

# Los Hornos en el Beneficio de los Metales en la Nueva España Siglo XVI-XVIII

Smelting Furnaces between XVI and XVIII century in New Spain

**Andrea Monroy Braham**

Arquitecta maestrante en Restauración de Monumentos por Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Sus trabajos de investigación están relacionado con las haciendas de beneficio mineras en México. Ha colaborado junto a la Dra. Ethel Herrera Moreno en la coordinación nacional de monumentos históricos del INAH. Ahí desarrolló trabajos para el *Panteón de Dolores en la Rotonda de los Hombres Ilustres*, el *Panteón de San Fernando*, y el *Barrio de San Sebastián*, en el centro histórico de la Ciudad de México. Email: andreamonroybraham@hotmail.com

Recibido: 10 denoviembre de 2014

Disponibile en línea: 01 de enero de 2015

Aceptado: 08 de diciembre de 2014



## Resumen

El siglo XVI trajo consigo nuevas técnicas de extracción y transformación minera, que sustituyeron a la forma antigua de trabajar las minas que se había manejado por las culturas indígenas-minería superficial y fundición con pequeños hornos- en el Nuevo Mundo. A pesar que en todos los casos se reemplazaron por completo, estos métodos sirvieron para que las tecnologías traídas de Europa se adaptaran a las condiciones del nuevo territorio, y dieran origen a la construcción de nuevos artefactos de transformación metalúrgica y a nuevos métodos para explotar los yacimientos casi intactos en la Nueva España. El estudio de las particularidades de estos artefactos, que contribuyen a la transformación de los minerales, y su tipología, confirmará que los hornos de fundición existentes en México, tuvieron cambios necesarios para su adaptación, en función de la economía y la austeridad, que enfrentaban en el nuevo territorio.

**Palabras clave:** Hornos de beneficio, beneficio de los metales, técnicas de beneficio.

## Abstract

The Sixteenth century brought new techniques of mining extraction and transformation that substitute the ancient form of mining, handle by prehispanic cultures -like surface mining and small blast furnaces- to the New World. Although in all cases they were replaced, the old methods served to face the new conditions resulting in new extractive and transformation metallurgist constructions and new methods for drifting mining on barely develop mineral deposits in Nueva España. The study of the particularities and typology in the new constructions, allow us to know the ability to change, and the operations of this constructions in the mines that still survive.

**Keywords:** Smelting furnaces, smelting metals, smelting techniques.

## Introducción

La actividad extractiva y de transformación de bienes procedentes del subsuelo, ha permanecido como una labor económica que determina, en la mayoría de los casos, la riqueza en materia prima de un país. Esta idea persistía desde los inicios de la era moderna en el continente europeo, el cual, en su afanosa expansión económica y territorial, busca obtener de sus colonias, la explotación de sus yacimientos y beneficiarse de esa riqueza potencial del Nuevo Mundo. Así en el siglo XVI, surge la minería como actividad económica en la Nueva España, dando origen a la construcción de nuevos artefactos de transformación metalúrgica –mismos que no se habían desarrollado por las culturas indígenas- y a nuevos métodos para explotar los yacimientos -casi intactos en la Nueva España-. En la esta investigación, se presentan aquellos artefactos de fundición y refinación de los metales en la minería, que tuvieron la necesidad de habilitarse a las nuevas condiciones que se enfrentaron los mineros españoles en el nuevo territorio. El estudio de estos hornos y sus características, permite conocer el funcionamiento de los mismos y su evolución, así mismo las particularidades de cada uno se verán definidas de acuerdo a la pureza de los productos extraídos del subsuelo, pues dependiendo de esto, se escogerá el método para beneficiarlos<sup>1</sup>.

El valor patrimonial que gira en torno a los complejos mineros, se relaciona con el nacimiento de técnicas de transformación metalúrgica y sus construcciones de calidad artesanal, las cuales mantuvieron la economía

de las poblaciones, incluso de la nación entera y el crecimiento de su capital. Es necesario que, para la conservación de estas tecnologías, se comience por hacer estudios de las mismas para dar a conocer el papel importante que tuvieron en el desarrollo de la nación.

En la Nueva España se utilizaron dos métodos desde el siglo XVI hasta el siglo XIX, que sirvieron para el beneficio de los metales. El primero, el método de “*beneficio por fundición*” o por copelación<sup>2</sup> (Sumozas, 2007. p 303), se considera el punto de partida de la transformación metalúrgica, pues fue el método utilizado por muchas décadas atrás en Europa, y que después se vio sustituido, por el método de “*beneficio por amalgamación*”, también llamado de patio. Dentro de estos métodos existen cuatro procesos fundamentales para obtención de los metales: el primero será la extracción del material llamado mena<sup>3</sup> (Lacueva, 2010. p 33), seguido de la trituración de la misma por medio de molinos de tracción animal o molinos hidráulicos. A partir del tercer punto la metodología en la transformación de los metales será variable respecto a el beneficio utilizado, para finalizar con el cuarto paso que será el refinamiento del material beneficiado. En ciertos procesos, podían pasar por una segunda trituración o molienda con el objetivo de: una mayor pureza. Los procesos de trituración y extracción de los metales, no sufrieron muchos cambios si no hasta el siglo XIX<sup>4</sup> en donde se sustituiría ó se apoyaría, la

2 De copelar: Fundir minerales o metales en copela para ensayos, o en hornos de copela para operaciones metalúrgicas (Sumozas, 2007. p 303).

