del edificio se pagarían a 3 ptas. el jornal de oficial de albañil y a 1,50 ptas. el de peón para una jornada de 8 horas, con un incentivo para las horas extras de 0,375 ptas. y 0,19 ptas., respectivamente.
- Los trabajos de cornisas se pagarían a 5 ptas. el metro lineal y el enlucido de estas con mortero de cal y arena, maestreado¹⁶ los mismos a 1 pta. el metro cuadrado.
- La colocación de las correas de madera y las chapas de palastro onduladas se pagarían a razón de 0,60 ptas. por la colocación de cada correa y 0,30 ptas. por el metro cuadrado de chapa ondulada. Para la ejecución de estos trabajos la empresa minera seleccionó a los trabajadores más especializados, que harían la obra por el sistema de destajo.

Como ya se vio en el apartado anterior, el material de ladrillos refractarios especiales era de suma importancia para el buen funcionamiento de los hornos, de aquí que se contratara su fabricación a una empresa especializada y de solvencia, además de que Oyarzábal no escatimara en esfuerzos para comprobar su calidad como se desprende de los escritos fechados en el mes de septiembre, en los que solicita al Ingeniero Subdirector del Establecimiento Minero y al Encargado del Cerco de Buitrones que examinen las muestras de ladrillos que la empresa envió para su aprobación. La respuesta de estos es de sumo interés, pues en su informe no solo reflejaron que las muestras se ajustaban en forma y medias y con calidad suficiente para que se pudiera realizar su encargo, sino que también se efectuó una evaluación para fijar el precio de los ladrillos, considerando para ello factores como el tipo de arcillas y arenas, que en este caso eran las que se utilizaban en la Fábrica de Gas de Madrid para su material refractario como estaba estipulado, o la inutilización de piezas en la cocción y el transporte¹⁷. Con estos datos, el precio fijado fue de siete pesetas para cada pieza entregada en el Cerco de Buitrones, que fue aprobado por el Director y puesto en conocimiento del contratista para que realizara el suministro.

Al estimar Oyarzábal que ya se tenía en el cerco minero todo el material necesario para la construcción de los hornos, comenzaron los trabajos de excavación, cuyo

coste ascendió a la cantidad de 5 ptas. el metro cúbico y fue realizado por nueve operarios en régimen de destajo. Así mismo, este consideró que había llegado el momento de que vinieran los trabajadores italianos especialistas según el artículo 3 del contrato con Spirek para la construcción de los hornos, realizándose su traslado entre los días 26 y 30 de septiembre como lo confirma el escrito del 5 de octubre del propio Oyarzábal al Director General de Contribuciones, Impuestos y Rentas, donde no solo da cuenta de la venida de un maestro y un oficial de nombres Purifico Solari y Francesco Buidocci, sino que también solicita, en cumplimiento del artículo 5 del mencionado contrato, que se le abonen los gastos de dicho traslado que ascendieron a 725,70 ptas., adjuntando para ello la liquidación de devengo correspondiente para que fuera aprobada la orden de pagos a favor del Pagador de la Mina de Almadén¹⁸.

El Director de las Minas de Almadén, perfecto conocedor de los mecanismos de funcionamiento de la Administración del Estado, pues no en vano llegó a trabajar como ingeniero y Director de dichas minas cerca de 30 años, aproximándose el cambio de año y pendientes de la aprobación de los nuevos presupuestos del estado, solicitó, mediante escrito con fecha de 30 de diciembre¹⁹ dirigido al Director General de Contribuciones, Presupuestos y Rentas, que se habilitase una partida de 44.648,29 ptas. para el presupuesto del nuevo año como remanente total de las 142.193,50 ptas. del coste total de los hornos, con el fin de hacer frente a:

- los pagos de los dos plazos de 3.000 y 5.000 francos que se le debían a Spirek según contrato,
- el pago del viaje que debía hacer este a la entrega de las obras estipulado en otros 1.500 francos
- el pago de la mano de obra de los trabajadores italianos hasta la terminación de los hornos junto a los gastos de viajes de retorno a su país
- el acopio de algunos materiales con el objetivo de que las obras no se interrumpieran en ningún momento por su falta.

La contestación al escrito de Oyarzábal fue recibida en Minas de Almadén el 29 de febrero, una vez que había obtenido el visto bueno del Ministro de Hacienda.

El relevo en la Dirección de las Minas de Almadén a comienzos del año 1904 no supondrá ninguna paralización en la construcción de los hornos, pues el nuevo Director, Ildefonso Sierra y León, mantendrá el mismo ímpetu llevado a cabo por Oyarzábal con el objetivo de que los hornos pudieran estar en marcha cuanto antes. Dan prueba de ello las notas internas de 8 de julio, 1 de agosto y 26 de septiembre²⁰, en las que se destinan a los mejores oficiales y peones para estos trabajos con el incentivo del aumento del precio del jornal y la posibilidad de añadir dos horas extraordinarias por cada jornada que devengaran, haciéndolas extensivas al gremio de carpinteros.

El 11 de noviembre de 1904, después de veintiún meses intensos desde el comienzo de las obras de construcción de los hornos de tecnología Cermak-Spirek, el Director del Establecimiento Minero comunicó al Director General de Contribuciones, Impuestos y Rentas que los hornos estaban finalizados, pendientes de su puesta en marcha y funcionamiento.

2.4. Puesta en marcha de los hornos

Los nuevos hornos, como el resto de la metalurgia almadenense, se encontraban en el Cerco de Buitrones, rodeados de los hornos de canales sistema Livermore y los de aludeles, ubicados a su vez en diferentes niveles de superficie, lo que provocaba una mala evacuación de los gases, sobre todo cuando se producía ausencia de los vientos dominantes de poniente. Este hecho, unido al deficiente tratamiento metalúrgico que presentaban los hornos, generaba en su entorno problemas en los operarios y en los materiales. Antes de que los hornos Cermak-Spirek pudieran estar funcionando, fueron víctimas de la acción de los gases mercuriales al combinarse con otros elementos, concretamente sobre la chapa de hierro de su cubierta, lo que dio lugar a la búsqueda de soluciones rápidas, efectivas y que no fueran muy costosas, ya que en mayo de 1905 los hornos estaban concluidos y en cualquier momento podían empezar a funcionar.

