

seccion horizontal de una caja es de $1^m,00 \times 0,667$ ó de $0,667$ y un centímetro de altura representa dos quintales (92 kilogramos) de azogue. Un depósito contiene hasta 80 quintales de azogue, y continuamente puede saberse en el almacén la marcha de cada uno de los pares, porque los depósitos están provistos de tubos indicadores colocados en los frentes de las cajas.

DE LA TEMPERATURA EN EL VASO Y CONDENSADOR DE LOS HORNOS DE ALUDELES; DEL OFICIO DE LA SOLERA QUE SE CARGA SOBRE LA RED; DEL ENFRIAMIENTO DE LOS GASES Y CONDENSACION DE LOS VAPORES EN LAS CAÑERÍAS; ALUDELES Y CAÑOS RECTOS; DEL AGUJERO EN LOS ALUDELES; DE LA FORMACION DE LOS HOLLINES.

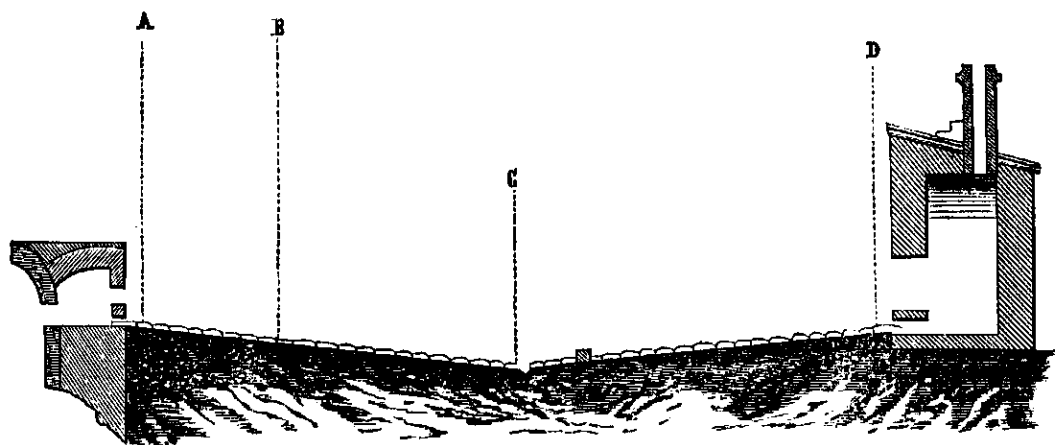
He reunido, aunque con el propósito de tratar de ellas con separacion, todas las cuestiones relativas al beneficio del azogue que me han parecido de mayor interés. No tengo noticia de que hayan sido estudiadas hasta ahora, ó por lo ménos puedo asegurar que ni en las memorias relativas al asunto que he leído, ni en las obras de metalurgia que he consultado, me ha sido posible recoger datos ni noticias de algun valor para la redaccion de estos apuntes.

Empezaré por la temperatura, recordando que al tratar de las operaciones en los hornos de aludeles, he dicho que en la carga de mineral no se fundieron los pedazos de plomo colocados en un crisolito de porcelana, de lo que se dedujo que la temperatura en esta region del horno no llegaba nunca á 360 grados; que la máxima en el primer aludel, que enchufa con la muela, no ha pasado de 265 grados en ninguno de los experimentos que se han hecho en pares de hornos diferentes; que durante el período de fuego la corriente de los gases y la temperatura son irregulares, aunque la última es siempre creciente y que pasado el período de fuego se normalizan una y otra con pasmosa regularidad. La tabla siguiente comprende las temperaturas de una fila de caños del horno titulado San Carlos, en una vuelta completa de 55 horas, contadas desde las nueve y media de la

mañana del día 18 de Marzo de 1872 á las cuatro y media de la tarde del día 20, en cuya hora se destapó el horno en la forma ya descrita. Desde las seis de la mañana á las ocho y media se descargaron y volvieron á cargar los hornos: á esta hora empezó el fuego, y las observaciones á las nueve horas y treinta minutos.

La figura 16 representa un perfil de los dos planes de cabecera y rabera del horno San Carlos, y los puntos *A*, *B*, *C* y *D*, en las cañerías, los de observacion situados á las distancias siguientes :

(Figura 16.)



Del muro exterior de la camareta al punto *A* (centro ó punto más alto del óvalo del primer aludel) 0,46.

De *A* á *B* 3,96.

De *B* á *C* (centro de la canal de quiebra) 4,42.

De *C* á *D* (situado en el último caño ó trompeta) 8,58.

Se usaron termómetros centígrados de mercurio con graduacion en el tubo, y en todos los experimentos la bola ó receptáculo se colocó en el eje del aludel, habiendo observado que poniéndole más alto, á $\frac{1}{3}$ por ejemplo del diámetro del círculo máximo del óvalo, marcaban de 6 á 8° ménos en las temperaturas que pasaban de 100° y de 2 á 5 en las inferiores.

TABLA de las temperaturas en grados centígrados de una fila de caños del horno de aludeles San Cárlos, en la vuelta correspondiente á los días 18, 19 y 20 de Marzo de 1872 ⁽¹⁾.

PUNTOS DE OBSERVACION.