3 Mineral extraído de la corteza terrestre que contiene metales útiles (Lacueva, 2010. p 33).

4 En 1768 comenzaba la idea de la utilización de las máquinas de vapor en La Nueva España, sin embargo hasta

1 El término beneficio es utilizado para denominar a el método por el cual se transformarán los metales.

fuerza del hombre, la bestia y el agua, por las máquinas de vapor, situación que permitiría una práctica más efectiva.

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la Nueva España durante el siglo XVI, se desarrollaron las técnicas de transformación metalúrgica por fundición, con sus respectivas adaptaciones, traídas del viejo continente, utilizando una variedad de hornos, que a base de temperaturas elevadas permiten la licuefacción de los elementos en las menas. Este procedimiento incluye la habilitación de un espacio, con ciertas especificaciones impuestas en varios tratados escritos previamente en Europa, que a base de una combustión continua, permitiera el cambio de estado de la materia (sólido a líquido) y posibilitara así su copelación.

Frente a la situación a finales de siglo, de que no todos los Reales de Minas<sup>5</sup> (Sumozas, 2007. p 305) en la Nueva España dispusieron de la abundancia de recursos para dotar de combustible al beneficio de fundición (Lacueva, 2010 p 131), y ante la crisis forestal europea que presentaban algunos países, como Inglaterra y los Países Bajos (Sánchez, 1997, p. 7), existió un estímulo para desarrollar un sistema de beneficio que se adapte mejor a las condiciones a las que se sometía la minería en ese momento.

Surgió entonces el beneficio por amalgamación, que consiste en la adición de azogue<sup>6</sup> al material triturado, para después separarlo en todas sus partes con mayor facilidad (Barba, 1640. Cap. XIV, p 84). Este tratamiento desarrollado por el sevillano Fray Bartolomé de Medina dentro del continente Americano<sup>7</sup>, incluía una serie de etapas dentro del beneficio, que

---

mediados de 1821 en las Minas de Catorce, y en 1823 en San José del Cura, Temascaltepec, se empezaría a hacer uso de la máquina de vapor ( Riera, 1992. p 35).

5 Reales de minas se les denomina a los ingenios encargados del beneficio de los metales (Sumozas, 2007, p. 305).

6 Azogue es el Mercurio en forma de metal líquido (Sumozas, 2007, p. 298).

7 Método que años después se llevó a Europa para desarrollarse de manera industrial en 1786 y perfeccionado por el ingeniero Born, donde implementa el calentado del material previo a la amalgamación acelerando el proceso, sustituyendo el beneficio por fundición (Von Mentz, 1982, p. 170).

utilizaban otras sustancias para la separación de los metales y así cumplir con la demanda requerida. Sin embargo los impedimentos que se suscitan en la importación y los derechos que tenía España sobre el suministro de estas sustancias y el azogue, no facilitaron en muchos casos, la sustitución del método anterior, por lo que en varios casos ni siquiera se adaptó la mina a este nuevo beneficio, o simplemente se dejó de utilizar, y resurge en el siglo XVII, nuevamente, la antigua técnica de transformación por fundición (Lacueva, 2010, p 121). Por último a partir de 1910, se presenta una preocupación por la impureza con la que gran porción del material del subsuelo es extraído, por lo que se realizan ensayos para el descubrimiento de otra nueva técnica, *la cianuración*, que apoyada en los progresos de la ciencia química y en las inversiones de capital en la industria metalúrgica, surge como alternativa a las técnicas pasadas (Canutas 2005, p 539). Este proceso se basa en la capacidad de las soluciones alcalinas para disolver los metales (Greve, 1943, p 103-105).

Para el estudio de las funciones que desarrollaban los hornos dentro del beneficio de los metales, es necesario tomar en cuenta las etapas por las cuales el producto es sometido. Para estos fines se dividirán en tres grupos, a excepción del método de amalgamación, que contará con 10 etapas en total.

### Extracción de los materiales del subsuelo

Una vez localizadas las vetas, se plantea el método por el cual se explotaron los minerales. Este puede ser a cielo abierto, o mediante labores subterráneas, esto estará determinado por la profundidad en la localización de la veta. Una vez decidido utilizar las labores subterráneas, se procederán a realizarse las extracciones a través de pozos (más o menos verticales), y galerías (con orientación horizontal, también llamadas socavones). La extracción del material resultante de las operaciones de derribo, será elevado por medio de malacates, los cuales combinaban un torno con una polea movida por fuerza humana o animal (Bakewell, 1976, p. 191). Otro método para conseguir los minerales ya laborados, fue por medio de carretones que sustituían a las bestias.