El escrito del Ingeniero Primitivo Hernández, dirigido al Director de la mina de fecha 20 de mayo, fue un buen ejemplo de cómo buscar una solución para tratar el problema:

... Señor Director: Por ser el elemento de mercurio el elemento mineralógico sometido a la destilación en este cerco, origina una atmósfera de gas sulfurado que actúa sobre todos los objetos próximos a los hornos; uniéndose este gas al agua depositada a consecuencia de lluvia, rocíos, sobre la cubierta de los hornos Cermak Spirek da lugar a la formación de ácido sulfúrico y como consecuencia al ataque de la chapa de hierro que forma dicho tejado; tengo el honor de informar a V.I. que en concepto del Ingeniero que suscribe es necesario proteger el tejado contra el ataque que no muy a lo largo originaría la destrucción completa.

El medio que propongo a V.I. es pintarlo con pinturas que no contengan sales de cinc ni plomo por ser estas destruidas al poco tiempo por el mercurio, que procedente de los hornos Bustamante siempre se depositan parte sobre esta chapa. La pintura más procedente es la llamada minio de hierro; debe darse esta al aceite con dos clases de brocha números 5 y 10; dos manos de pintura son suficientes.

Las condiciones de seguridad y esmero para dar por terminado el trabajo, quedan a cargo de la Dirección; antes de proceder a pintar, deberán romper el óxido que las cubre actualmente; efectuando el trabajo en las condiciones expuestas, puede pagarse a una peseta el metro cuadrado: son 700 metros cuadrados...

A pesar de que la fecha reconocida por los escritos de terminación de los hornos fue la de noviembre de 1904, su puesta en funcionamiento se vio demorada algún tiempo. En primer lugar, el escrito de Sierra a Spirek, de principios del año 1905, nos descubre que los hornos estaban incompletos por la falta de algunas tolvas y otros

equipos auxiliares y, en segundo lugar, otro escrito de Sierra a Spirek, fechado ya en 1906, nos descubre que la demora de la puesta en funcionamiento de los hornos era debida a ciertas obras indispensables que se habían realizado durante los ocho últimos meses para la buena marcha de los hornos. Era el caso de la instalación de la locomóvil y la construcción de las vías necesarias para su funcionamiento. Ambos documentos permiten establecer, de momento, un retraso de más de un año. Pero como se ha visto, en la correspondencia mantenida por ambos ingenieros y otros documentos, como el fechado el día 2 de mayo de 1906 en el que se advierte que el horno de Cuba Spirek no debió finalizarse de forma correcta, teniendo que sufrir una reforma que retrasó su puesta en marcha varios meses, no será hasta el año 1907 cuando estos realmente comiencen a funcionar.

Durante todo este tiempo de nuevas construcciones complementarias y litigios con Spirek, Minas de Almadén puso en marcha toda su maquinaria para cubrir las necesidades que entrañaban el arranque de los hornos. Entre las diferentes acciones que se llevaron a cabo, se pueden señalar:

a) Proceso de selección del personal que debía trabajar en los hornos, comenzando para ello con el estudio del número de operarios necesarios, como se desprende de la nota de interior de 5 de marzo de 1906, donde se deja claro que se necesitaban:

- Un operario (cargador) por horno en turno de 8 horas, lo que ocuparía a 9 personas al tratarse de 3 hornos funcionando las 24 horas del día, con un jornal que se pagaría a 2 ptas²¹.
- Tres auxiliares de destilación por cada turno de 8 horas, lo que suponían un total de 9 obreros más que devengarían 3 pesetas por jornal.
- Un basculero, que cobraría 2 pesetas por jornal.

A pesar del visto bueno dado por el ingeniero encargado de los hornos a esta plantilla, como consta en el escrito de 13 de marzo enviado por este al Director de las minas, la Dirección modificó el número de operarios en base a la experiencia de la empresa minera en las tareas metalúrgicas. Y del estudio realizado, al comprobarse que este número de operarios era insuficiente y la jornada de trabajo excesiva, se tomó la decisión de pasar esta de 8 a 6 horas para los cargadores y basculeros, lo que suponían 6 trabajadores más. El estudio realizado se completó con el nombramiento de lo que se denominaban cuadrillas, que eran el conjunto del número total operarios establecidos para ir realizando los relevos, ya que los hornos debían estar funcionando las 24 horas todos los días de la semana durante el tiempo que duraba la campaña de destilación, siendo necesario tener programados todos los turnos de trabajo durante este periodo. Por otro lado, a las cuadrillas pertenecerían todos los obreros del Cerco de Buitrones, excepto aquellos que, bien por sus condiciones físicas o por ser imprescindibles en sus tareas, no pudieran alternar con los demás.

En cuanto a la plantilla para los hornos de cuba Spirek, según se desprende del escrito interno del 2 de mayo de 1906²², el número de operarios establecidos fue el de 19, distribuidos de la forma siguiente:

- Dos cargadores en turnos de 6 horas con un jornal que se pagaría de 2 ptas., lo que ocuparía a 8 personas.
- Un auxiliar de destilación en turno de 8 horas con un jornal de 3 ptas., lo que ocuparía a 3 personas.
- Dos descargadores de escoria en turnos de 6 horas con un jornal de 2,5 ptas., lo que ocuparía a 8 personas.