Días.	Horas.	Minutos.	A.	B.	C.	D.	Arqueta.	Chimenea de la arqueta.	TEMPERATURA EXTERIOR	
									Sombra.	Sol.
18	9 ^m	30 ^m	34	16 aq	10	10	10			
	10	30	48	44 aq	40 aq	35	35		18	21
	11	30	61	57 aq	53 aq	47 aq	33	32	21	
	12	30	73 aq	61 aq	56	51			22	
	1	30 ^t	73 aq HI	60	56	51			20	
	2	30	82	60 Hg	54	51	40	HI Hg	20	23
	3	30	87 Hg	61	55	47	37			
	4	30	91 Hg	63	55	46 Hg	37	Hg		
	5	30	105	67	54	43	37			20
	6	30	103	71	52	41	34			17
	7 ⁿ	30	120	73	54	44	35	33		17

(1) aq, presencia del agua en el punto de observacion; Hg, del azogue; SO², del ácido sulfuroso; HI, de hollines; m, mañana; t, tarde; n, noche; +, en abundancia.

Dias.	Horas.	Minutos.	A.	B.	C.	D.	Arqueta.	Chimeneas de la arqueta.	TEMPERATURA EXTERIOR	
									Sombra.	Sol.
19	8 ⁿ	30 ⁿ	129	64	40	33	29	SO ²	14	
	9	30	140 SO ²	64 SO ²	36 SO ²	25 SO ²	23	SO ²	15	
	10	30	156 +	69	32	23	21		13	
	11	30	163 SO ²	74	31	21	19		12	
	12	30	165	78	36	20	18		11	
	1	30	168 +	82 SO ²	33	19	18		11	
	2	30	182 Hg	82	35	19	18		11	
	3	30	185	96	35	19	17		11	
	4	30	187	92	37	15	14		10	
	5	30	198	96	35	18	17		9	
	6	30 ^m	203	97	35	18	19		11	
	7 ^m	30	207	99	42	25	21		11	14
	9		212	103	47	32	26		15	20
	11		222	104	48	36	34		15	
	1 ^t		232	105	51	39	32		15	24
	3		233	100	48	36	32		23	
	5		237	93	43	29	26		20	
	7 ⁿ		238	91	37	20	20		15	
	9 ⁿ		238	96	36	19	19		15	
11		236 Hg	97	35	17	18		13		
1		240 Hg	97	36	15	18		12		
3		248 Hg	95	34	14	18		11		
5		249	95	34	13	16		10		
7 ^m		248 Hg	98	35	19	18		11	16	
9		245	105	48	31	24		14	21	
11		239	103	50	35	28		15	24	
1 ^t		223	91	50	39	29		15	24	
3		222	93	47	39	29		17	26	
4		217	86	42	32	27		15	24	

Dia ó periodo de brasa de diez y ocho horas.

20 Dia de enfrio de veintiseis horas.

Examinando con detenimiento la tabla es fácil advertir:

1.° Que en el punto *A*, donde empieza la cañería, la temperatura asciende constantemente durante el día y la noche en los tres períodos de fuego, brasa y enfrio; que la máxima llegó á 249 grados á las cinco de la mañana del día 20 en el período de enfrio ó á las cuarenta y cuatro horas de haber empezado la operacion.

2.° Que en el punto *B* no pasó la máxima de 105 grados, y tuvo lugar á las nueve de la mañana del mismo día 20, en el período de enfrio, á las cuarenta y ocho horas de observacion.

3.° Que en el *C*, prescindiendo del período de fuego, la máxima llegó á 50 grados á las once del día 20 (enfrio) ó á las cincuenta horas de haber empezado el fuego.

4.° Que en *D*, punto en que termina la cañería, la máxima, haciendo abstraccion del día de fuego, no pasó de 39 grados, y que tuvo lugar el día 20 (enfrio) á la una de la tarde ó á las cincuenta y dos horas de empezada la cochura.

5.° Que en la arqueta se halla la máxima en el período de brasa, á las once de la mañana del día 19. Yo atribuyo esta irregularidad á los garabateos, porque se advierte á esa hora, no sólo en la arqueta, sino en *B*, en *C* y en *D* una subida repentina que es una verdadera anomalía, pues á las cinco de la tarde baja de nuevo el termómetro en todos los puntos indicados. Creo, por lo tanto, que debe tomarse por máxima, en la arqueta, la temperatura de 29 grados á la una de la tarde del día 20, en el período de enfrio, á las cincuenta y dos horas de marcha.

6.° Que la temperatura exterior subió á 26 grados al sol á las tres de la tarde del día 20, y que la mínima tuvo lugar en las madrugadas de los días 19 y 20 entre cinco y seis de la mañana, en las que el termómetro bajó á 9 y 10 grados sobre cero.

