

MINERALOGIA APLICADA.

MEMORIA sobre la metalúrgia práctica del plomo y de la plata en el distrito de minas de Zimapan.

TEORIA DEL BENEFICIO POR VIA SECA Ó DE FUNDICION:

OBSERVACIONES

SOBRE LOS METODOS ADOPTADOS EN ESTE DISTRITO, Y ANALISIS DE ALGUNOS MINERALES,
Y DE LOS PRODUCTOS ARTIFICIALES OBTENIDOS
EN EL TRATAMIENTO METALURGICO,

POR EL SR. D. FEDERICO FARRUGIA MANLY, SOCIO CORRESPONSAL EN ESE LUGAR.

(CONCLUYE.)

Parte química del beneficio por fundicion de las galenas piritosas.

La primera operacion, como hemos dicho, á que se sujeta la galena piritosa de la mina de Lomo de Toro, llamada pepena abronzada, es la calcinacion en montones al aire libre; en esta operacion se trasforma la galena en óxido y sulfato de plomo, quedando una parte sin descomponer, esto es, en el mismo estado de sulfuro, desprendiéndose ácido sulfuroso, hidrógeno arseniado y vapores de plomo; la pirita de fierro arsenical, que tambien existe íntimamente ligada en el mineral, es á su vez descompuesta por el combustible, comenzando á quemarse á una temperatura mucho más baja que la galena: desarrollándose el calor en la masa del mineral, se propaga rápidamente la combustion, la cual, á expensas del azufre, se mantiene en actividad hasta que termina la operacion; pero como el calor que se desarrolla en el centro de los montones de metal, tiene una alta temperatura, los sulfuros y los sulfatos de fierro se descomponen reciprocamente, convirtiéndose en un peróxido de fierro, $Fe^2 O^3$ de color rojo, el cual, en los hornos, combinándose con la siliza de la matriz de los minerales, forma silicato de fierro, que comunica á las grasas una conveniente fluidez; pero un exceso de este silicato se ha demostrado ser perjudicial, porque se obtendrian unas grasas demasiado

calientes, ocasionando el inconveniente de producirse mucho fierro reducido, el que, una parte se pega á las paredes del horno, y otra en el crisol, destruyendo ambas cosas completamente.

Cuando el arsénico acompaña tambien á la galena, en la calcinacion, se forman arseniatos y arseniuros de plomo, los cuales en el horno son descompuestos por el protóxido de plomo si este se encuentra en la cantidad conveniente en el lecho de fusion.

El plomo, á expensas del oxígeno, forma cuatro combinaciones, que son: el sub-óxido, el protóxido, el bióxido y el minio, cuyas fórmulas y equivalentes son:

SUB-OXIDO. Plomo . . . 96'28 Oxígeno . . 3'72 <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100'00	}	Pb ² O.	}	PROTOXIDO. Plomo . . . 92'83 Oxígeno . . 7'17 <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100'00	}	PbO.	}	BIOXIDO. Plomo . . . 86'62 Oxígeno . . 13'38 <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100'00	}	PbO ²	}	MINIO. Protóxido . . 6'11 Acido plumbic. 34'89 <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100'00	}	2PbO PbO ²
---	---	--------------------	---	---	---	------	---	--	---	------------------	---	--	---	-----------------------

Así en la calcinacion de la galena se encuentra en algunas partes del monton de mineral, el protóxido y el minio en muy cortas cantidades, y solo en aquellos lugares en que han concurrido todas las circunstancias necesarias para que el aire que penetra por entre los intersticios de las piedras contribuya á su formacion.

La proporecion de sulfato de plomo que se forma en la calcinacion de la galena, es tanto menor miéntras mayor es la temperatura desarrollada en el monton de mineral, particularmente en presencia del sulfuro de fierro que lo descompone á medida que se produce: se observa en los montones, gran cantidad de sulfato de plomo en la superficie, y en donde la temperatura es muy baja, miéntras que en el centro, donde el metal casi se ha fundido, no existe; como la sílice tambien contribuye á disminuir en la calcinacion de la galena la formacion del sulfato de plomo, bajo este concepto seria conveniente mezclar con el metal, cuarzo pulverizado en la proporcion de 20 á 30 por ciento.

La galena, ó sea el sulfuro de plomo, debemos recordar que posee algunas propiedades químicas, y que servirán de base para explicar las reacciones que se efectúan, y métodos que se usan en su tratamiento metalúrgico.

Los metales que se calcinan de la mina de Lomo de Toro, se componen y sufren las modificaciones que podremos expresar por las fórmulas siguientes:

Metal en crudo.— $Pb S + Fe S^2 + Fe As^2 + Si O^2 + Ca O. C O^2$

Id. calcin.— $Pb O. SO^3 + Pb O + Pb S + Pb + Fe S + F^2 O^3 + Pb O. Si O^2 + Ca O$

Sustancias agregadas en los lechos de fusion.— $Pb O + Fe + C.$

El sulfato de plomo por sí solo en el horno no se funde y resiste á una temperatura muy elevada, pero en contacto con sulfuro de plomo se descompone, resultando sub-sulfuro de plomo y plomo metálico.

El sub-sulfuro de plomo, entre sus propiedades, posee la de no poderse formar ni existir en el horno sino bajo una temperatura muy elevada; esto explica perfectamente su formacion en los hornos, en donde algunas veces despues de formado y cuando la temperatura es favorable se funde, convirtiéndose en plomo metálico una parte, y la otra pasando á sulfuro de plomo comun; éste es á su vez tambien descompuesto bajo una alta temperatura, por los metales que contienen fierro, echados en los lechos de fusion, resultando plomo metálico, y los mattes ó sub-sulfuros de fierro, siendo su descomposicion más rápida si el fierro está en el estado de óxido; por último, tambien se descomponen con el óxido de plomo, resultando gas sulfuroso y plomo metálico.

Los sistemas adoptados para la extraccion del plomo de sus minerales son tres: el primero en horno de reverbero, el segundo en horno escoces y el tercero en horno de manga ó semi-alto; el tratamiento de los minerales plomos en horno de reverbero se llama *directo*, y en horno escoces y semi-alto por *reaccion*; expondrémos brevemente la teoria de los dos procedimientos.

El tratamiento directo ha tenido su origen en Inglaterra, habiéndose despues introducido en Francia, en España, en Saboya y en algunas otras partes de Europa. Este método está fundado en la accion que ejerce el aire natural sobre el sulfuro de plomo en el horno de reverbero bajo una elevada temperatura; en este caso, una parte del sulfuro de plomo se trasforma en óxido y en sulfato, quedando una parte del sulfuro en su estado natural; pero mezclando todas estas sustancias en cierta época de la operacion, resulta de esta union gas ácido sulfuroso y plomo metálico.

En el horno escoces y en el semi-alto las reacciones que se efectúan probablemente son las mismas que en el horno de reverbero, diferenciándose únicamente, que para este último tratamiento las galenas se calcinan previamente. Como hemos dicho que el objeto de la calcinacion es trasformar los sulfuros y proto-sulfuros en óxidos y sulfatos de plomo, procurando que la calcinacion sea lo más perfecta y homogénea posible, bien sea al aire libre, ó en horno de reverbero; en este caso, los minerales tostados pasan al horno en el estado de óxidos, predominando el sulfato de plomo, además, como en la matriz de los minerales se encuentra la siliza, la masa de mineral calcinado contendrá tambien algun silicato de plomo que ejercerá en las reacciones del fundido una accion benéfica, juntamente con el fierro, sea en

estado metálico ó en el de óxido, que se echa como desulfurante en los lechos de fusion.