Un aspecto interesante que los escritos revelan (4 de agosto de 1906), es que el precio que se estableció para el pago de los jornales de los trabajadores de estos nuevos hornos, descritos en los documentos anteriormente citados, no llegó a ser el que realmente se acordó para la puesta en marcha, pues antes de que esto se produjera hubo nuevas modificaciones al alza. Una de estas modificaciones fue la subida en 0,50 ptas. el jornal para los cargadores, lo que suponía un aumento del 25 %, viniendo motivada dicha mejora por el informe del ingeniero del Cerco en el que dejaba claro que la penosidad del trabajo que estos iban a desempeñar tenía que ser mejor remunerada, reconociendo una vez más las duras tareas de los trabajadores de la planta metalúrgica y que en muchos casos no fueron tenidas en cuenta.

b) Contratación de los servicios de clasificación, preparación, carga y descarga de los hornos del Cerco de Buitrones, ajustados al modelo de pliego de condiciones establecido en las disposiciones de la Real Orden de 17 de enero de 1894, aprobadas para el ejercicio 1894-1985²³ y que en estuvieron en vigor hasta el año 1910.

c) Formación del personal especializado. Era costumbre en el Cerco de Buitrones, desde la aprobación del plan de estudios de la Academia de Minas de Almadén del año 1841, que el control directo sobre los hornos fuera llevado a cabo por Capataces Facultativos de Minas formados en dicha academia, debido, en primer lugar, a su formación en ensayos de minerales y metalurgia aplicada al hierro, plomo, plata y azogue (plan de estudios correspondiente al año 1897) y, en segundo lugar, a su experiencia práctica, que comenzaba ya durante los años de formación tal como refleja el comunicado de 25 de febrero de 1907 en el que se destina como suplente auxiliar de destilación a los hornos a un estudiante de tercer curso:

... No existiendo suplentes de Auxiliares de Destilación con que cubrir las faltas que ocurren en el servicio de la campaña de destilación de minerales, esta Dirección facultativa acuerda destinar como suplente de Auxiliar con destino a los hornos Spirek al alumno de 3.º año de la Escuela de Capataces y a otro del Cerco de Buitrones Faustino Adrián Delgado y Flores a quien se le abonará el jornal señalado al cargo que ha de desempeñar...

d) Construcción de edificios auxiliares.

Los nuevos hornos necesitaban de una serie de edificios auxiliares que, como ya se mencionó en apartados anteriores, fueron parte del retraso acumulado para la puesta en marcha de estos. En algunos casos, la construcción era totalmente nueva, como la llevada a cabo en abril de 1907 por el Director de las minas, quien consciente de la necesidad que había demostrado la experiencia de más espacio para los minerales, ordenó construir un secadero²⁴ por un importe de 3.000 ptas. según presupuesto y planos que realizó el maestro Ramón León, aprovechando, para ello, la finalización de la campaña metalúrgica de ese año. A propuesta del Ingeniero Manuel Loming, el personal empleado para la construcción del secadero de minerales fueron los alarifes que no habían disfrutado del trabajo de exterior en los últimos tres meses. Con ello se estableció una medida higiénica que con el tiempo se convirtió en sistemática con el fin de desintoxicar a los operarios de interior.

En otros casos, la construcción de estos edificios se hacía recurriendo al empleo de materiales de otros hornos que ya habían quedado en desuso, como fue el caso de los hornos de aludeles del Cerco de Buitrones de las minas de Almadenejos. Dichos hornos llevaban ya años sin ser utilizados y en periodo de abandono y deterioro, siendo aprovechados parte de sus materiales para la construcción de cobertizos para los minerales que se calcinaban en los hornos de canales y Spirek, como confirma la nota interna n.º 270 del 16 de enero de 1907:

... De conformidad con lo propuesto por el Sub-Director que suscribe, el Sr. Administrador General de estas minas con fecha de hoy se ha servido disponer que para la construcción de cobertizos en el Cerco de buitrones para los minerales que se benefician en los hornos de canales y de los de Spirek, no existiendo tejas con que cubrirlos, se proceda a destejar por parte de los obreros del departamento de Almadenejos los hornos que están en estado ruinoso del cerco de Buitrones de dicho departamento encargando al contratista de transportes exteriores la conducción de las tejas desde el referido cerco de Buitrones de Almadenejos al de Destilación de esta villa, pagándose al referido contratista 1,10 ptas. por cada ciento de tejas útiles que transporte...

La puesta en marcha de los hornos se va a producir en marzo de 1907, una vez que había terminado todo el periplo que supuso la conformidad de acabado realizada por Spirek y el cobro por parte de este de la última parte del contrato. Transcurridos unos días, en los que los hornos estuvieron funcionando bajo el control del encargado italiano contratado al efecto, Purifico Solari, la Dirección de las minas acordó el cese de este a partir del día 22 de marzo, nombrando temporalmente, hasta su provisión definitiva, un maestro de calcinación que se encargaría de la supervisión y buena marcha del funcionamiento de los hornos con un jornal de 4,25 ptas. durante la campaña y, fuera de este periodo, disfrutaría de un jornal de 2,5 ptas.

Para la provisión de este puesto de trabajo, se convocó un ejercicio práctico entre todos los operarios que quisieran y hubieran trabajado en los hornos. El ejercicio consistió en una prueba en la que cada aspirante inscrito tenía que describir: las par-

tes de las que se componía un horno y su construcción, el modo de encenderlo al comenzar la campaña así como la manera de conducirlo en el trabajo diario de campo, manejo del hogar, regularización de la caída de mineral, de las entradas de aire y salidas que este tuviera, marcha y regularización de la condensación, descarga del mineral calcinado expresando cuando debía hacerse, perturbaciones que pudieran presentarse en la macha y manera de corregirlas, así como todos los demás detalles que hubiera querido exponer el opositor.

Entre los candidatos a optar a este puesto se encontraban un buen número de Capataces Facultativos de la Academia de Minas, ya que como se vio anteriormente, estos eran los que ocupaban la mayoría de los puestos de mayor responsabilidad en el cerco metalúrgico, estando establecido que si alguno de ellos adquiría plaza no podrían pasar al Cargo Facultativo Práctico de las minas hasta que los de su promoción, según la clasificación de la Escuela, ascendieran a entibadores efectivos.