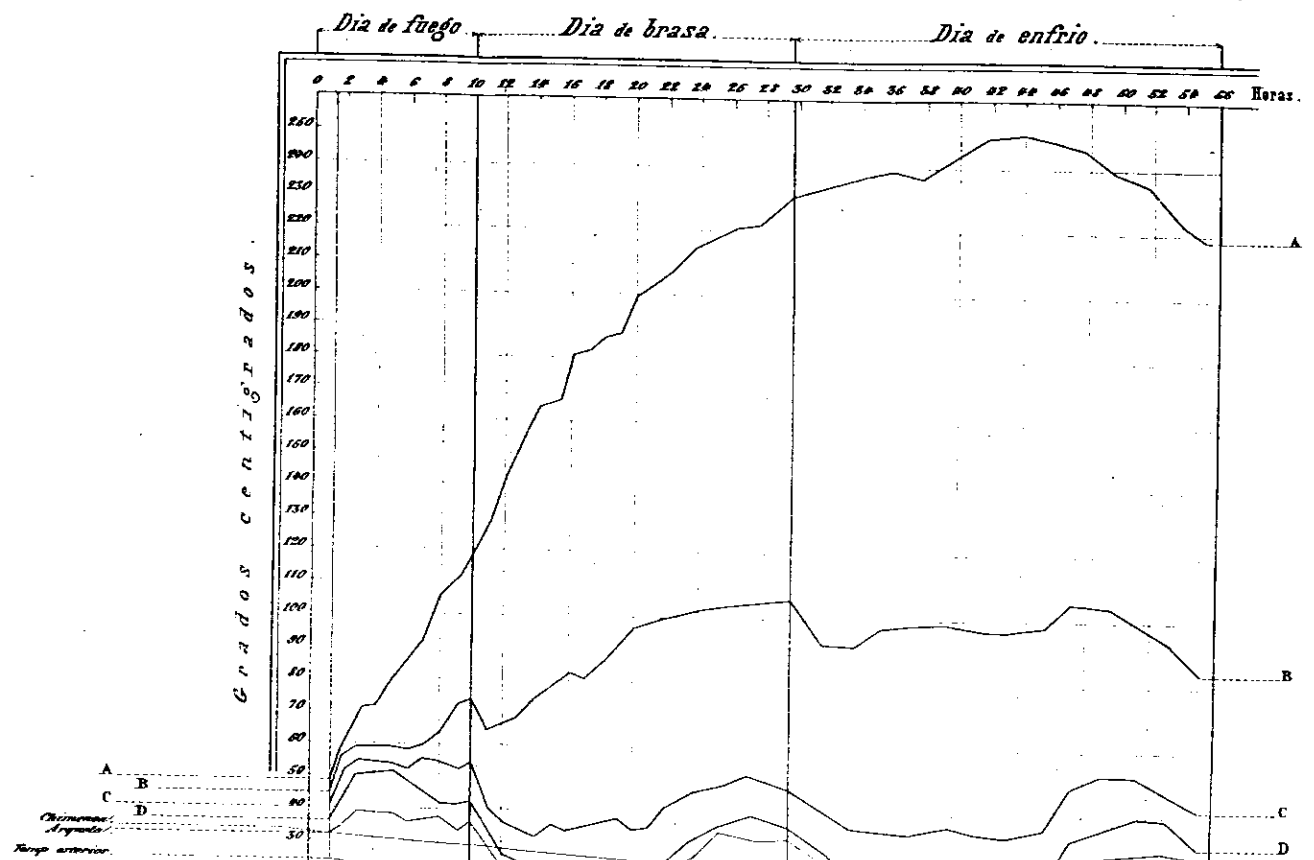
Es digno de notar, tambien, que la práctica haya elegido con tal acierto el momento de dar por terminada la operacion, á las pocas horas de haber llegado las cañerías á la máxima temperatura.

Para facilitar la inteligencia de la tabla y poder de un golpe de vista darse cuenta de la marcha de las temperaturas en los puntos de observacion señalados, se han trazado las curvas de estas temperaturas en la lámina 5.^a tomando las horas en que se han ejecutado las observaciones por abcisas y por ordenadas los grados centígrados, que en cada una de ellas marcaban los termómetros. La curva correspondiente al punto *A* sube constantemente hasta la máxima, y desciende con la misma regularidad. Esta curva da una idea clara de lo que pasa en el interior del vaso. El cero, en las horas, corresponde á las nueve y treinta minutos de la mañana del dia 18; el 10 á las siete y treinta minutos de la noche, y así sucesivamente. En los otros puntos de observacion, sobre todo en el período de fuego, las curvas son sinuosas y en los de brasa y de enfrio se advierten subidas y bajadas producidas por el descenso de temperatura durante las noches y por los golpes de viento que, renovando la capa de aire que rodea á los aludeles, perturban la regularidad del enfriamiento.

Del oficio de la soleva.—La manera de utilizar en Almadén el calor producido por la combustion del monte bajo y de alcanzar la regularidad de temperatura que reina en el horno en los períodos de brasa y de fuego, es sumamente ingeniosa y digna de explicacion, siquiera sea por el desdén con que la han mirado los autores de memorias y folletos relativos á la metalurgia del azogue. En Almadén, por mas que la noticia sorprenda á los metalurgistas contemporáneos, está puesto en práctica, desde hace más de dos siglos, el método de calefaccion descrito en las obras modernas con el nombre de sus inventores, los hermanos F. y W. Siemens, y al que Mr. Gruner, en su reciente tratado de metalurgia, califica de sistema metódico de calefaccion en todo el rigor de la palabra. ⁽¹⁾ En efecto, las llamas y demas productos de

⁽¹⁾ *Traité de Metalurgie*, par M. L. Gruner. Tomo 1, pág. 378. Paris, 1875.