## Trituración

Se pueden encontrar de cuatro tipos diferentes de molienda. En relación al tipo de fuerza que utilizaban se clasifican en: molinos hidráulicos, también llamados de agua, y los molinos de tracción animal o de sangre. Y de acuerdo a los mecanismos que utilicen podemos encontrar: los que se utilizan para la preparación del material, que están compuestos por una piedra solera y una o varias piedras sujetas a un eje vertical en la intersección de dos travesaños de cruz, llamados molinos de rastras. Por otro lado, los molinos de pisones, compuestos de varios mazos de madera o hierro sobre un eje que los mantenía en movimiento. (Bakewell, 1976, p. 191). Estos molinos se utilizaban para triturar las menas, donde la calidad de la trituración dependía directamente del método de beneficio al cuál derivaría después, y del tipo de horno que se utilizaría para refinar los materiales resultantes.

### Beneficio por fundición

La aplicación de calor continuo a los minerales, para separar su contenido metálico y liberarlo de las impurezas fue, la técnica utilizada en el beneficio de la fundición; esta se realizaba de dos tipos: por fundición sencilla, en hornos castellanos donde no es necesario moler el material triturado, y después paran a la copelación; o en fundición combinada, por medio de hornos de reverbero y tostadillo, en donde es necesario no solo la trituración del mineral, sino también su molienda, después de haber pasado por el horno dando como resultado un polvo fino que, recibiría el nombre de “*harina*”, para después concluir con una fundición con copelación. Estos hornos funcionaban por medio de fuelles hechos a base de madera y cuero lo suficientemente grandes para proporcionarles el soplado necesario para la combustión. El tipo de horno, o de beneficio, se elegirá dependiendo de la clase de mineral de que se trate, para los de fundición se distinguen los metales que tienen un gran porcentaje de plata y que además tienen bajo contenido de Sulfuro de Plomo, a estos, se les dará una *ley de plata elevada*<sup>8</sup>.

Algunos por su gran concentración, no se sometían a los hornos de fundición, si no que se llevaban a los hornos de afinación; cuando se presentan menas con baja ley, se realizaban las fundiciones preparando el suelo del horno con escorias de fundiciones anteriores, y una proporción determinada de mineral, mas Óxido de Plomo en pedazos y en cenizas, ayudando al fuego en la separación de las impurezas de los metales. Para los minerales cuya composición está conformada por Cobre, se sometían a varias fundiciones con temperaturas más elevadas pues tarda más que los otros metales en fusionarse, dejando sobre la superficie la plata. Las operaciones de fundición se realizaban en crisoles, que son depósitos que van dentro de los hornos, donde los metales no tienen contacto directo con el fuego, que después de la operación son removidos para obtener los productos fusionados.

### La función de los hornos en el beneficio por amalgamación

Para este método era necesario contar con el material triturado y después molido, posteriormente se recurría a el ensalmoreado<sup>9</sup>, que consistía en la adición de agua y sal magistral sobre el producto molido, dentro de un patio, con características especiales para su tratamiento, y en donde se rociaba sobre la mezcla el mercurio o azogue que en frío permite una aleación con el metal, formando una torta que se removía para favorecer la unión del mercurio con los metales. Una vez concluida la amalgamación, continuaría la decantación del material en donde se suministraba otra nueva cantidad de agua, llevándose a cabo una sedimentación que separaba las impurezas de la torta, la amalgama de metales y mercurio, se depositaba en el fondo de la tina formando una *pella* que se retiraba se colocaba en unos moldes cónicos llamados piñas. Estas piñas eran colocadas bajo alambiques para aplicarles calor que separaba el mercurio de los metales por

de ensayos que se deberán realizar, para rectificar, el tipo de metal al que se refiere, y la ley que contiene cada producto (Berdegal, 1839).

<sup>9</sup> Ensalmoreado, se refiere a la adición de agua y sal al material (Lacueva, 2010, p. 53).

<sup>8</sup> La ley de los metales, ya limpios se determinará por un método llamado reconocimiento, que se refiere a una serie

destilación, por último se recurría a la fundición del metal para su conversión en lingotes.

### Tipologías de hornos

Debido a la gran variedad de hornos encontrados a lo largo de las minas en el continente europeo, sobre todo los utilizados en la Península Ibérica, los cuales tienen una relación estrecha con los construidos en la Nueva España, podemos establecer una tipología que nos permita identificarlos por su labor dentro de los beneficios de fundición y amalgamación en el territorio novohispano.