Los hornos Cermak-Spirek sufrieron diferentes mejoras durante el tiempo que estuvieron funcionando en Almadén, algunas destinadas a evitar las intoxicaciones de los trabajadores, otras a mejorar los rendimientos de producción con la modernización de la planta, instalándose nuevos equipos como el tendido de una vía férrea que, partiendo desde el pozo de San Aquilino, llegaba hasta el Cerco de Buitrones para llevar los minerales directamente desde el pozo, suprimiendo con ello el sistema de transporte con carretas²⁵. Estos hornos fueron un avance importante para la metalurgia de las Minas de Almadén pero, como la mayoría de las tecnologías metalúrgicas que se instalaron en sus cercos, fueron sometidos a cambios y modificaciones introducidas por los ingenieros de minas españoles para adaptarlas a las características de los minerales de estas minas. Estas mejoras pronto servirían para generar un intercambio de conocimientos entre los técnicos de las distintas minas europeas y americanas dedicadas a la obtención de mercurio.

2.5. La correspondencia entre Spirek y los directores de las Minas de Almadén

Uno de los aspectos más interesantes, que nos ofrecen los documentos relacionados con la instalación de los hornos de tecnología Spirek en Almadén, fue la correspondencia que mantuvo el ingeniero checo con los directores de las Minas de Almadén desde los primeros contactos para la adquisición de los hornos hasta que pudo ver como se le pagaba el último franco después de varios años de litigios e interpretaciones sobre el sistema de pago del contrato firmado.

En sus escritos, se traducen dos personalidades de Spirek. Por un lado, el ingeniero comercial que quiere que sus inventos sean conocidos y utilizados en todas las minas de mercurio del mundo con una imagen amable y cercana y, por otro lado, el ingeniero contundente y más metódico que reclama sus derechos de pago, pero siempre intentando que la reclamación no exceda de lo estrictamente legal para dejar una puerta abierta con la empresa contratante.

El primer documento recibido por Spirek por parte de los ingenieros españoles fue el proyecto de contrato sobre la construcción de los hornos y, como ya se vio en apartados anteriores, Spirek aceptó todas las cláusulas del contrato sin ninguna contradicción, pues su objetivo se centraba en la venta de su modelo de horno a la empresa más importante del mundo en producción de mercurio, ya que un buen acuerdo supondría una imagen de primera línea para sus hornos.

Siguiendo en esta línea del Spirek más comercial, el telegrama recibido en Almadén con fecha 26 de mayo de 1904²⁶ por el Director Sierra era otra buena muestra del interés que este ponía para que sus modelos de hornos tuvieran la aceptación necesaria. Para ello, ponía a disposición de los posibles compradores no solo la tecnología, sino también la mínima formación para hacerse cargo de estos en el menor tiempo posible. En dicho telegrama, Spirek invitaba al Director del Establecimiento o técnico de su confianza a conocer personalmente el funcionamiento y el rendimiento de los hornos de su tecnología, instalados en Siele (Italia), dejando caer en el escrito que también fueron ya instalados con gran éxito en Idria (Eslovenia), Nikitowka (Rusia), Hungría, Taghit (Argelia). Concluía con el interés por conocer el parecer del Director de las minas sobre la marcha de los trabajos de los hornos y, si estos, estaban ajustados a lo esperado, deseando el mejor resultado para la modernización de la metalurgia almadenense.

En la línea del Spirek más contundente y metódico, tenemos varios escritos que reflejan muy bien esta afirmación. Los escritos de reclamación de los 3.000 francos estipulados en el contrato a la finalización de la obra son buenos ejemplos. En el primero de ellos, con fecha 22 de noviembre de 1904, recibe el Director de las Minas de Almadén la comunicación de que se estaba cayendo en falta al no atender lo estipulado en el contrato sobre el pago de finalización de obra, cuando ellos entendían que esta había terminado. Proponía que si del Director no dependía dicho pago, que se pronunciara al respecto lo antes posible, fijándosele la fecha del 5 de diciembre de 1904 para ello, o bien, si no era de su competencia, si debían dirigirse directamente al Ministerio. En el segundo de los escritos, de fecha 10 de diciembre, ya se pone de manifiesto el ultimátum de que si para antes del día 24 de diciembre del mismo año no recibían los 3.000 francos, recurrirían a la vía judicial y pondrían sus intereses en las manos de la embajada italiana en Madrid. Ambos escritos, a pesar de su contundencia, siempre dejan una puerta abierta al entendimiento.

La respuesta del Ingeniero Sierra no se hizo esperar y, con fecha del día 16 de diciembre, ocho días antes de la fecha tope establecida por Spirek, este remitió un escrito a los Sres. Spirek y Vaccaro mediante el que les comunicaba el envío de 3.000 francos (4.300 pesetas) según los requisitos del contrato, pidiéndoles acuse de recibo. Así lo hicieron estos, remitiéndolo el mismo día 24 de diciembre. Sierra les dejaba muy claro que él había seguido toda la tramitación oficial, de la cual podía adjuntar copia, desde la finalización de los hornos, que tuvo lugar el 11 de noviembre y no en la fecha que ellos decían (20 de septiembre), adjuntando para

ello un escrito de Purifico Solari²⁷ donde confirmaba que las obras no se habían terminado hasta dicha fecha. Les recordaba al mismo tiempo que, en honor a la verdad, aún quedaban por instalar las tolvas de carga y los canales en algún horno, sin los cuales no podían ponerse en marcha dos de los hornos.

De toda la correspondencia mantenida por Spirek y la Dirección de las Minas de Almadén, la que llevaron a cabo para el cobro de los 5.000 francos correspondientes al último plazo estipulado en el contrato²⁸, donde se decía que se harían efectivos a los siete meses después de puestos en marcha los hornos, fue la que más largo tiempo se mantuvo, concretamente hasta marzo del año 1907. Constituyen el mejor ejemplo de la tenacidad y la perseverancia de Spirek junto a la lentitud y la tremenda burocracia que existía, tanto en la Administración del Estado como en la propia empresa minera, que buscaba en la letra pequeña del contrato los argumentos para no hacer frente al pago.