Representacion gráfica de las temperaturas
 en cuatro puntos diferentes de una fila de Aludeles, en la arqueta de condensacion
 y en la chimenea del horno
 SAN CARLOS.



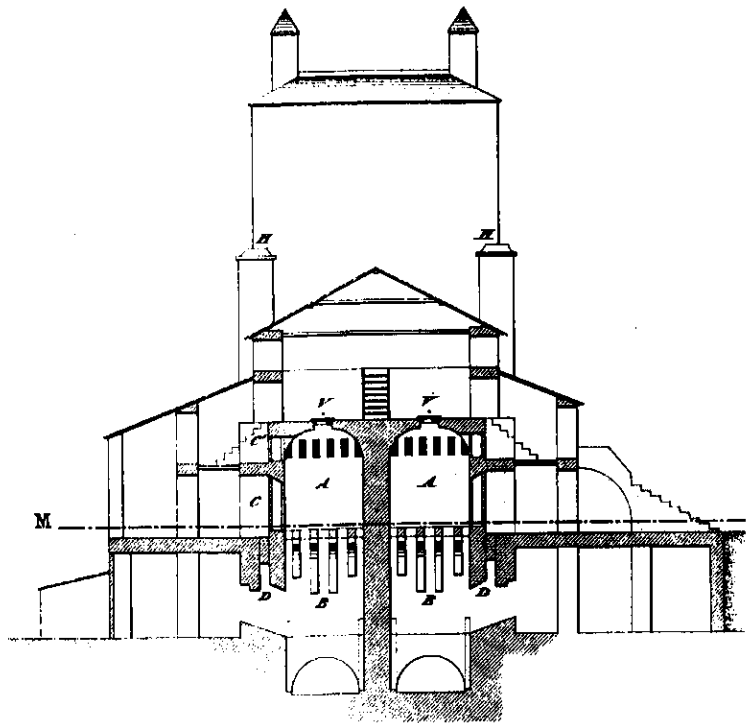
la combustion de los arbustos que se queman en Almadén enrojecen, en el período de fuego, los ladrillos de las paredes del hogar, los de la red y la cuarcita de la solera, abandonando la mayor parte de su calórico á estos materiales y penetrando en la zona de mineral á una temperatura relativamente baja, comparada con la que el combustible produce en el hogar. Cuando termina el período de fuego, el aire atmosférico, reemplazando á las llamas, entra en el horno por el boquete del atizadero, absorbe de los ladrillos del hogar, de los de la red y de la cuarcita, el calor que ellos habian tomado de las llamas, y sin perder nada de su oxígeno sube á la zona del mineral con 200 ó más grados de temperatura y oxida al azufre del cinabrio y de la pirita. Esta oxidacion ó combustion produce nuevo calórico, que se reparte entre los gases del vaso del horno, y por eso se observa con sorpresa, que al suspender el fuego, sube la temperatura en el primer aludel y continúa en progresion creciente durante treinta y cuatro ó treinta y seis horas, sin adicion de combustible en el hogar, hasta que adquiere la máxima y empieza á descender cuando la red y la solera han cedido al aire atmosférico la mayor parte del calórico que tomaron de las llamas en el período de fuego, y cuando ya no queda azufre, que, al quemarse, levante la temperatura del recinto. M.M. Siemens construyen dos cámaras, próximas una á otra, las llenan de ladrillos refractarios formando conductos y puentes por los que circulan las llamas procedentes de la combustion de gases ó de materias sólidas; cuando se enrojecen los ladrillos de la primera cámara, despojando de su calor á las llamas, se las hace pasar á la segunda. Por la primera circula entonces aire atmosférico, á la presion ordinaria ó empujado por un fuelle ó máquina soplante, que se apodera á su vez del calórico que absorbieron los ladrillos, y este aire caliente penetra por uno ó varios conductos en los hornos en que se ha de utilizar. De esta sucinta descripcion, se deduce que entre lo que se hace en Almadén desde 1646 y se hacia ya en Guancavelica en 1633, y la invencion de los hermanos

Siemens hay absoluta identidad, siendo digno de notar que la cuarcita, como material poroso é infusible, puede reemplazar á los ladrillos, y que el uso de materiales de arcilla refractaria, para absorber y almacenar el calor de las llamas, es muy antiguo en Almadén, pues en el siglo xvii solian ponerse *ollas* antiguas de los vaciaderos sobre la red, en vez de la cuarcita de cantera ó solera pobre.