Dentro de esta clasificación encontraremos primero a los *hornos de reverbero* que sucedieron a los de jabecas<sup>10</sup> (Sumozas, 2007, p 242). Estos fueron introducidos a principios del siglo XVI en España, donde su uso se extendió hasta mediados del siglo siguiente, y se utilizaban en la mayoría de los casos para la refinación de ciertos metales.

Los *hornos de reverbero* se encontraban construidos a base de mampostería de piedra y barro; la bóveda del horno era de media naranja o semiesférica, y debajo de ella, la caldera, alimentada por combustible a base de leña (Zarzalejos, 2013, p. 242), esta forma permitía que el calor se reflejara (reverberara) en su interior (Lacueva, 2010, p. 50). Tenían capacidad para albergar de cuatro a cinco quintales de mineral. En el suelo de los hornos de reverbero o cendrada, era preparado previamente con un lecho de cenizas, brasas de carbón vegetal y cal llamado carbonilla (Barba, 1640, p.153) (ver Figura 1). Así mismo se dejaban unas pequeñas cavidades de plomo, mismas que actuaban como vasos de copelación y absorbían la escoria calcinada de los minerales (Lacueva, 2010, p.50).

De estos hornos derivan los *hornos de tostadillo* (ver Figura 2), que se caracterizaban por tener la plaza del horno cóncava, al igual que la bóveda, para que pudieran usarse también para tostar la harina mineral con el fin de eliminar parte de las impurezas antes de proceder a la fundición (Lacueva, 2010, p.50) mencionado de

manera específica por Alonso Barba:

*“El suelo de los hornos de tostadillo es fundado sobre arcos, los dos principales, que como diametro lo cruzan, son de tres quartas de ancho, y poco mas de vara de alto: todos los demás son pequeños, hechos de adobes angostos, y no gruesos como ladrillos, y de uno á otro hay la distancia que baste para que con otros, hechos del mismo barro fuerte, de una tercia ó algo más de largo en quadro, y de tres dedos de alto, se ajuste y llene lo que hubiere de arco á arco, de suerte, que por encima que el suelo muy parejo y llano. En el hueco de los arcos grandes se enciende el fuego por una boca, tapadas las otras, y de allí se comunica por las concavidades de los otros pequeños, y se calienta y enciende todo el suelo del horno, y se tuesta el metal que sobre él está hecho harina”* (Barba, 1640, p. 128).

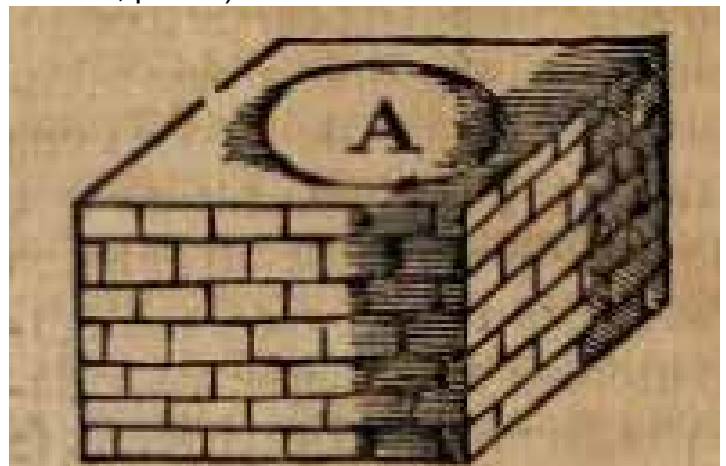


Figura 1. Suelo de horno de reverberación. Recuperado el Arte de los Metales, por A. Barba (1640).