El horno de manga ó semi-alto es preferido para la fusion de los minerales plomosos, porque la temperatura que se desarrolla es mucho más elevada que en el horno escoces, pudiéndose en el primero fundir con más economía y mejor éxito, galenas más impuras y más pobres en plomo y plata.

El sistema de la extraccion del plomo por reaccion, no es otra cosa que la adiccion en los lechos de fusion del fierro como desulfurante, bien sea en el estado metálico y en granalla, ó bien en óxido que es como más generalmente se usa.

Los minerales de plomo en el estado de óxidos, carbonatos ó fosfatos naturales, son muy sencillos en su tratamiento, pues para reducirlos basta únicamente ponerlos bajo una temperatura moderada en contacto con el carbon, siendo este el procedimiento que se observa para la reduccion ó revificacion del litargio.

Por último: la teoría para la extraccion del plomo de la galena, es la siguiente: poniendo en contacto un equivalente de sulfato de plomo con un equivalente de sulfuro, bajo la temperatura desarrollada en un horno semi-alto, se desprende gas ácido sulfuroso, y se obtienen dos equivalentes de plomo. Si por el contrario, y en el estado en que probablemente se encuentra la galena calcinada, se reúnen dos equivalentes de sulfato de plomo con un equivalente de sulfuro de plomo, el azufre se volatilizará en estado de ácido sulfuroso, resultando plomo metálico y óxido de plomo, que á su vez es tambien reducible al encontrarse en contacto con el carbon.

Bajo esta teoría hemos formado los lechos de fusion, tanto para la fundicion de los metales de la mina de San Júdas, agregando á éstos protóxido de plomo, como para la galena piritosa de la mina de Lomo de Toro; habiendo obtenido, segun los datos que hemos puesto, resultados muy satisfactorios: no obstante, todavia estas operaciones están muy léjos de la perfeccion á que deben llegar, y que contrariedades de fuerza mayor han impedido reformar del todo; pero muy pronto un cambio total y el tiempo necesario para efectuar frecuentes ensayos docimásticos y analíticos de las sustancias que se funden, proporcionarán nuevos datos que publicaremos.

Para terminar, nos resta añadir, que la calcinacion al aire libre de las galenas demasiado acompañadas de piritas de hierro, nunca es tan completa como se necesita, y siempre contienen una proporcion notable de azufre: esta circunstancia ocasiona en el limite de la zona de fusion y en donde la temperatura todavia es muy elevada, unas pegaduras adheridas á las paredes del

horno, y que no son otra cosa que sub-sulfuro de plomo del mismo aspecto que la galena, pero un poco más duro, más fusible y ménos volátil.

La fórmula que hemos adoptado para los lechos de fusion de la galena piritosa calcinada, es la siguiente:

Galena calcinada de Lomo de Toro.	@	180 00
Metal de plomo carbonatado.	,,	120 00
Metal de hierro pardo.	,,	12 00
Fierros de planchera calcinados.	,,	36 00
Plomillos (Schlichs)	,,	24 00
Escorias	,,	450 00
Total peso de un lecho de fusion.	@	822 00

Cuya cantidad funde un horno en 24 horas, y se obtiene de plomo metálico argentífero. librs. 1,800 00

La galena que contiene este lecho de fusion, segun ensaye practicado por vía seca, arroja una ley, por término medio, de 37 p S , que hacen libras de plomo metálico. librs. 1,665 00

El metal carbonatado con la ley de 18 p S , hacen libras de plomo metálico. librs. 540 00

Libras. 2,205 00

Se obtienen en la fundicion de plomo. librs. 1,800 00

Diferencia. librs. 405 00

ó sea una pérdida de 13'83 p S sufrida en la calcinacion y fusion del mineral, sobre la ley obtenida por el ensaye docimástico.

A continuacion pondrémos los caracteres que presentan las escorias y demás productos que se obtienen en la fusion de dichos metales.

Escorias.

Núm. 1. ESCORIAS compactas color gris pasando á negras, con granos cristalinicos brillantes; peso específico 3'57, insolubles en agua caliente, solubles en ácido nítrico, haciendo efervescencia en frío; calentado el líquido quedó un residuo de azufre y ácido silíceo en estado gelatinoso; evaporado este residuo hasta la sequedad, tomó un color pardo cetrino disminuyendo de volumen: tratado en agua régia, se disolvió el óxido de fierro combinado con la

siliza, cuyo licor tratado por el cianuro amarillo de potasio, se precipitó prusiato de fierro abundante; el licor que resultó de la disolucion en ácido nítrico tambien se trató por el cianuro amarillo, el ioduro de potasio y amoniaco: se mostró la reaccion del fierro, pero no hubo plomo ni cobre.

Núm. 2. ESCORIAS compactas: color gris tirando á negras; aspecto metálico opaco, vitrificadas en los bordes; peso específico 3'63: en la disolucion los mismos caractéres que el núm. 1, y tratados con aquellos reactivos dieron los mismos resultados.

Núm. 3. ESCORIAS porosas, insolubles en agua caliente: peso específico, 2'19, solubles en ácido nítrico, haciendo efervescencia en frío; calentado el líquido quedó un residuo de azufre y ácido silícico; se quemó el azufre en una cápsula, y el residuo se trató con agua régia, cuyo licor dilatado en agua, se trató con el cianuro amarillo de potasio, obteniéndose un abundante precipitado de prusiato de fierro; el licor que resultó de la disolucion con ácido nítrico, se trató tambien con el cianuro amarillo, y yoduro de potasio y el amoniaco; obteniéndose únicamente la reaccion del fierro, no se encontró plomo ni cobre.

Núm. 4. ESCORIAS en láminas delgadas completamente vitrificadas, opacas en las dos caras y lustre de vidrio en el interior; peso específico 3'41, insolubles en agua caliente, solubles en frío con efervescencia en ácido nítrico; tratadas con los mismos reactivos que el núm. 1 y 2, se obtuvo la siliza, el azufre y el fierro, sin hallar plomo y cobre.

Mattes ó fierros de planchera.

Núm. 5. MATTES porosos, color verde aceituna, ligeramente amarillo de bronce; peso específico 3'69; tratados con el ácido nítrico produjo efervescencia en frío, tomando el licor un color verde-oscuro y precipitando una cantidad notable de azufre; tratado este líquido con el cianuro amarillo, el yoduro de potasio y el amoniaco, se manifestó el fierro y el plomo, pero no se halló cobre.

Núm. 6. MATTES más compactos, color verde aceituna, ligeramente amarillo; peso específico 3'86; tratados como el núm. 5, dió las mismas reacciones.