Spirek argumentaba en sus primeros escritos que no entendía como no se le pagaba el último plazo, ya que había transcurrido más de un año desde la finalización de la construcción de los hornos. De otra parte estaba la respuesta de las Minas de Almadén, argumentada en que el ingeniero checo no había visitado las instalaciones metalúrgicas almadenenses para ver in situ el resultado de la ejecución de los hornos, tal cual se recogía en el artículo 6.º del contrato. Esta argumentación de la parte española no era suficiente para Spirek, ya que este pensaba que era más útil que el Ingeniero Jefe del Cerco de Destilación viajase a las minas de Monte Amiata para ver el funcionamiento de los hornos de su sistema, al igual que habían hecho los responsables de otros establecimientos mineros, con el consiguiente ahorro de dinero, y como así se lo había comunicado a Purifico Solari en carta fechada el día 2 de enero de 1906 con el objetivo de que este trasladara esta opinión a la Dirección de las minas, matizando en dicho escrito que si hubiera existido dificultad para la puesta en marcha de los hornos él hubiera viajado hasta Almadén, puesto que en esas fechas no lo podría hacer por encontrarse enfermo y con una edad avanzada para realizar el viaje. Viendo Spirek que su carta no tenía respuesta y, ante la imposibilidad de poder desplazarse hasta Almadén, este utilizó un nuevo argumento para poder convencer a la Dirección de las Minas de Almadén. Les comunicó que mandaría, en su lugar, al que era Director de las Minas de Amiata, el Sr. Gionna Solari, quien le sustituiría para comprobar el resultado de la construcción de los hornos y poder cobrar así el dinero pactado para tal fin.

Esta justificación no fue suficiente para la Dirección de las minas, ya que su argumentación se aferraba a que el pago se debería abonar transcurridos siete meses después de su puesta en marcha, cosa que aún no se había producido, como así lo hicieron saber en escrito fechado en Almadén el día 10 de enero.

En nuevo intento para conseguir que se abonasen los 5.000 francos, el día 20 de enero de 1906, Spirek y sus socios remitieron desde Turín un nuevo escrito como

Inq. Vincenzo Spirek
 Santa Fiora (Suessa) Italia
 Ferrovie STAZIONE MONTE AMIAIA
 Telegrammi SIELF MINERA

Santa Fiora, li 20 Gennaio 1906
 Illmo Signor Don Ildefonso Sierra y Sierra
 Inq. Direttore Suellinas
 Alacadeu

Ho ricevuto le Vostre di 7 e 10 di Gennaio a. c. -
 Vi ringrazio delle buone notizie della visita
 del Vostro Ingegnere Metallurgico con Signor Selari Direttore
 al Sile.

Ho mandato una lettera li 8 Gennaio all'Intendente
 del Vice direttore Signor Don Francesco Carozza
 colla proposta di mandare nostro Direttore -
 ai Forni - cioè collaborare da 15 anni -
 Signor Giova Selari per la messa in movimento
 dei Forni in Alacadeu. -

Su' ha la mia completa fiducia e piena
procura - come per la approvazione dei
lavori compiuti - come per la sicurezza
 dei spiegami necessari. -

La mia salute non mi permette di fare in
 quest' inverno qualunque viaggio. -

Lei sta alla Vostra disposizione - o di venire
 subito - o di aspettare il Vostro Ingegnere e
 venire con lui. -

Dello S. V. Illmo vostro
Inq. V. Spirek

FIGURA 6: Escrito de Spirek a Ildefonso Sierra. Santa Fiora, 20 de enero de 1906. AHFA, leg. FA-569/3, sin numerar, año 1906.

contestación al enviado desde Almadén apenas veinte días atrás. En dicho documento, se intentaron dar argumentos suficientes para que la Dirección de las Minas de Almadén entendiera, del modo más razonable posible, que ellos tenían que cobrar ya el último plazo según lo convenido, porque, a su parecer, las circunstancias que se estaban dando para tal demora eran totalmente ajenas a su voluntad, tal como refleja el siguiente extracto de su carta:

... en la confianza que conforme a los principios de equidad y justicia, se le daría respuesta a nuestra demanda de pago.

Es cierto que los hornos no están activados todavía, pero esta consideración no tiene valor para nosotros, por la sencilla razón de que en este caso no es por nuestra culpa. No había ninguna necesidad en decir que deben abonarse a los siete meses después de puestos en marcha los hornos ya que si bien estos se terminaron hace un año, hasta el pasado Diciembre no se han concluido las obras accesorias a los mismos. Es lógico apelar a vuestra calidad de técnico, ya que trabaja y tiene experiencia en estas cuestiones. Supongamos el caso, por ejemplo, que vuestro Ministerio debe demoler los hornos construidos, o que los pone en marcha dentro de veinte años. Nosotros no podemos responder a su derecho, porque si los hornos son suyos y le pertenecen, por consiguiente, en este caso, nosotros debemos atenderles durante 20 años, o perder en el mejor caso las 5.000 libras, porque los hornos o fueron destruidos y no fueron encendidos. Les dejamos la forma de responder.

Evidentemente, este escrito no convenció al Director Sierra, quien envió escrito a la Dirección General de Impuestos, Contribuciones y Rentas argumentando que el retaso no podía ser imputable a la voluntad de la Dirección de las Minas, sino que se debería imputar a la demora de la puesta en funcionamiento de los hornos, a ciertas labores indispensables para la buena marcha de los mismos, como la instalación de la locomóvil y la construcción de vías necesarias, en cuyas obras se habían invertido los ocho últimos meses del año anterior, como bien conocía esa Dirección General.