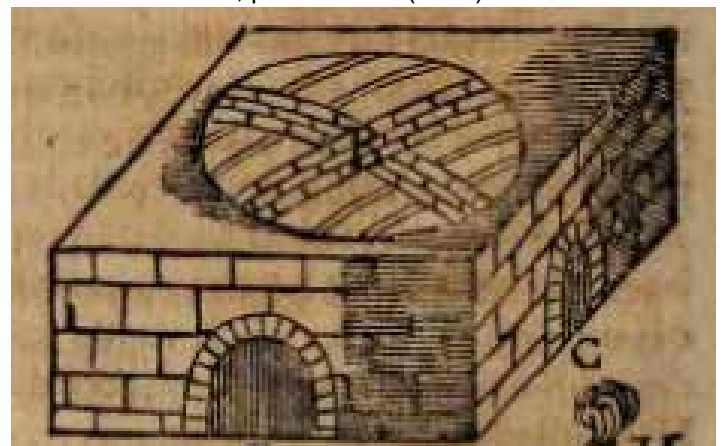
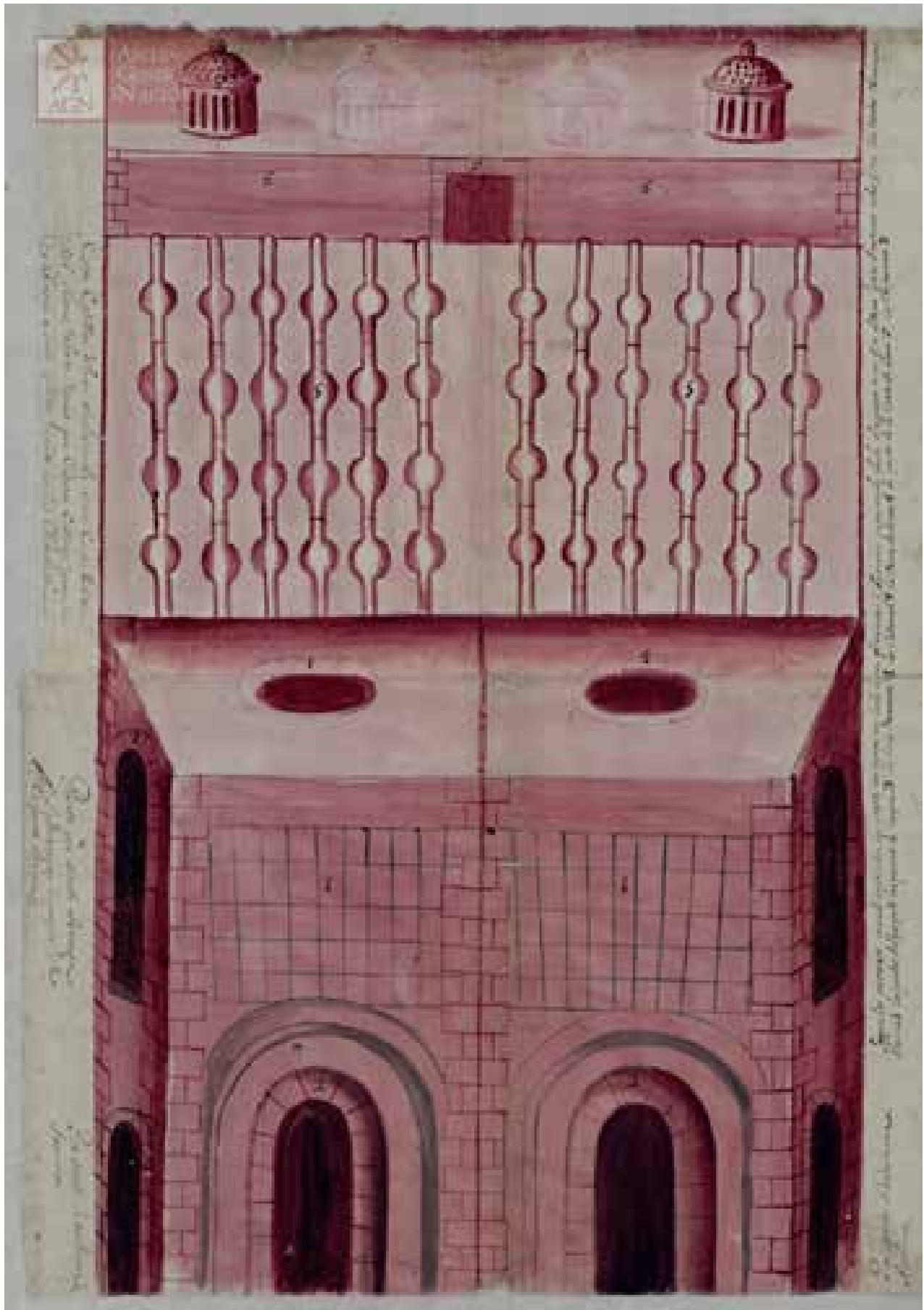


Figura 2. Suelo de horno de tostadillo. Recuperado el Arte de los Metales, por A. Barba (1640).

10 Hornos de Jabecas o Xabecas, hornos introducidos por los árabes tiempo atrás, en las minas de Almadén (Mansilla, 1992, p. 92).



**Figura 3.** Hornos de Aludeles. Recuperado de Minería, (1773) AGN

Este tipo de horno también fue utilizado para el metal molido y su refinación.

Los *hornos de Aludeles* o de Bustamante (ver Figura 3), fueron introducidos en Almadén<sup>11</sup> por Bustamante en 1646, y fueron utilizados exclusivamente para beneficiar el azogue, por eso su uso fue casi exclusivo en España, aunque también se exportaron a algunas regiones de Italia, a la ciudad de Idria Eslovenia en 1750 según Zarzalejos (2013, p.242) y a ciertos lugares de América, donde más tarde fue prohibido su uso; estos hornos están constituidos por mampostería y ladrillo, compuestos por una pareja de hornos de destilación cilíndricos rematados por una semiesfera en el que ubicaban la caldera chimenea, contaba también con *aludeles*<sup>12</sup>, que conducían el humo, gas y vapor de azogue, hacia la parte superior.