Núm. 7. MATTES color gris de acero que se acerca al blanco de plata, textura hojosa imperfecta, aspecto metálico (los alemanes llaman á esta sustancia *speis*), se forma en el horno en capas delgadas sobre el plomo; peso específico 6'01; tratados con el ácido nítrico hizo efervescencia en frío, calentado se disolvió, dejando un residuo de azufre y tomando el licor un color

amarillo sucio muy opaco; filtrado y tratado por el cianuro amarillo, el yoduro de potasio y el amoniaco, se demostró el fierro y el plomo, pero no se encontró cobre.

Pegaduras ó cadmias del interior del horno.

Núm. 8. PEGADURA con el aspecto de la galena de grano fino, pero un poco más dura; peso específico 7'50.

Núm. 9. PEGADURA de carbonato ó plomo blanco, color amarillo agrisado, poroso en la superficie pero quebrado, se presenta compacto; peso específico 6'48; tratado por el ácido nítrico, dió poca efervescencia; al soplete y con borax se obtuvo un boton de plomo metálico; triturado un pedazo se encontró plomo metálico en globulitos.

Núm. 10. PEGADURA del crisol del horno, compuesta de fierro reducido y sub-sulfuro de plomo y de fierro, compacto, color casi negro con visos tornasolados, granos cristalinos y brillantes; peso específico 5'45; tratada por el ácido nítrico, hizo efervescencia en frio, en caliente se disolvió, precipitándose el azufre y tomando el licor un color verde pálido y transparente; con el cianuro amarillo, el yoduro de potasio y el amoniaco, se mostró el fierro y el plomo en abundancia; no se halló cobre.

Galenas piritosas de la mina de Lomo de Toro.

Núm. 11. GALENA cúbica argentífera acompañada de pirita de fierro arsenical; peso específico 4'00.

Núm. 12. GALENA cúbica, ejemplar enteramente puro; peso específico 7'42.

Núm. 13. GALENA piritosa calcinada al aire libre; peso específico 3'79.

Esta diferencia en la densidad relativa entre la galena piritosa ántes y después de calcinada, demuestra que en la calcinacion se pierde por volatilizacion del plomo una pequeña parte, porque de lo contrario, debería tener el mismo peso relativo, ó un aumento que en algunos casos llega hasta 14 p₁₀₀, proveniente del oxígeno que absorben los minerales sulfurados en la calcinacion, sea al aire libre ó en horno de reverbero.

De la análisis cualitativa efectuada de las grasas ó escorias marcadas con los números 1, 2, 3 y 4, se desprende que son muy básicas y contienen mucha siliza; esto explica tambien la gran cantidad de silicato de fierro que se forma en la fusion de dichos metales, el cual se reduce y deposita en el crisol y banco del horno.

Una parte de esta siliza está contenida en el mineral, y la otra la suminis-

tra las piedras refractarias, que son de arenisca, con las cuales se construye la camisa interior del horno; éstas se corroen y llegan á fundirse completamente, combinándose con las sustancias minerales de los lechos de fusion.

Caractéres de las sustancias obtenidas en la copelacion del plomo.

Núm. 1. PLOMO argentífero sometido á la copelacion, agrio, quebradizo, se lamina con el martillo, pero al doblarlo se quiebra; peso específico?

Núm. 2. LITARGIRIO, color verde mar en el exterior, y rojo de ladrillo en el interior; textura laminar, blando y desmoronadizo; peso específico 7'34.

Núm. 3. ABSUGS color negro, porosos, lustre de cera. Se quiebran con facilidad; peso específico 3'47; tratados con el ácido nítrico en frío hubo efervescencia, en caliente se disolvió completamente, quedando un residuo de azufre; con el cianuro amarillo, el yoduro de potasio y el amoniaco, se obtuvo prusiato de fierro y yoduro de plomo; no se halló cobre.

Núm. 4. ABSTRICHS ó sean litargirios negros; color negro; por fuera lustre de cera, por dentro mate, compactos y pesados, muy quebradizo; peso específico 7'15; tratados con el ácido nítrico no hizo en frío efervescencia, pero en caliente se disolvió completamente, quedando un residuo de ácido silícico; con el cianuro amarillo y el yoduro de potasio, se obtuvo fierro y plomo; el amoniaco no indicó la presencia del cobre.

Núm. 5. ABSTRICHS color verde-aceituna, textura compacta sin lustre, muy duro y pesado; peso específico 8'43; reacciones y productos en la análisis cualitativa, iguales al núm. 4.

Núm. 6. ABSTRICHS color verde-aceituna, textura estriada paralela, lustrosa y centellante, algo duro y quebradizo en el sentido de las estrias; peso específico 6'50; con el ácido nítrico no hizo efervescencia en frío, en caliente se disolvió presentando las mismas reacciones que los números 4 y 5.

Núm. 7. COPELA ó sea cendrada, color rojo y amarillo, textura laminar, lustre por dentro de cera, por fuera áspera y sin brillo; tratada por el ácido nítrico, en frío hizo efervescencia, en caliente se disolvió, quedando un residuo de siliza; el licor quedó claro y transparente; con el cianuro amarillo, el yoduro de potasio y el amoniaco, se obtuvo las reacciones del fierro y del plomo, pero no se indicó el cobre; el peso específico de esta sustancia es 6'11.

Núm. 8. HUMOS de la copelacion del plomo recogidos en las paredes y bóveda del horno, aspecto pulverulento, untuosas al tacto; color blanco y amarillo de laton; composicion, óxido y sulfato de plomo.

Las sustancias que hemos anotado, son todos los productos artificiales que

se obtienen en la metalúrgia del plomo y de la plata; la análisis cuantitativa de todas ellas, se encontrará en los cuadros analíticos al fin de esta Memoria.

Leyes docimásticas de plata y plomo halladas en las grasas, fierros de planchera y pegaduras de los hornos.

1. Escorias de la fundicion de varias clases mezcladas.	0 00	0 00
5. Mattes ó fierros de planchera, varias clases mezcladas.	3 90	0 00
8. Pegaduras ó cadmios de los hornos, varias clases mezcladas.	2 88	23 70
10. Pegadura ó banco del crisol de los hornos.	7 68	2 80

Vaso de copelacion.

2. Litargirio.	0 43	92 83
3. Absugs, clase porosos.	0 00	00 00
4. Abstrichs, litargirios negros.	0 00	00 00
5. id. id. id.	0 00	54 30
6. id. id. id.	0 00	00 00
7. Fondo de copela ó cendrada.	0 64	74 30
8. Humos del vaso.	0 64	66 40

Fórmulas adoptadas para los ensayes docimásticos.

2'50 Gramos polvo.	} Ensaye docimástico por plata para los metales argentíferos sulfurados, las mismas proporciones para los no sulfurados.
30'00 Gramos plomo granulado.	
„ „ Borax el necesario.	
5'00 Gramos polvo.	} Para los ensayes por plomo de las grasas, cubriendo en el crisol la mezcla con sal decrepitada, ó sea calcinada.
10'00 Gramos carbonato sosa.	
5'00 Gramos polvo.	} Ensaye por plomo de los metales oxidados, del litargirio y fondos de copelas, cubriendo la mezcla con sal decrepitada.
10'00 Gramos carbonato sosa.	
2'00 Gramos borax calcinado.	
0'25 Gramos carbon en polvo.	
5'00 Gramos polvo.	} Para las sustancias sulfuradas como son los mattes, pegaduras del horno y del banco y las galenas piritosas, cubriendo en el crisol la mezcla con sal decrepitada.
10'00 Gramos fluxo blanco n. 1.	
0'25 Gramos limadura de fierro.	