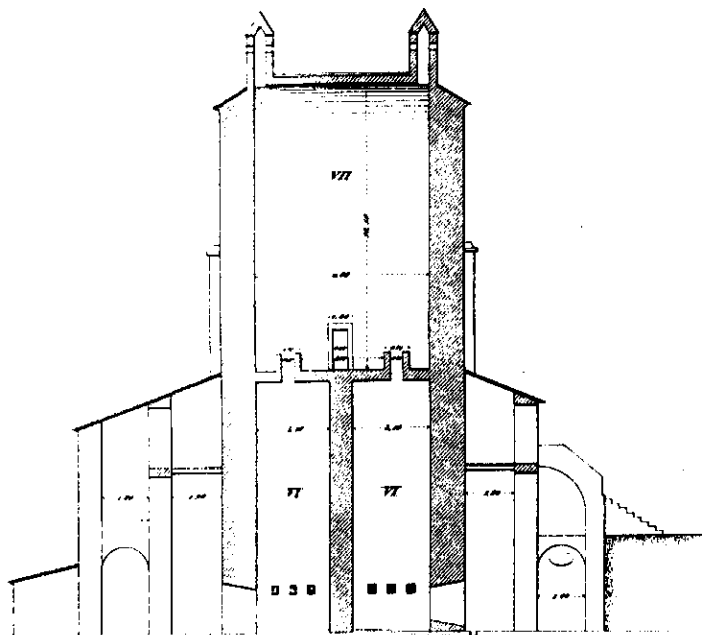
De lo dicho puede inferirse, que si en vez de cargar la cuarcita sobre la red, se la colocara en cámaras separadas del vaso, en la misma forma en que se coloca en los hornos, y se calentaran estas cámaras con las llamas de monte bajo, hoy usado en Almadén, y una vez enrojecida la cuarcita, se suspendiera el fuego y se hiciera entrar aire en la cámara para que, absorbiendo el calor retenido por la cuarcita, pasara despues al horno á descomponer el mineral, se evitarian las irregularidades advertidas en el período de fuego y los inconvenientes, pérdidas y enfermedades que ocasionan los hollines, sin que el mayor consumo de combustible, tal vez inevitable, pudiera nunca compararse con las ventajas que produciria esta variacion, de la que no hablaré más por no aumentar el número, ya crecido, de proyectistas de reformas, deseando únicamente que algun dia se ensaye en Almadén.

Del enfriamiento.—Nada puede dar idea tan cabal del enfriamiento en el condensador de los hornos de aludeles, como la inspeccion de la lámina 6.^a, en que se representa el descenso de temperatura en una fila de caños, en períodos distintos de la operacion, por medio de curvas trazadas con los datos reunidos en la tabla que precede. Todas las curvas nacen en el punto *A* y pasando por *B*, *C* y *D* terminan en la arqueta. La 1.^a corresponde á la observacion de mayor temperatura (enfrio) á las cinco de la mañana del dia 20, ó á las cuarenta y cuatro horas de haber empezado el fuego. Desde 249 grados, con que llegaron los gases del horno al primer aludel *A*, bajaron á 13 grados en *D*, recorriendo una longitud de 16 metros, en los que perdieron 236 grados. En el aire ambiente el termómetro marcaba 10 grados. En las

Seccion vertical por E. F.



Seccion vertical por L. K.



arquetas, por el espesor de los muros, se conserva más el calor que en los aludeles y por eso en su interior señalaba el termómetro mayor temperatura que en *D*, repitiéndose la misma diferencia en todas las observaciones correspondientes á la noche del día 20 ó de enfrio.

La 2.^a, 3.^a y 4.^a curvas pertenecen al día de brasa y á las observaciones correspondientes á las seis horas treinta minutos de la mañana, dos horas treinta minutos y once horas treinta minutos de la noche del día 19. La 2.^a empieza en *A* con 203° , y termina en *D* con 18° y en la arqueta con 19, perdiendo en el trayecto de la cañería 184° . La 3.^a marcó en *A* 182° , en *D* 19° y 18° en la arqueta y perdió 163° . La 4.^a desde *A*, en que señalaba el termómetro 163° , bajó hasta 21 en *D*, y á 19° en la arqueta, y la pérdida se representa por 142° .

Por fin, la 5.^a y la 6.^a marcan la última y la primera observacion del período de fuego á las siete horas treinta minutos de la tarde, y á las nueve horas treinta minutos de la mañana del día 18. La 5.^a empezó con 120° en *A*; llegó á *D* con 44 y á la arqueta con 33, siendo el enfriamiento de 87° . En la 6.^a *A* marcaba 34° ; en *D* y en la arqueta 10° , y la pérdida de calor fué de 24° .

Todo lo que puede esperarse de un enfriamiento al aire libre, haciendo abstraccion del período de fuego, se obtiene en los hornos de aludeles, porque segun la ley del equilibrio movable de temperatura, el enfriamiento teórico consiste en que los cuerpos, encerrados en un recinto, adquieran todos la misma temperatura, ó la del ambiente si están á la intemperie. Sacando las diferencias entre las temperaturas exteriores y las de la arqueta, resulta que en las 16 observaciones del día de brasa, contenidas en la tabla precedente, la diferencia máxima es de 19° , la mínima 4° , y como término medio puede admitirse que á la arqueta, en el período de brasa, llegan los gases con 10° más de temperatura que la que reina en la atmósfera.

En el día de enfrio la diferencia máxima es de 14° , la

mínima 4°, y la media 9° más elevada en la arqueta que en la atmósfera.