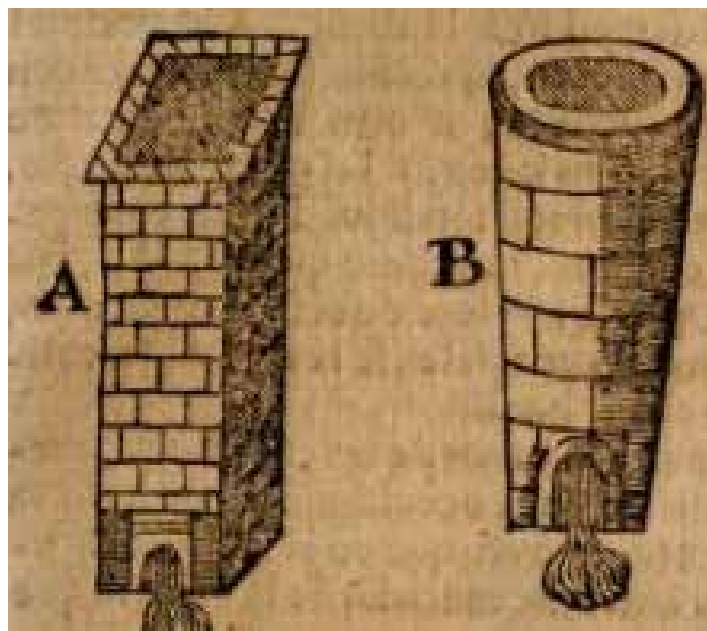


**Figura 4.** Guairas. Recuperado el *Arte de los Metales*, por A. Barba (1640).

<sup>11</sup> Mina de gran importancia, para la extracción de azogue, localizada en España

<sup>12</sup> Caños de barro o muelas: (Cañizares, 2005, p.67).

Las *guairas*<sup>13</sup> eran un tipo de hornillo, fabricado de piedra o barro, de forma troncocónica o troncopiramidal, cuyas dimensiones eran aproximadamente una vara de alto, media de ancho en la parte superior y un tercio en la parte inferior, el suelo de las mismas se calentaba sobre un fuego alimentado con leña, carbón vegetal o estiércol. Estos hornos se aireaban con la fuerza del viento.



**Figura 5.** Tipos de hornos castellanos. Recuperado el *Arte de los Metales*, por A. Barba (1640).

Los *hornos castellanos* se empleaban principalmente para la fundición. Muchas veces se podía realizar el proceso sin la necesidad de triturar la mena. Estos hornos se levantan en forma de un pilar de sección cuadrada, su altura depende del tamaño de los fuelles que se utilizan, y de la dureza de los metales y la cantidad de material a fundir (Ver Figura 5). El suelo del horno se prepara con dos partes de carbón molido, y una de tierra buena apisonados, en los muros del horno tendrá aberturas o entradas, que permitirán la entrada del fuelle, y otras por donde permitirán la salida del metal fundido y también salgan las escorias a una hornilla.

La apariencia de estos hornos puede variar. Muchos serán más anchos en la parte superior, otras variaciones también incluyen una cantidad

<sup>13</sup> Guaira, de la voz andina quechua wayra que significa viento (Sumozas, 2007, p. 305).