Flujo blanco núm. 1, fórmula de Rivot.

30 gramos crémor tártaro.

30 id. carbonato de sosa.

15 id. borax fundido.

15 id. espato fluor.

10 id. nitrato de potasa.

Todo pulverizado y mezclado guardándolo del contacto del aire.

Ensayo del fierro en los minerales por vía humeda, método de M. Marguerite, por medio del permanganato de potasa.

Preparacion del permanganato de potasa.

« Se vierte en una mezcla hecha de 8 partes de peróxido de manganeso « puro, y de 7 partes de clorato de potasa una solucion concentrada de 10 « partes de potasa cáustica. Se pone al fuego, se revuelve bien y se evapora « hasta la sequedad. Este residuo ó masa se pone inmediatamente un un cri- « sol de barro, ó mejor de platina, y se calienta á una temperatura modera- « da que no debe pasar del rojo sombrío, hasta que todo el clorato de pota- « sa haya sido descompuesto, obteniéndose así una masa verde porosa de « manganato de potasa. En seguida se reduce á polvo y se pone á hervir en « agua destilada; entónces el manganato se transforma en permanganato de « potasa que se ha disuelto y en peróxido de manganeso que se ha precipita- « do. Esta transformacion se efectúa cuando el líquido ha tomado un color ro- « jo de púrpura; pero si tarda en efectuarse esta reaccion, se le obliga agre- « gando algunas gotas de ácido nítrico. Cuando en en el licor se han preci- « pitado todas las particulas en suspension, se decanta, y en caso necesario « se puede filtrar por amianto, conservándolo en frascos perfectamente ta- « pados.»

« Para titular este licor de camaleon, se pesa exactamente un gramo de « alambre de fierro que no esté oxidado, y se introduce en un balon de un « litro de capacidad, despues se le echa 25 cents. cúbicos de ácido hidro- « clórico puro, dilatado en un poco de agua, despues se tapa el balon y se le « pone en el tapon un tubito de vidrio de un diámetro pequeño, en seguida « se pone á calentar hasta que el fierro haya sido completamente disuelto, « dilatando luego este líquido con medio litro de agua fria. En seguida se « llena la bureta hasta su linea superior con la solucion de camaleon, ver- « tiéndose despues gota á gota en el líquido que contiene, el protocloruro de

« fierro, agitando el líquido continuamente. Así que el líquido en que se ha
« vertido el permanganato toma un color rojo pálido y que persiste á pesar
« de la agitacion; el ensayo está terminado, y no resta más que leer en la
« bureta el volúmen de licor consumido, y dilatar la solución de Camaleon
« con una cantidad de agua tal, que 50 centímetros cúbicos, ó sean 100 di-
« visiones, correspondan exactamente á un gramo de fierro.

« *Ensaye.* Este método exige que el fierro contenido en una solución se
« encuentre al mínimum de oxidacion. Si se encuentra al máximun, en parte
« ó en su totalidad, debe en este caso reducirse al mínimum por los agentes
« reductores; esto puede efectuarse de la manera siguiente:

a. « Se hace pasar por la solución una corriente de hidrógeno sulfurado
« hasta la saturacion, poniendo en seguida el líquido á la ebullicion para ex-
« pulsar completamente el gas sulfhidrico en exceso, despues es indispensa-
« ble separar por filtracion el azufre precipitado.

b. « Igualmente se puede tambien efectuar esta reduccion por medio del
« zinc metálico. Para esto se introduce en la solución clorhídrica una lámi-
« na de zinc puro, sobre todo exenta de fierro. Entónces se desprende un
« poco de hidrógeno y de protóxido de ázoe cuando el líquido contiene ácido
« nítrico. En seguida el color de la solución se pone un poco más claro. El
« cobre y el arsénico, cuando existen en la solución, se precipitan al estado
« metálico. Despues que ha concluido la reduccion, se filtra el líquido.

c. « El fierro puede tambien obtenerse al mínimum, echando en la solu-
« cion, puesta en ebullicion, sulfito de sosa en pequeñas porciones, conser-
« vándolo en ebullicion hasta que el licor, cuyo color era rojo, se haya com-
« pletamente decolorado, y que no se perciban ningunas trazas de gas sul-
« furoso.

« Una vez que el fierro ha sido convertido al mínimum, se determina su
cantidad, vertiendo en la solución, por medio de la bureta, el licor titulado
« de Camaleon. El color rojo que se produce va desapareciendo por la agi-
« tacion miéntras que la solución contenga proto-cloruro de fierro; pero cuan-
« do todo el fierro ha sido transformado en percloruro, una sola gota del li-
« cor titulado, agregada de más, será suficiente para comunicar á la solución
« un tinte rojo pálido persistente; en este punto la operacion está termina-
« da. La cantidad del licor titulado, que ha sido empleada, indica el peso del
« fierro que contenia la solución.

« Este método, lo mismo que el empleado por M. Fuchs (Gerhardt, etc.,
« Chancel, analyse quantitative, pag. 246) es muy expédito, y se ensaya el fier-
« ro con mucha exactitud en todos los cuerpos en que se encuentre combi-
« nado; sirve tambien particularmente para la análisis de los minerales de

« fierro, fundicion, etc. Para cada serie de ensayos es necesario titular de « nuevo la solucion de Camaleon.»

Para obtener la ley del mineral ensayado, supongamos que el líquido de Camaleon está titulado de tal manera, que 30 centímetros cúbicos han descompuesto una grama de fierro metálico, pero que para descomponer el fierro contenido en el polvo ensayado, solo se han empleado 17 centímetros cúbicos ó divisiones del mismo licor: en este caso estableceremos la proporcion siguiente:

$$30 : 1'00 :: 17 : x \quad x = 0'56.66 = \text{á } 56'66 \%$$

de fierro metálico contenido en la sustancia ensayada. (Gerhardt etc. Chancel, analyse quantitative, pag. 247.)

Las operaciones que hemos descrito, y los resultados obtenidos en la fundicion de los metales de la mina de San Júdas en la Bonanza, y los plomosos de este distrito, son las que constituyen en este mineral la metalúrgia de la plata por vía seca; pero, en mi concepto, todo esto está muy léjos de la perfeccion, particularmente en los aparatos de soplo usados, y que constituyen el primer elemento para una hacienda de fundicion, así como la adopcion de algunos aparatos mecánicos, tanto para hacer con el menor costo posible la conduccion interior y exterior de las sustancias que se funden, como para porfirizar el barro, carbon, etc., que se usan para los hornos.

Además, los lechos de fusion merecen tambien un particular estudio, de lo cual resultaria una combinacion de sustancias más perfecta, que conduciría á poderse beneficiar minerales más pobres, que abundan en este distrito.

El beneficio ó metalúrgia de la plata por vía humeda ó de amalgamacion, tambien seria un sistema susceptible de adoptarse: en este distrito hay abundancia de metales de una ley de 6 á 10 marcos por monton de 30 quintales, que no costea su tratamiento por el fuego.