Para que el aire se renueve en el horno y no falte oxígeno para la combustión del azufre, es indispensable que haya movimiento en las columnas de gases que circulan por las cañerías, y este movimiento se consigue cuando los gases tienen menor densidad ó mayor temperatura que la atmósfera. La velocidad máxima la adquieren en el horno, disminuye al salir á la camareta, y poco á poco va perdiendo de intensidad en cada uno de los aludeles sufriendo la última disminución en las arquetas. En la práctica, es casi imposible conseguir el minimum de velocidad en las corrientes, porque es expuesto enfriar demasiado los gases y venir al equilibrio ó tal vez provocar un retroceso. Llegado este caso, es inevitable la pérdida de azogue por la chimenea del horno, que arranca de la bóveda del atizadero, y de aquí nace el peligro de la condensación con agua, empleando el aire atmosférico como desulfurante, peligro que puede evitarse con una aspiración artificial bien combinada. La ocasión me parece la más propicia para indicar, siquiera sea en extracto, las observaciones del célebre Proust acerca de los hornos de aludeles de Almadén.

“No se puede comparar mejor, “dice este sabio,” el horno
 ”de aludeles que con una retorta abierta por su base y á la
 ”que la atmósfera sirve de fondo. Este fondo, elástico y mo-
 ”vible, se baja hácia la boca del hogar y se levanta hácia la
 ”parrilla, segun que el peso de la atmósfera es más ó menos
 ”considerable, ó segun es la presión que los vapores experi-
 ”mentan en la parte superior del cilindro que les sirve para
 ”contrabalancear este peso con más ó menos fuerza. El es-
 ”pacio en que se mueve este fondo se mide por la distancia
 ”que hay entre el hogar y la parrilla, quiero decir, en el es-
 ”pacio de dos varas. Sentado esto, es fácil de concebir lo
 ”que sucedería si la columna de vapores metálicos llegase á
 ”descender, por cualquiera causa que sea, debajo de la par-
 ”rilla, bajándose hasta la boca del hogar; y por esta misma

"razon lo que debia suceder en el caso en que la boca de la
"chimenea estuviese colocada, como ya se ha dicho, en lo
"interior del horno" (1).

Es de advertir que Proust, examinando una Memoria de Jacobo Ferber sobre la destilacion de los minerales de azogue en Idria, notó que la abertura ó tragante de la chimenea del horno se representaba colocada en el interior del hogar, debajo de la parrilla. Supuso el célebre químico que el haber puesto la tragante en la clave de la bóveda del atizadero, como está en los hornos actuales, era un perfeccionamiento llevado á cabo en Almadén; pero yo creo que en esto anduvo errado. En 1750 se establecieron en Idria los hornos de aludeles usados en Almadén, y en esa fecha tenian la chimenea donde hoy la tienen, sin que nada justifique el supuesto de que, en época alguna, haya estado en la disposicion que refiere Proust. No he leído la Memoria de Jacobo Ferber (2); pero en el tratado de Metalurgia de Gensanne (3), del que he tomado la figura 17, se ve claramente esta disposicion, repetida en la figura 782 de la lámina xxxvii del atlas de la obra de Karsten (*Systeme der Metallurgie*) anteriormente citada, y en la lámina v de la de Bruno Kerl (4). No cabe, pues, error en suponer, como yo lo supongo, que los alemanes, creyendo perfeccionar el horno español, colocaran la chimenea debajo de la parrilla, ni tampoco es de extrañar que Proust creyera que en España se habia corregido el defecto, tan grave en su opinion, que declara terminantemente que el que imaginó hacer esta correccion en los hornos de Almadén se hizo digno de un premio.....; pero yo creo que hubiera sido más exacto decir, que el que ima-

(1) Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia. T. 1. Segovia, 1791-1795.

(2) La he visto citada en un manuscrito de principios de este siglo que posee D. Felipe Naranjo, Presidente de la Junta superior Consultiva de Minería, con el título siguiente: Descripción de las minas de azogue de Idria, por Juan Jacobo Ferber.—Berlin, 1774.

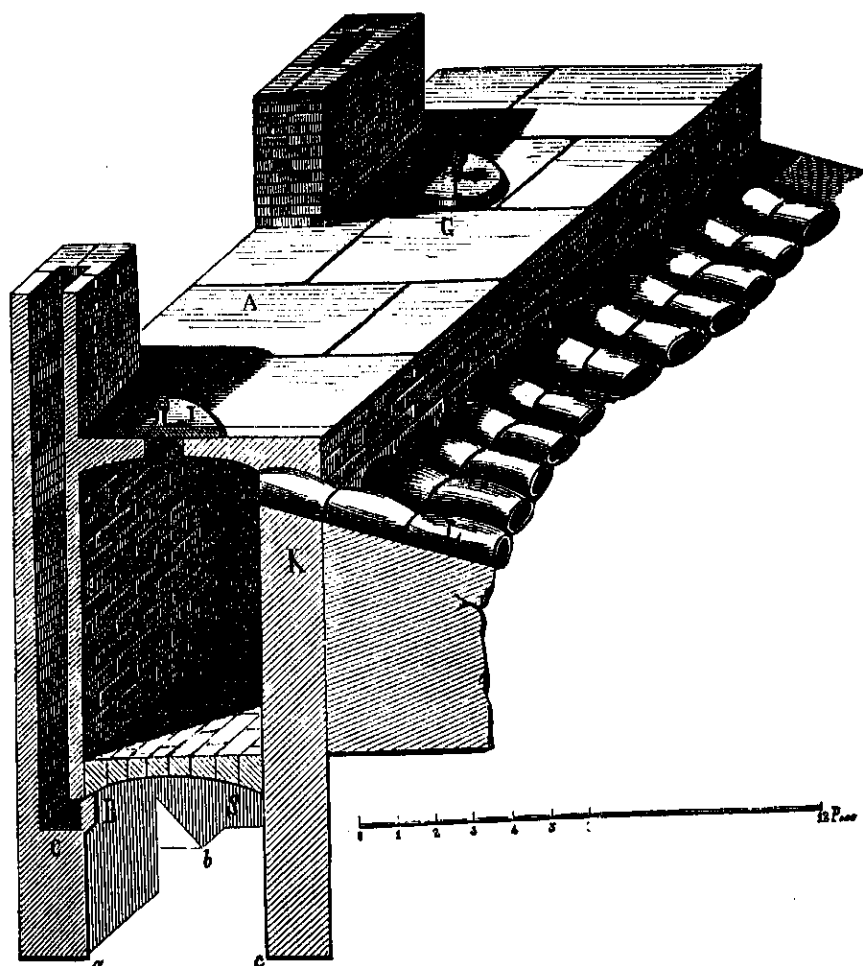
(3) La Fonte de mines.