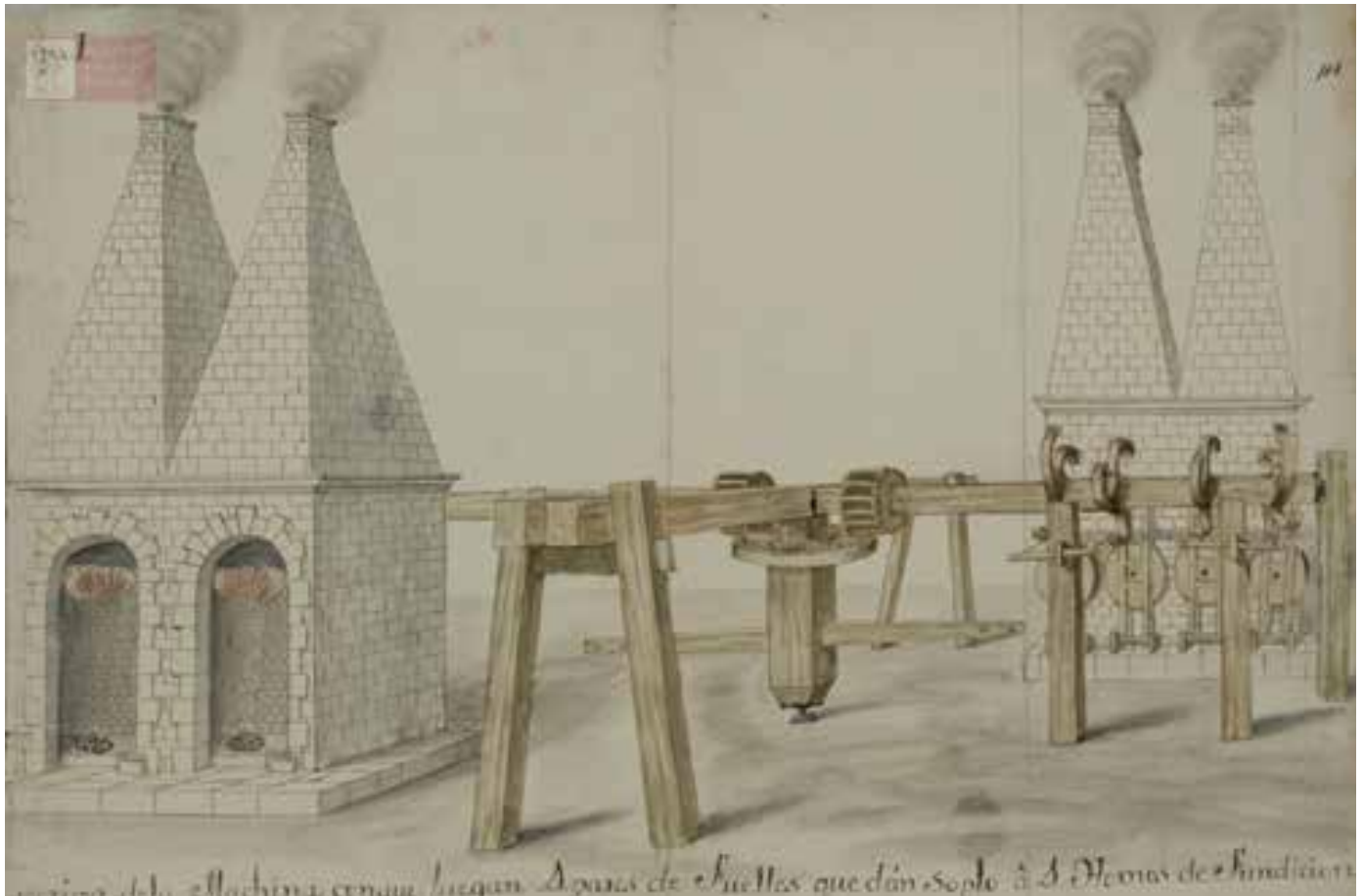


Figura 7. Hornos de fundición. Recuperado de *Minería*, por Joachin Velázquez (1773).



Figura 8. Hornos de fundición, En Santa Maria Regla SLP. Recuperado de [www.trotamexico.com](http://www.trotamexico.com),



Figura 9 Hornos de fundición, en Mineral de Pozos Guanajuato. Fotografía por A. Monroy, (2014)

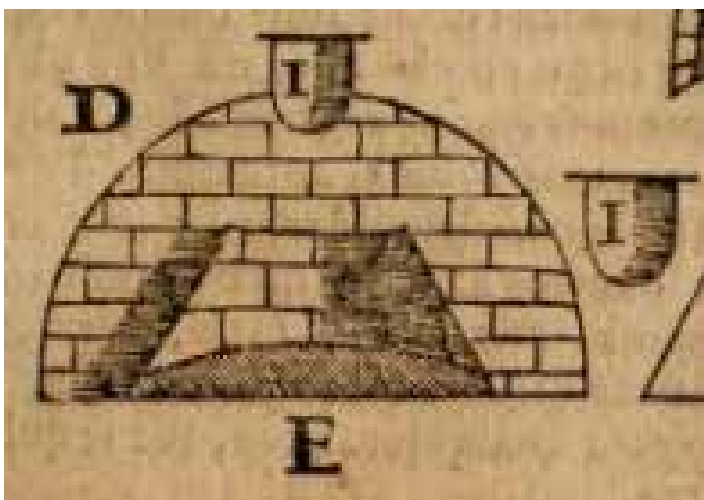


considerable de vanos, para permitir la aireación tal como se realizan en las guairas (Barba, 1640, p 137). Estas variaciones estarán presentes en algunos hornos de la Nueva España, incluyendo la adaptación para que el aire circulara por ellos sin la necesidad de fuelles que los alimentara.

Estos hornos se pueden localizar en algunas haciendas en San Luis Potosí, y en Guanajuato, con algunas evidentes modificaciones mencionadas anteriormente.

En las figuras presentadas podemos reconocer, que estos hornos, que muchas veces son de fundición por no encontrar semejanza con los castellanos o con los de reverbero, son una derivación física de los mismos. Estos resultados confirman que de alguna manera, las adaptaciones en el nuevo territorio, tuvieron que realizarse forzosamente, pues las condiciones no eran las mismas, de donde se idearon originalmente estos hornos.

Para los ensayos de las barras se utilizaron también un tipo de hornos, que en las provincias de la Nueva España fueron llamados *tochochimbos* (ver figura 6) semejantes a los que los plateros llaman muflas<sup>14</sup> su forma es parecida a los hornos de reverbero, pero con las medidas de una vara de diámetro; su forma contiene dos puertas, una para el fuelle, y otra capaz de albergar la mufla, que tiene más o menos 10 dedos de diámetro (Barba, 1640 p 140).