Circunstancias independientes de mi voluntad, me han impedido estudiar detenidamente los lechos de fusion, y ocuparme de hacer en pequeño experiencias con los metales propios para extraer la plata por amalgamacion, pero confio en que muy pronto podré ocuparme de estos dos puntos que son de un vital interes para este distrito minero.

Mineral de Zimapan, Agosto de 1871.

EXPLICACION DE LAS FIGURAS.

LAMINA NUM. 1. Representa una *parada* de hornos alemanes semi-altos, la camisa interior del horno se construye de piedra refractaria hasta la altura de 2 metros arriba del oído de los alcríbises; lo demas, incluidas las chimeneas, son de ladrillos ordinarios.

La fábrica material del horno, es de mampostería, sin revocar, llevando además sus anclajes de fierro para la mayor seguridad de la obra, pues generalmente, á causa de la expansion del vapor de agua, se cuartea por diferentes partes, no obstante de tener en los costados sus conductos de humedad.

El banco se forma de 3 placas de fierro fundido puestas verticalmente; los costados van descubiertos para colocar la *Sangría* conforme se ve en el corte horizontal: cuando el banco se rellena de la brasca, en el costado se coloca una tabla fuertemente sujeta, y con un agujero, por donde se coloca el palo que forma el conducto para extraer el plomo.

La brasca se compone de 2 partes de barro refractario, tamizado por un cedazo de 16 agujeros en centímetro cuadrado, y una parte de carbon en polvo, pasado tambien por el mismo cedazo; se revuelve bien y se humedece con cierta cantidad de agua: esta operacion y la manera de *asentar* el banco, la hemos ya descrito.

A la altura de la boca de cargar existe un piso, en donde se forman los lechos de fusion y se pone el carbon.

LAMINA NUM. 2. Esta representa el vaso de copela y varios útiles que describirémos.

El vaso tiene 3 metros de diámetro y caben 220 quintales de plomo argentífero; se construye en el interior de buen ladrillo refractario, lo demas se fabrica de sólida mampostería: el horno tiene al frente tres puertas: la primera es de la parrilla, la segunda es para cebar el plomo, y la tercera por donde se extraen los litargirios; en la espalda está el alcribis por donde se introduce el soplo.

La cendrada ó copela se forma de caliza, barro calcinado y cenizas, ó sea tierra de copela que ya ha servido: todas estas sustancias se pulverizan perfectamente y se tamizan por un cedazo de tela de alambre, con 49 agujeros en centímetro cuadrado.

Las proporciones de las tres materias de que se forma la copela, son:

- 2½ cajones de barro refractario calcinado.
- 3 id. cenizas viejas.
- 12½ id. caliza.
- 50 cubetas de agua, mezclándolo todo perfectamente.

El barro se calcina con el objeto de quemar las sustancias orgánicas que pueda contener: se llama cenizas viejas á lo que se quita de la copela que ha servido y que no ha absorbido litargirio.

La figura núm. 1, de la lámina núm. 2, representa unos adobes llamados puentes, con los cuales se cierra la boca vertical que está en el frente del horno; estos adobes se usan sin previa coccion: la figura núm. 2 es el cajon ó medida con que se carga el carbon en el horno; su capacidad es de una arroba: la figura núm. 4 es un cajon de lámina de fierro que sirve para echar al horno la revoltura de metal; su capacidad es de 2 arrobas: el núm. 3 es una moldera ó cazuela de fierro para echar el plomo de obra; caben de 4½ á 5 arrobas: el núm. 5 es una cubeta de madera para medir el agua que lleva la cendrada: el núm. 6 es el cajon con que se mide la ceniza, la caliza y el barro, y el núm. 7 es un espeton de fierro con que se asienta ó apizona la copela: este fierro, para usarlo, se calienta, tanto para esta operacion como para *asentar* la brasca en el banco de los hornos.

La perfeccion con que se ejecutan todas estas operaciones, depende de la práctica y habilidad de los operarios que practiquen estos trabajos.



BENEFICIO POR VIA SECA Ó DE FUNDICION.

Cuadro histórico de la extraccion del plomo y de la plata de sus minerales en el Mineral de Simapan.

Periodos de la extraccion.	Prineipio de la extraccion.	Aparatos quimicos usados.	Aparatos mecánicos usados.	Motores aplicados.	Clase de combustible empleado.	Productos obtenidos en las operaciones.	Instrumentos usados.	Caractéres generales del trabajo y de las oficinas metalúrgicas.
Primer periodo.	Extraccion de los minerales de las minas, separacion de sus clases, conduccion á las haciendas de fundicion.	" "	" "	" "	Las velas para el alumbrado de las minas.	Minerales de plata y de plomo argentífero de riqueza variable.	La barreta, el marro y la cuña. La pólvora para romper la roca.	Las minas, trabajo ó arranque del metal sin obras previamente trazadas, y únicamente sobre el metal, distribucion de las faenas entre peones y operarios, productos variables.
Segundo periodo.	Ensayo docimástico y calcinacion al aire libre de los minerales sulfurados.	Hornillo de ensayo y local para la calcinacion.	Almirez de fierro para pulverizar los minerales por ensayar.	" "	Carbon vegetal para los ensayos, y leña para la calcinacion.	Glóbulo de plata del ensayo, y mineral calcinado.	Balanzas de precision, crisoles, copeles y reactivos quimicos.	Oficina de ensayo, concentracion de trabajo en varios hombres, local al aire libre para la calcinacion de los minerales, exactitud en los resultados.
Tercer periodo.	Formacion de los lechos de fusion, y fusion de los minerales de plomo y argentíferos.	Hornos altos, semi-altos alemanes y hornos chicos castellanos.	Fuelles, trompas de agua, bombas im-pelentes y ventiladores.	El hombre, el agua y ruedas hidráulicas.	Carbon vegetal de encino.	Plomo argentífero, grasas, escorias y fierros (mattes).	Barretones y marros de fierro, carretas de mano, etc.	Hornos de fusion, local amplio para el trabajo, distribucion de trabajo entre peones y fundidores, productos variables, pero exactitud en las operaciones.
Cuarto periodo.	Extraccion del plomo argentífero del horno y formacion de los lingotes.	Hornos.	" "	" "	Carbon vegetal de encino.	Aleacion de plomo y plata, grasas y fierros (mattes).	Cuchara grande de fierro para vaciar el plomo en las molderas, tunclones, etc.	Distribucion de trabajo entre varios peones y fundidores, producto de plomo, grasas, fierros variables.
Quinto periodo.	Apartado de las escorias ricas y de los fierros (mattes); calcinacion de estos últimos.	" "	" "	" "	La leña.	Grasas pobres y ricas, fierros (mattes) crudos y calcinados.	Marros para quebrar las escorias y los fierros.	Local para el apartado de las grasas y de los mattes, escorial para echar las grasas pobres, distribucion de trabajo entre muchos hombres, productos variables.
Sexto periodo.	Copelacion del plomo argentífero.	Horno de copelacion.	Fuelles, trompas de agua, bombas im-pelentes y ventilad.	El hombre y el agua.	La leña.	Plata pasta, litargirio, <i>absuys</i> , <i>abstricha</i> y copela con litarg?	Instrumentos de fierro.	Local amplio y ventilado para el horno de copela, distribucion de trabajo entre un <i>afnador</i> y dos peones, productos variables.
Sétimo periodo.	Apartado del litargirio segun su clase y color; pesar las dos clases.	" "	El marro chico ó pico para quebrar el litargirio. La romana.	" "	" "	Litargirio rojo y verde.	" "	Mismo local de la copela, distribucion de trabajo entre varios hombres, productos variables.
Octavo periodo.	Extraccion de la copela del horno, quebrarla y pesarla.	" "	La barreta, el marro y la romana.	" "	" "	Cópela impregnada de óxido de plomo.	El marro y la barreta.	Distribucion de trabajo entre dos hombres, productos variables.
Noveno periodo.	Revivificacion del litargirio, ó sea convertirlo en plomo metálico.	Horno pequeño de figura especial y de 1 metro de alto.	Fuelles, trompas de agua, bombas im-pelentes y ventiladores para el soplo.	El hombre, el agua y ruedas hidráulicas.	El carbon de encino.	Plomo metálico no argentífero, escorias ó grasas.	Varios instrumentos de fierro, y moldera para los lingotes.	Local para el horno, distribucion de trabajo entre fundidores y peones, productos exactos, relativo al litargirio revivificado con una pérdida, término medio del 15 á 18 por 100.