(4) Handbuch der Metallurgische Hutten-Kunde. Freyberg, 1855.

ginó levantar el tragante hasta cerca de la parrilla, se hizo digno de censura, guardando, al emitir esta opinion, el respeto debido á la memoria del ilustre profesor.

“La pesadez de la atmósfera” añade Proust, “es un ele-

(Figura 17.)



mento de la constitucion del horno y sus funciones están siempre subordinadas á las variaciones del aire.”

Yo no encuentro medio de tratar separadamente del condensador sin tratar del horno, ni de lo que en este pasa sin explicar el enfriamiento, porque no son dos operaciones independientes la descomposicion del mineral y la condensacion del azogue, ni tienen lugar en aparatos distintos: lo que hay es que en una parte del aparato reina una temperatura,

relativamente elevada, y una atmósfera oxidante, y en la otra una temperatura decreciente: en la primera se descompone por completo el mineral; en la segunda se condensa el azogue.

Los límites, en lo ideal, serian:

1.º Que los gases llegaran á la arqueta con la temperatura de la atmósfera; á menor grado de calor sería imposible, porque la ley del equilibrio movible de temperatura se opone á ello.

2.º Que esto no fuera un obstáculo para la renovacion del aire en el vaso, ni diera ocasion á pérdidas por retroceso ó lluvias en el hogar, como se dice en Almadén. Y áun consiguiendo estos límites de perfeccionamiento, que rayan en lo quimérico, todavía pudiera evidenciarse con láminas de oro ó de cobre la pérdida de azogue por las chimeneas de las arquetas, porque la tension de los vapores de mercurio, no sólo es evidente á las temperaturas de la atmósfera, sino que hace poco tiempo, se ha demostrado, con reactivos bien sensibles, que la emision de vapores se puede evidenciar tambien á temperaturas próximas á su punto de congelacion, ó á 40 grados bajo cero. De lo que concluyo, que juzgar de la bondad del sistema porque se desprendan vapores de azogue con los humos que salen por las chimeneas y pretender que los gases se enfrien al punto de marcar menor temperatura que la de la atmósfera, sirviéndose del aire á la presion ordinaria como de desulfurante, es, ó pretender un imposible, ó no haberse fijado con la debida atencion en lo que pasa en los hornos de aludeles. Las cargas, la marcha de las operaciones, la velocidad de las corrientes, y por consecuencia la temperatura y el tiempo empleado en destilar los minerales, están en armonía perfecta con la estructura y dimensiones del aparato. Así lo explicaba el Conde de Molina, en su relacion al Consejo; así lo dicen los prácticos, y así lo enseña Proust con la autoridad del saber y la experiencia.

Si se aumenta, por ejemplo, la cantidad de sulfuro de mercurio en la carga, será preciso aumentar tambien la can-

tividad de oxígeno, y esto, á no variar la seccion del vaso y las de las cañerías, sólo puede conseguirse aumentando la velocidad de los gases con el riesgo consiguiente de que arrastren porciones crecidas de azogue en vapor.

Por otra parte, cuando se aumenta la riqueza de la carga y el sulfuro de mercurio se encuentra en exceso con relacion al oxígeno del aire que puede entrar en el vaso, se forma una atmósfera de nitrógeno, en la que una porcion del cinabrio se sublima, como se advirtió en las últimas pruebas de enriquecimiento en las cargas que se hicieron en Almadén.

La diferencia entre el peso de la columna de aire que gravita al nivel de la boca del atizadero y el de la columna de gases en circulacion, cuya altura es el desnivel entre dicha boca y el remate ó boca de las chimeneas de las arquetas, es la que determina el movimiento de los gases y vapores. Esto es elemental, y lo es tambien, que si las dos columnas tuvieran la misma densidad, los gases permanecerian en equilibrio, siendo, ademas, de todos sabido, que cuanto mayor es la temperatura de los gases tanto menor es su densidad.