Para solucionar esta cuestión y mejorar un poco la imagen de todo este proceso, la mencionada Dirección General envió un escrito con fecha del 13 de febrero de 1906 a la Dirección de las Minas de Almadén en el que instaba a Sierra a ponerse en contacto con Spirek para que pudiera ir el Sr Giona Solari hasta Almadén. Si este daba su visto bueno a la construcción y puesta en funcionamiento de los hornos, no era necesario esperar a que transcurrieran los siete meses establecidos en el Artículo 4.º del contrato, procediéndose al pago inmediato de los 5.000 francos.

La presencia de Giona Solari en Almadén fue prácticamente inmediata, pues según consta en el escrito remitido por el Director Ildefonso Sierra el 21 de febrero al Ilmo. Sr. Ordenador de Pagos por Obligaciones del Ministerio de Hacienda, este solicita el libramiento del pago de 1.500 francos para sufragar los gastos de la visita del italiano al establecimiento minero, puesto que ya se encontraba en Almadén, siendo fundamental que se agilizaran los trámites del libramiento. Resulta muy curiosa la contestación que recibe el Director por parte de este organismo, ya que da a entender que Sierra no conoce la tramitación que hay que seguir en estos casos, pues en dicha contestación se le dice que, a quien tiene que remitir el escrito, es a la Dirección General de Contribuciones, ya que era a ellos a los que les correspondía la

facultad de señalar el presupuesto a que había de aplicarse, porque se trataba de obligaciones de anteriores presupuestos y no se podía librar la cantidad directamente teniendo que pasar por este trámite perceptivo. Evidentemente, el Director actuó con la mayor prontitud posible, realizando la tramitación a comienzos del mes de marzo con el fin de intentar solucionar este problema de falta de conocimiento en la tramitación de este tipo de gastos.

A pesar de esta diligencia, los documentos consultados demuestran una vez más que el pago no fue inmediato, pues en escrito enviado el día 4 de septiembre de 1906 desde la Dirección de las Minas al Ilmo. Sr. Ordenador de Pagos por Obligaciones del Ministerio de Hacienda, se verifica que hasta esta fecha no se da cuenta justificada del importe de los gastos del Sr. Giona Solari, lo que hace suponer que no serían muchos días antes cuando se hiciera efectivo el pago.

En párrafos anteriores, se podía ver como la Dirección General de Contribuciones afirmaba que si el Sr. Giona Solari daba el visto bueno a la terminación de los hornos se procedería al pago de la parte final del contrato estipulada en 5.000 francos como estaba convenido, sin embargo, la rica documentación del AHFA nos demuestra que esto no sería así, pues desde la fecha en la que el Sr. Solari visitó Almadén hasta que se cobró el dinero transcurrió prácticamente un año, utilizando como argumento principal para la demora la falta de la certificación de terminación de los hornos por parte de Spirek.

Para poder hacer frente a esta situación, como se puede ver en el escrito del mes de diciembre de 1906, Spirek utilizó nuevamente sus dotes de hombre de negocios para intentar convencer a la Dirección de las minas de que el certificado se expediría de inmediato, pero que el pago también se debería hacer antes del 31 de diciembre del mismo mes:

... Hemos recibido su carta del 10 del corriente, y en ejecución de su expresado deseo, nos apresuramos a remitirles la declaración de que la instalación de nuestro sistema de hornos en Almadén cumple nuestras instrucciones.

Por la estima y por la confianza que tenemos a la seriedad y competencia técnica de esa honorable Dirección, estamos seguros de que el pago de las 5.000 últimas libras se llevará a cabo sin más dilación, sobre todo porque tenemos la firme intención de no prorrogar por completo más allá del 31 del actual mes en el cumplimiento total del contrato en cuestión...

Después de nuevos escritos, por parte de los italianos, en los que se tuvo que recurrir a la amenaza del cobro por la vía diplomática, dando cuenta de los hechos a la Embajada Italiana en Madrid para pedir no solo por el pago pendiente, sino también por los daños e intereses de demora, no fue hasta el día 21 de marzo 1907 cuando se pudo dar por terminado el contrato con el pago de los 5.000 francos.

Como punto final del análisis de la correspondencia de Spirek con las Minas de Almadén, se incluye, a continuación, un extracto de la carta del día 23 de Marzo de 1907 dirigida al Administrador Jefe del Establecimiento de las minas Waldo Ferrer,

una vez que se había acabado todo el litigio del cobro de la última parte del contrato, como el mejor ejemplo que se ha podido encontrar para observar las magníficas dotes comerciales y técnicas del ingeniero checo con el fin de presentar sus hornos como los más completos y mejores que se fabricaban en aquellos momentos:

... Recibida su carta y el cheque de 5.000 francos, se agradece su resolución y trato recibido a mi persona y mi representante Purifico Solari.

Después de haber puesto en marcha el horno sin problemas, espero ser capaz de evitar las pérdidas que se producen en hornos de otro tipo con todas las instalaciones modernas. Aquí en Monte Amiata no tenemos más trabajadores de los hornos, enfermos, si se trabaja con la seguridad de la depresión, con nuestro ventilador o con turbina o con maquinaria eléctrica.

Un consejo, si permitiera venir a su ingeniero metalúrgico para ver todas nuestras instalaciones y el trabajo en detalle, así podrá convencer a todos de las ventajas de trabajar con mis hornos. Aquí solo tenemos este tipo de hornos y de torre como en todas las nuevas instalaciones en Turquía.

Hoy me han invitado para instalar nuevas plantas en China y Australia (Queensland).

Espero que otras minas de España se decidan por implantar mi sistema de trabajo para reducir las pérdidas y evitar el envenenamiento de operarios con mercurio.

La nueva instalación, con las precauciones necesarias, será beneficiosa para las minas de mercurio de Almadén, primeras del mundo y ahora en mantenerse saludables, cómo es saludable toda la metalurgia del mercurio que trabaja con mi sistema.

Un cordial saludo, a todos, a los caballeros que amablemente han participado en la instalación de los hornos, deseo suerte y prosperidad a todo el mundo de las minas de Almadén: sus directores, ingenieros, empleados y trabajadores.