CUADRO EN CONJUNTO

De la formacion de los lechos de fusion para el beneficio por via seca de metales argentíferos de la mina de San Júdas, del Mineral de la Bonanza, y de los plomosos de Lomo de Toro, productos de plomo y plata obtenidos en 148 dias en un horno aleman semi-alto, y costo de las diferentes operaciones practicadas.

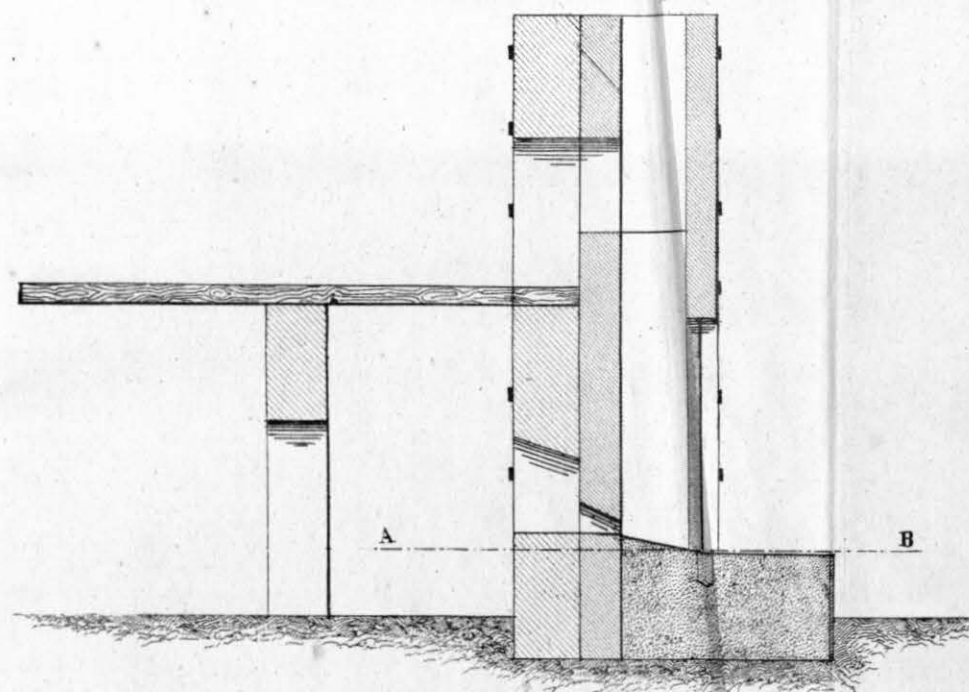
MINERALES Y SUSTANCIAS FUNDIDAS. CLASES.	PESOS. @ lb		LEYES.			CONSUMO DE COMBUSTIBLES.				COSTO DEL BENEFICIO POR CARGA.		PRODUCTOS OBTENIDOS			EMPLEO		SUSTANCIAS		FORMULA		PLOMO empleado en la fusión de los metales. lb	PRODUCTO DE PLOMO.		PERDIDAS.	
			PLATA. Por carga de 300 lb onz. cent.	PLOMO. por 100.	FIERRO. por 100	CARBON. arrobos.	LEÑA. arrobos.	CONSUMO. por 100.	CONSUMO. por 100.	Sobre el metal de plo- mo y plata.		PLOMO. lb	PLATA.		de fundentes por 100 sobre el metal argentífero y plomoso.	fundidas en 24 horas.		de los lechos de fusión.		PLOMO lb		Aumento obtenido por 100.	PLATA. por 100.	PLOMO. por 100.	
										marcs.	onz.		egs.	@		egs.	@								
Metal argentífero de San Júdas.....	11.634	"	"	12%	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10	"	"	"	"	"	"	"	
Galena pura, mina de Lomo de Toro.	522	"	9 75	58%	"	"	"	"	"	"	"	"	"	99	5800	6	844	"	"	"	"	"	14'84	"	
Metal plomoso, id. id.	12.105	"	"	15%	30%	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	6	815	10	"	45,393 75	"	"	"	"	
Mineral de hierro espático.....	2.844	"	"	"	75%	"	"	"	"	"	"	"	"	23	3058	1	601	2	8	"	"	"	"	"	
Litargirio.....	2.448	"	"	92'83%	"	"	"	"	"	"	"	"	"	20	1382	1	378	3	"	61,200 "	"	"	"	3'98 %	
Plomillos lavados.....	2.532	"	7 68	25'40 %	"	15,900	5,096	65'53	50'30	\$ 5 42	\$ 2 46	115,300	1.798	20	8300	1	425	2	4	"	"	"	"	"	
Cendrada (copela).....	960	"	1 92	50 %	"	"	"	"	"	"	"	"	"	7	8973	0	540	1	"	"	"	"	"	"	
Absugs y abstrichs (fierros del vaso).	495	"	"	64'40 %	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4	0720	0	281	1	4	"	"	"	"	"	
Cenizas de la copela.....	141	"	1 92	50 %	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	1599	0	079	1	2	"	"	"	"	"	
Fierros de planchera (mattes).....	3.004	"	2 40	21'60 %	"	"	"	"	"	"	"	"	"	24	7117	1	691	3	"	"	"	"	"	"	
Escorias de la fundicion misma.....	17.964	"	0 48	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	147	7780	10	114	12	6	"	"	"	"	"	
	54.649	"	"	"	"	15,900	5,096	65'53	50'30	\$ 5 42	\$ 2 46	115,300	1.798	"	"	30	768	47	"	102,205 75	115,300	12'81	14'84	3'98	

COPELACION DEL PLOMO ARGENTÍFERO.