**Figura 8** Tocochimbo. Recuperado el *Arte de los Metales*, por A. Barba (1640).

## Conclusiones

Como se ha expuesto anteriormente, las técnicas de beneficio al igual que las tecnologías utilizadas, son métodos que han sobrevivido a muchas situaciones, políticas, económicas y territoriales. Estas se han enfrentado también a diversos cambios, por parte de los mineros quienes, a favor de la continuidad y efectividad de su producción, dan origen a estructuras que solo dan razón, a la comprensión entera de toda una ciencia en la fundición. Las características arquitectónicas de los artefactos de fundición y de afinación, aparecen claras en los tratados incluso en algunos vestigios de minas principalmente en España. Sin embargo, la mano de obra en la Nueva España y los ingenieros de minas, tuvieron que hacer algunas adaptaciones, pues los metales, no se presentaban en las mismas condiciones territoriales que en Europa. El tiempo y los cambios en el pensamiento del hombre en la economía, serán influencia también para la adaptación dentro de los sistemas de producción

En cuanto el conocimiento acerca de la minería en México, poco se ha divulgado acerca de las técnicas, así como de los espacios en donde se desarrolla el beneficio de los metales, las herramientas, los sistemas de trabajo y su origen. De todos ellos, es necesario, establecer un punto de partida enfocado a la conservación y su arquitectura, que nos permita comprender aún más la evolución que tuvo la minería en nuestro país y así poder desarrollar sistemas de protección, y difusión para el conocimiento público.

La minería es una actividad económica, que refleja en muchos aspectos, las características de un país, no solo por los recursos obtenidos de sus yacimientos, también incluye, el interés de una época por mantenerse a la vanguardia, y sus inversiones de capital extranjero, que abren implícitamente las puertas a un sincretismo tecnológico y cultural que se verá reflejado en el contexto más próximo a los asentamientos mineros.

<sup>14</sup> Mufla se le denomina a una media olla grande llena de agujeros, por donde el fuego entra. (Barba, 1640 p 41)

## Bibliografía

- Bakewell, J. (1976). *Minería y sociedad en el México colonial. Zacatecas (1546-1700)*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Barba, A. (1640). *Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro, y plata por azogue, el modo de fundirlos todos, y como se han de refinar, y apartar unos de otros*. España: Francisco Ascencio, mercader de libros de la corte.
- Bargalló, M. (1955). *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*. México: Fondo de Cultura Económica, 1955.
- Berdegal, De la Cuesta, Juan. (1839). *Cartilla práctica sobre el elaboreo de las minas y reconocimiento y beneficio de los metales*. Madrid: Imprenta de Marcelino Calero y Portocarrero.
- Canutas, E. (2005). *Las venas de plata en la Historia de México: síntesis de historia económica siglo XIX*. México: Ediciones Utopía S. A. de C.V.
- Cañizares Ruiz, C. (2005). *Territorio y patrimonio minero-industrial en Castilla-La Mancha*. España: Ediciones de la Universidad de Castilla.
- De Gamboa, F. X. (1761). *Comentarios a las ordenanzas de Minas*. Madrid: Oficina de Joachin Ibarra.
- Greve, E. (1943). Historia de la amalgamación de la plata. *En Revista Chilena de Historia y Geografía*. Santiago de Chile. Num. 102.
- Ibañez, P. M. (1992). Almaden en América a través de las rutas del mercurio. En L. Mancilla Plaza (Coord.), *En Memoria del mundo Castilla - La Mancha y América en el Quinto Centenario*. España: Perea.
- Lacueva, Muñoz, J. (2010). *La plata del rey y sus vasallos*. España: Universidad de Sevilla.
- Riera Tuébols, S. (1992). *Tecnología de la Ilustración*. España: Ediciones AKAL.
- Sánchez, Gómez, J. (1989). *De minería, metalurgia y comercio de metales 1410-1610*. España: Universidad de Salamanca.
- Sánchez, Gómez, J. (1997). *Minería y metalurgia en la edad moderna*. Madrid: Ediciones AKAL.
- Sumozas, García-Pardo, R. (2007). *Arquitectura industrial en Almadén: antecedentes, génesis y repercusión del modelo de la minería americana*. Sevilla: Ediciones de la Universidad Castilla-Mancha.
- Velázquez de Leon, J. (1773). Vol II. *Minería*. México.
- Von Mentz, B.; Verena Radkau, B. S.; Turner, G. (1982). *Los procesos del imperialismo alemán en México*. México: Ediciones de la Casa Chata.
- Zarzalejos Prieto, M.; Hevia Gómez, P.; Mansilla Plaza, L. (2013). *Paisajes mineros antiguos en la Península Ibérica*. España.