Con toda estima a su ilustrísima.

Ingeniero Vincent Spirek

3. CONCLUSIONES

Los hornos de tecnología Spirek fueron instalados en las Minas de Almadén de la mano del entonces Director D. Eusebio Oyarzábal y Zabala con sujeción a las condiciones detalladas en su memoria de 29 de Diciembre de 1901. Con esta medida, el ingeniero buscaba una mayor producción, mejores rendimientos y mejoras en las condiciones higiénicas de los operarios metalúrgicos que podían ofrecer los equipos existentes en la metalurgia almadenense: los hornos de aludeles, de Idria y de Livermore. Además, pretendía que el coloso productor español no perdiera el tren de la modernidad que estaban alcanzando otras cuencas mineras europeas, fundamentalmente las italianas, con las que existió siempre una gran rivalidad, gracias a la inventiva de Spirek. El 21 de Septiembre de 1902 tuvo lugar la firma del Convenio entre Oyarzábal y el ingeniero D. Vincent Spirek para la construcción de tres hornos del sistema Cermak-Spirek para el tratamiento de minerales menudos ricos con capacidades de seis y doce toneladas a las veinticuatro horas, más un horno de cuba modelo Spirek con capacidad de tratamiento entre ocho y doce toneladas con mecanismos de carga y descargas especiales. Junto a la fabricación de los hornos, también figuraba en el contrato la adquisición de una máquina de extraer el azogue de los hollines por un importe total de 142.193,50 pesetas.

Las obras de construcción de los hornos comenzaron el 14 de Febrero de 1903, ubicándose estos en el espacio de terreno que ocuparon anteriormente los hornos de Idria. Con el fin de que las obras tuvieran una buena marcha, Oyarzábal contrató en Italia a Purifico Solari y Francesco Buidocci, maestro y oficial experimentados en este tipo de proyectos y, además, incentivó a los obreros que trabajaron allí con horas extras y mejores emolumentos que el resto de trabajadores en el mismo tipo de puesto de trabajo, concluyendo las obras el día 11 de Noviembre de 1904, aunque la fecha de inauguración y puesta en marcha de los hornos no fuera efectiva hasta 1907 bajo la inspección del ingeniero italiano Giona Solari, Director de las Minas de Amiata, enviado por Spirek ante la imposibilidad material de este por su precario estado de salud.

El interés mostrado por los dirigentes del establecimiento minero de Almadén en el buen funcionamiento de esta nueva tecnología desarrollada por Spirek, no solo se reflejó en la fiel reproducción de los hornos, sino en la formación que había que dar a los nuevos operarios, sobresaliendo la que se estableció en los planes de estudios de los Capataces de Minas de la Academia de Minas de Almadén, ya que serían estos los que tendrían la máxima responsabilidad sobre el funcionamiento de los nuevos hornos.

Otra de las constantes, para la nueva instalación de estos hornos, fue la mejora en las condiciones de salud laboral de los trabajadores de la metalurgia. Estos trabajadores eran de los más afectados por la enfermedad del hidrargirismo, que mermaba su capacidad de trabajo obligándoles a ser retirados de los puestos de trabajo. Una de las medidas que mejor solución dio al problema de la intoxicación por los gases fue la instalación de un ventilador aspirante sistema Roots, idéntico al usado en la minería italiana de Siele donde trabaja Spirek.

El análisis de la correspondencia de Spirek con la administración de las Minas de Almadén nos descubre aspectos claves de la personalidad del ingeniero checo, un hombre con buenas dotes comerciales, tenaz y persuasivo donde los haya, unido a un buen conocimiento técnico, muy experimentado en diversas minas centroeuropeas, que hizo que sus hornos supusieran uno de los mayores avances de la tecnología metalúrgica del mercurio a nivel mundial. Por otro lado, la correspondencia de Spirek nos refleja con gran claridad el pesado mecanismo de la burocracia española y de la propia empresa minera imperante a comienzos del siglo XX, así como las discusiones y artimañas que esgrimían tanto el contratista como la empresa compradora para poder justificar las demoras en los pagos

NOTAS

1. Caños de barro utilizados como tubería para condensación del azogue.
2. Mineral de 30-35 mm de diámetro.
3. Mineral de más de 35 mm de diámetro.
4. La preocupación por la mejora de los hornos fue una constante entre los ingenieros de minas encargados del Cerco de Buitrones. Entre estos ingenieros, destaca la labor llevada a cabo por José María de Madariaga y Casado, quien entre los años 1881 y 1886 dedicó gran parte de su estancia en Almadén al estudio y mejora en los hornos de canales sistema Livermore [VITAR, 2004, p. 17].