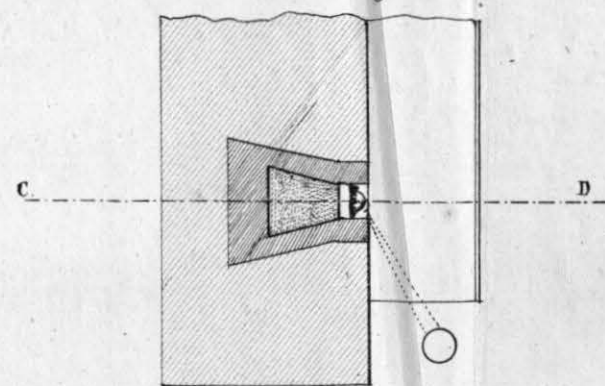
NÚMERO DE COPELACIONES.	PLOMO COPELADO.		PLOMILLOS AGREGADOS.		TIEMPO empleado en la copelacion. HORAS.	PRODUCTOS OBTENIDOS.					LEÑA CONSUMIDA. @	COSTO POR QUINTALES DE PLOMO. Ps. Cs.		LEY DE PLATA POR QUINTALES. onz. cs.		PRODUCTO TOTAL PLATA. marcs. onz.		LEY DE PLATA DE LOS PRODUCTOS.						
	@	lb	@	lb		PLATA. marcs. onz.		LITARGIRIO. lb	ABSUGS. ABSTS. lb	COPELA. lb		CENIZAS. lb	marcs.	onz.	onz.	cs.	marcs.	onz.	onz.	cs.	HUMOS DE COPELA.			
																					Plomo p	Plata p. eg		
1ª Copelacion de la cantidad de....	450	2	"	"	48	169	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
2ª id. id.	332	3	"	"	36	79	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
3ª id. id.	334	12	"	"	42	134	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
4ª id. id.	633	3	"	"	38	262	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
5ª id. id.	501	1	"	"	51	219	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
6ª id. id.	530	15	22	"	60	241	"	101,668	"	12,375	"	24,000	"	3,525	"	2,816	0 295	12 47	1,798	"	1'92	"	66'40 %	1'92
7ª id. id.	509	14	"	"	50	208	3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8ª id. id.	620	"	"	"	58	228	6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
9ª id. id.	380	"	"	"	42	109	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
10ª id. id.	421	"	20	"	46	145	6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
10 arrobos....	4,612	"	42	"	491	1,798	"	101,668	"	12,375	"	24,000	"	3,525	"	2,816	0 295	12 47	1,798	"	1'92	"	66'40 %	1'92

METALURGIA DEL PLOMO Y DE LA PLATA.
HORNO SEMI-ALTO.

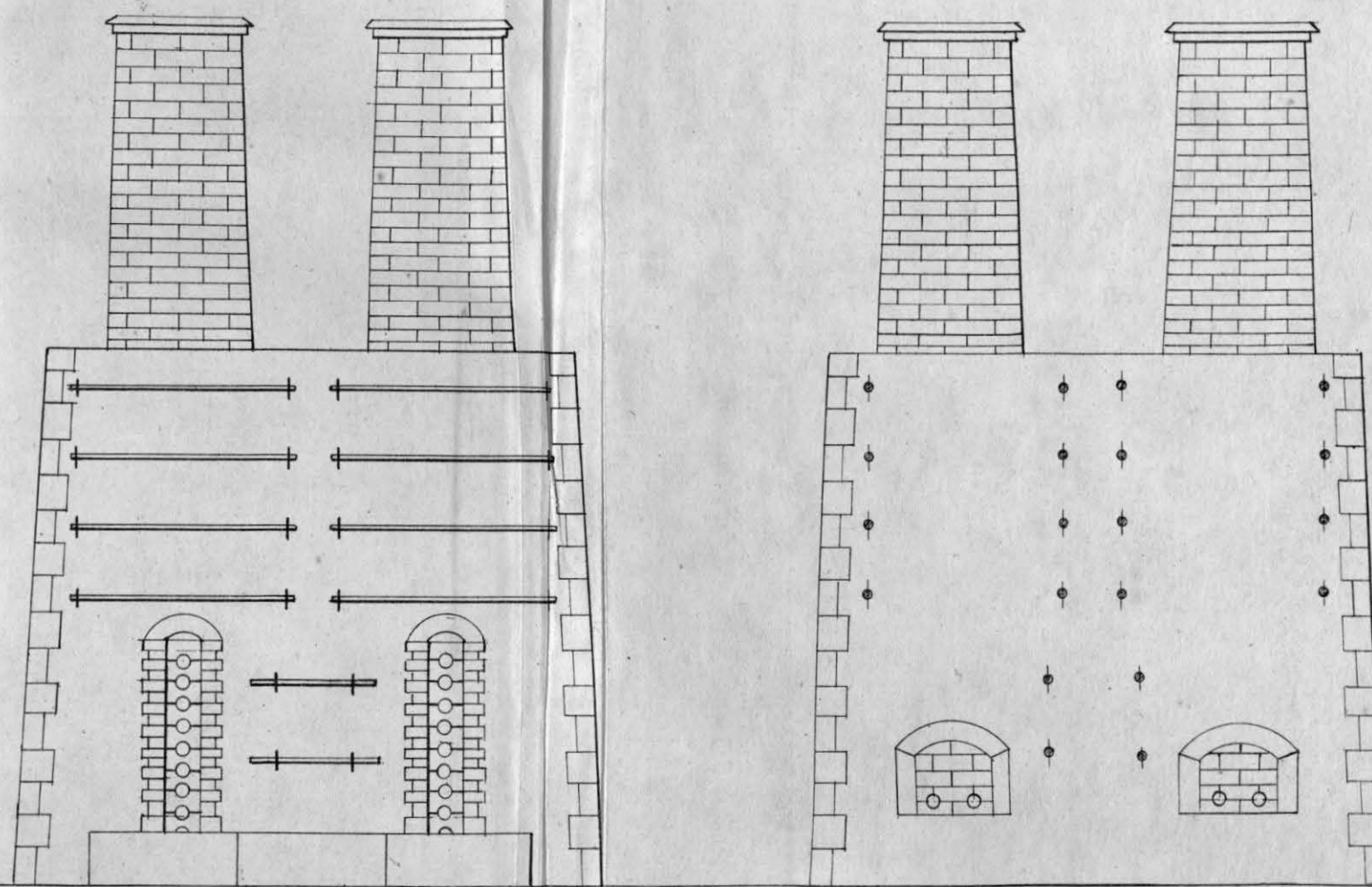
Corte vertical segun C.D.



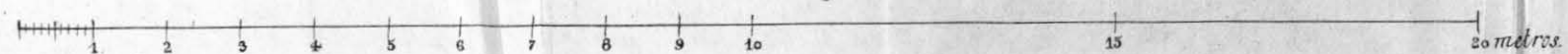
Corte horizontal segun A.B.



Elevacion de los hornos por el frente y espalda.