5. Archivo Histórico de la Fundación Almadén «Francisco Javier de Villegas»(AHFA), leg. FA-569/3, sin numerar, año 1901.
6. AHFA, leg. FA-569/3, sin numerar, año 1902.
7. Horno del tipo Cermak-Spirek instalado en el año 1896 en la metalurgia italiana. Véase PREITE *et al.* [2002, p. 140].
8. Horno del tipo Cermak-Spirek instalado en el año 1900 en la metalurgia italiana. Véase PREITE *et al.* [2002, p. 140].
9. Nombre que recibe la calcinación de una carga de mineral en los hornos.
10. *Ibid*, [6].
11. AHFA, leg. FA-569/3, sin numerar, año 1903.
12. AHFA, leg. FA-592/2, sin numerar.
13. *Ibid*, [11].
14. El coste total del ventilador modelo Roots ascendió a 2.776 pesetas según consta en la nota de interior N.º 1.323 de fecha 9 de noviembre de 1903 enviada por el Director de las Minas de Almadén a los oficiales del Cerco de Buitrones. AHFA, leg. FA-569/3, sin numerar, año 1903.
15. *Ibid*, [12].
16. Las maestras son tiras de mezcla que se hacen para igualar después la superficie y dejarla completamente planas en una pared.
17. Cada pieza de material refractario pesaba 32 kilogramos y su precio estimado fue de 22 céntimos el kilogramo.
18. *Ibid*, [12].
19. El escrito remitido por Oyarzábal al Director General muestra el celo que este Director imponía a su trabajo reflejando con todo detalle las partidas presupuestarias de cada una de las fases de construcción de los hornos.
20. Nota interna del 26 de septiembre de 1904. AHFA, leg. FA-569/3, año 1904, sin numerar:
«... Esta Dirección acuerda destinar a la construcción de los hornos Cermak-Spirek a los alarifes de 1.ª clase Rafael Mayoral y Baldomero Ibáñez y León con el jornal de 7 y 6 pesetas, respectivamente, y a los peones Feliciano Arriaga, Jacinto Aparicio y Eduardo Montero con el jornal de 2,25 pesetas...».
En esta nota interna del 26 de septiembre, se puede observar el aumento sustancial en el precio del jornal comparado con los precios estipulados por Oyarzábal apenas un año antes.
21. El precio que se estimó para este jornal era superior a los precios establecidos en aquellos momentos en Minas de Almadén para trabajos de destilación, en una cantidad que estaba comprendida entre 0,50 y 0,75 ptas., lo que hace suponer que el precio de 2 ptas. se había pensado con el objetivo de incentivar a los trabajadores para que se incorporaran a estos nuevos hornos.
22. AHFA, leg. FA-569/3, sin numerar, año 1906.
23. En la nota de interior n.º 168 del Establecimiento minero de Almadén fechada el día 12 de diciembre de 1906, se hizo pública la adjudicación realizada por la Junta de Jefes del servicio de extracción de escorias de los hornos Cermak-Spirek para la campaña 1906-1907. AHFA, leg. FA-569/3, sin numerar, año 1906.
24. En estos hornos la humedad del mineral no podía exceder del 4 % [ORTEGA, 1946 p. 427].
25. AHFA, leg. FA-734/10, sin numerar.
26. AHFA, leg. FA-569/3, año 1904, sin numerar.
27. Fue uno de los técnicos enviados por Spirek hasta Almadén para la construcción de los hornos.
28. AHFA, leg. FA-569/3, sin numerar, años 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907; leg. FA-734/10, sin numerar.

REFERENCIAS

- CALLONI, M. & ADAMANTI, B. (2011) *Le Miniere dell'Amiata fra mutamento sociale e modernizzazione*. Grosseto, Cesare Moroni Editore, 2 vols.
- DUSCHAK, L.H. & SCHUETTE, C.N. (1925) *The metallurgy of quicksilver*. Washington, Government Printing Office.
- EGLSTON, T. (1890) *The metallurgy of silver, gold and mercury in United States*, Vol. 2. Michigan, Wiley and sons.
- HERNÁNDEZ, A.M. (1996) «Hornos medievales de azogue en Almadén». En: Fundación Hullera Vasco-Leonesa. *I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media Peninsular*. «Técnicas y procedimientos de transformación». León, 384-394.
- HYLANDER, L.D. & MEILL, M. (2003) «500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and associated emissions». *The Science of the Total Environment*, 304(1-3), 13-27.
- Informe sobre las Minas de Almadén del Instituto de Reformas Sociales* (1910). Madrid.
- MANSILLA, L. & IRAIZOZ, J.M. (1996) «La metalurgia del mercurio. Desde Plinio a los Hornos de Xabecas». En: Fundación Hullera Vasco-Leonesa. *I Jornadas sobre Minería y Tecnología en la Edad Media Peninsular*. «Técnicas y procedimientos de transformación». León, 512-517.
- MANSILLA, L. (2001) «La metalurgia del mercurio». En: *Historia de la Tecnología en España, tomo I*. Editorial Valatenea.
- MANSILLA, L. (2006) «Los hornos de aludeles, 360 años desde su implantación en Almadén». En: *Actas del VII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*. Puertollano (Ciudad Real).
- ORTEGA, M. (1946) *Minero Metalurgia General y de España*. Librería Beltrán.
- PREITE, M.; MACCIOCO, G.; MAMBRINI, S.; MAMBIBI, S. (2002) *Archiologia industriale in Amiata. Il recupero del patrimonio minerario, la bonifica del Siele e la costruzione del parco*. Firenze, Alinea Editrice.
- SCHNABEL, C. (1898) *Handbook of Metallurgy*, Vol. 2. London, MacMillan and Co. Limited / New York, The MacMillan Company.
- TEJERO, J. (2011) *Evolución histórico-tecnológica de los hornos en la metalurgia del mercurio en las Minas de Almadén: implantación de los hornos Cermak-Spirek y Spirek*. Córdoba, Tesis Doctoral.
- TEJERO, J.; ESPAÑOL, S.; SERRANO, J.J.; MONTES, F. (2011) «Niveles de mercurio en ambiente y fluidos biológicos. Caso de la metalurgia en Almadén, España (1986-2001)». *Salud de los Trabajadores*, 19(2), 123-133.
- TEJERO, J. & MONTES, F. (2011) «Las Minas de Almadén vistas por un médico». *Salud de los Trabajadores*, 19(1), 77-83.
- TEJERO, J.; GARRIDO, I.; PÉREZ, M.D.; MONTES, F. *et al.* (2012) «La reconstrucción virtual en la recuperación del patrimonio metalúrgico de Minas de Almadén». *Dyna*. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5209>.
- VITAR MUKDSI, B. (2004) *José María de Madariaga y Casado. Aproximación a su actividad profesional y perfil humano*. Laboratorio Oficial José María de Madariaga (LOM) / Universidad Politécnica de Madrid.
- ZARRALUQUI, J. (1934) *Los almadenes de azogue (Minas de Cinabrio)*. *La Historia frente a la Tradición*. Madrid, Librería Internacional de Romo, 2 vols. [Reimpresión, 1983].