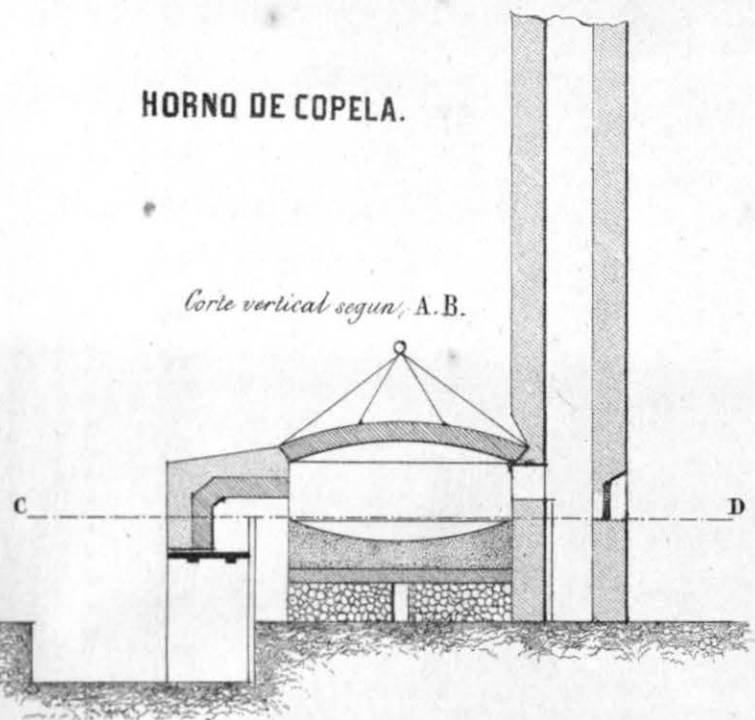


Escala de 0.^m01 por metro.

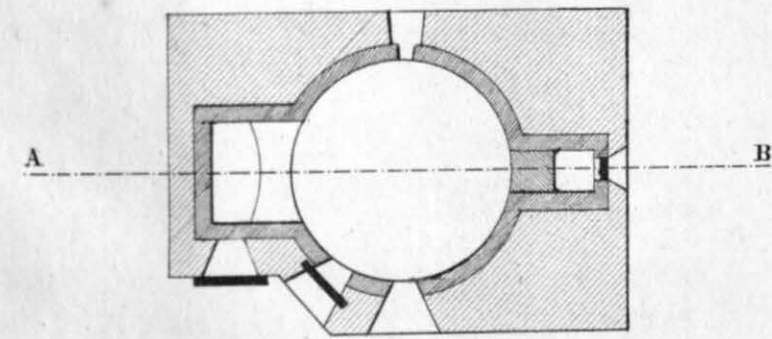


HORNO DE COPELA.

Corte vertical segun A.B.

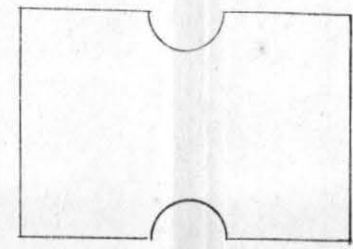


Corte horizontal segun C.D.

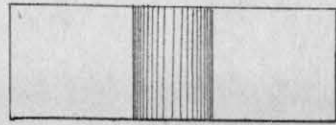


N.º 1.

Planta:

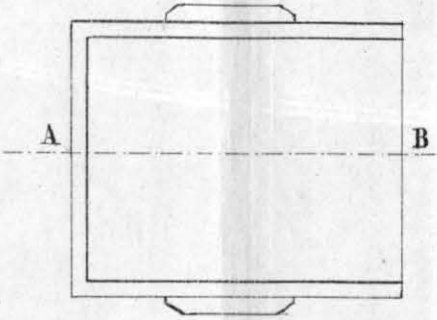


Elevacion:

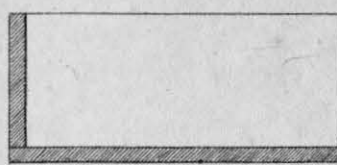


N.º 2.

Planta:

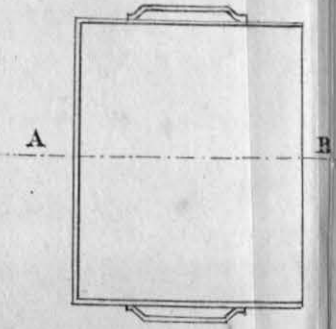


Corte segun A.B.

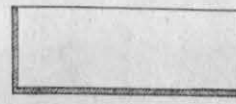


N.º 4.

Planta:



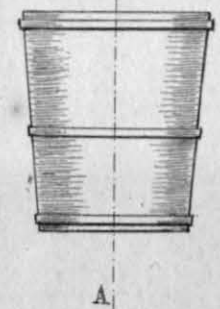
Corte segun A.B.



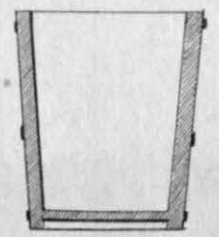
N.º 5.

Lamina n.º 2.

Elevacion:

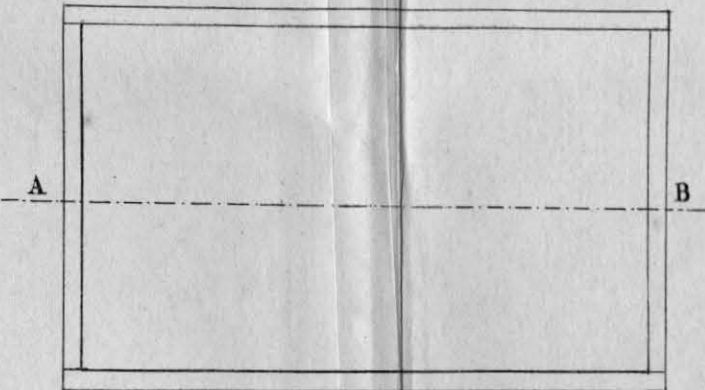


Corte segun A.B.

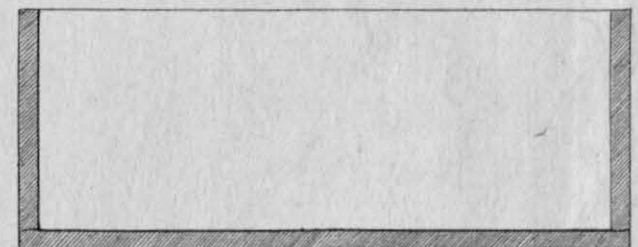


N.º 6.

Planta:

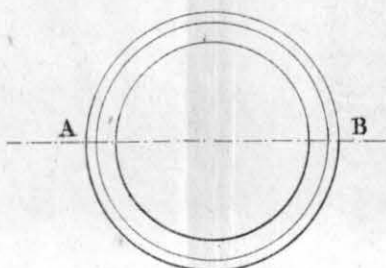


Corte segun A.B.



N.º 3.

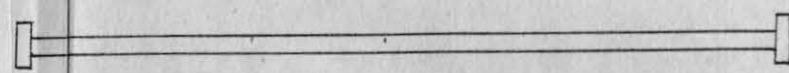
Planta:



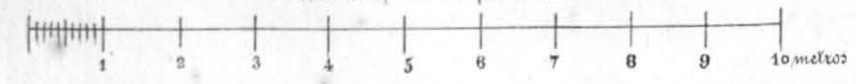
Corte segun A.B.



N.º 7.



Escala 0.01 por metro.



Escala de 0.10 por metro para las fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