El nitrógeno del aire, el ácido sulfuroso y el vapor de azogue, reunidos en el vaso, han de buscar una salida y pueden escapar hácia abajo por los conductos formados en la solera, por los que el aire penetró en el horno, ó por los ventanillos de la camareta. Si las cañerías y la chimenea estuvieran llenas de gases á la presion de la atmósfera, no hay razon alguna para que subieran á los ventanillos, ni tampoco para que bajaran por los conductos de la solera; sucederia lo que pasa en un horno cargado antes de darle fuego, que todo está en reposo; pero siendo ménos densa la columna de gases de las cañerías y de la chimenea, cuando empieza el fuego, por hallarse á mayor temperatura que la de la atmósfera, el movimiento se decide hácia arriba con cierta velocidad. La inicial, en el vaso, depende de la temperatura de los gases y de la diferencia de nivel entre el ati-

zadero y la boca de la chimenea de la arqueta. Respecto á la primera, ya sabemos que no llega á 360^{os}. La última es de 11 á 12 metros en Almadén. En la práctica, se admite que las velocidades de los gases en las chimeneas están, entre temperaturas iguales, en razon directa de las raíces cuadradas de sus alturas, lo que, con un ejemplo, quiere decir que una chimenea de 100 metros produce una velocidad doble de la que provocaria otra chimenea de 25 metros. Con la velocidad inicial á que salen los gases del horno, cuyo valor ni es conocido ⁽¹⁾ ni necesario para llegar al fin que nos proponemos, penetran los gases por los ventanillos, y siendo la suma de sus secciones menor que la del vaso, sufren al pasar por ellos una contraccion, aumentando la velocidad y la temperatura de la corriente. Al salir á la camareta, cuya seccion es mayor que la del vaso, los gases se dilatan, disminuye la velocidad y la consecuencia es un descenso en la temperatura, ó un primer enfriamiento. Al dejar la camareta para entrar en las cañerías, sufren los gases nueva contraccion, porque la suma de las secciones de las bocas de los caños es menor que la seccion de la camareta; pero en los óvalos se dilatan, y por consiguiente se enfrían, siendo de advertir que las contracciones son casi instantáneas y las dilataciones duran todo el tiempo que los gases tardan en recorrer el aludel. Al enfriamiento por radiacion superficial ó exterior, provocado por la baja temperatura de la atmósfera y favorecido por la gran superficie y poco espesor de los aludeles, se agrega la disminucion continúa de velocidad ocasionada por la forma del aludel. El área exterior ó superficie de enfriamiento de un aludel, suponiéndole compuesto de una esfera y de un cilindro es igual á 0,^m32 y la de 576, que corresponden á un vaso, 184^{m.c.}

Caños rectos y aludeles.— Con el fin de demostrar lo que

(1) Teóricamente la velocidad se obtiene por la fórmula $\sqrt{2gx(T'-T)h}$ en la que g es la gravedad; x el coeficiente de la dilatacion del aire; T la temperatura exterior; T' la temperatura de los gases en la chimenea, y h la altura de la última.

al enfriamiento de los gases contribuye la forma de los aludeles, se hicieron varios ensayos por la Comision de 1872, en los pares titulados San Antonio y Santo Domingo y San Miguel y San Benito, levantando una de las cañerías y reemplazándola con otra de caños rectos (V. Detalles en la lámina 4.^ª), de forma cónica, que en Almadén se usan únicamente como trompetas y simultáneamente se tomaron temperaturas en la fila de los rectos y en la inmediata de aludeles, siempre en los cuatro puntos *A*, *B*, *C* y *D* de la figura 16; el primero á 0,^m56 del muro de la camareta, *B* á 3,^m78 de *A*; *C* á 3,^m36 de *B*, y *D* á 8^m,23 de *C* y á 0,^m20 del muro de la arqueta. Se hicieron más de 160 observaciones en los períodos de brasa y de enfrio, sin contar los pertenecientes á los dias de fuego, que dieron resultados anómalos y confusos á causa de la irregularidad de las corrientes en este período. De todos estos resultados se han sacado los términos medios siguientes:

Temperatura en los caños rectos y en los aludeles.

Puntos de observacion.	Caños rectos.	Aludeles.	DIFERENCIAS.	
			Totales.	Por metro.
<i>A</i>	228	216	12	21
<i>B</i>	166	105	61	16
<i>C</i>	112	56	56	16
<i>D</i>	51	52	26	3

Es sumamente notable que en solos 0,^m56 de distancia del muro de la camareta, en el termómetro *A*, se advierta en el enfriamiento una diferencia de 12 grados; que á los cuatro primeros metros próximamente de cañería, en *B*, baje en los aludeles la temperatura á 105° y se encuentre todavía en 166° en el caño recto, resultando una diferencia de 61° á favor de los aludeles. Al llegar los gases á la quiebra, en el punto *C*, han corrido 8,^m17 desde el muro de la camareta y la temperatura en el caño recto se encuentra á 112°, el duplo exactamente de los 56° á que descendió en los alude-

les, y otro tanto se advierte al llegar á *D*, y siendo 16° la temperatura media de la atmósfera, en las horas elegidas para los experimentos, resulta que los gases llegaron por los aludeles á la arqueta con 9° más de calor que el que habia en la atmósfera y con 35° de exceso por los caños rectos. Como al penetrar los vapores en los caños rectos del plan de ramera llevaban todavía 112°, se encontró en ellos mucho azogue condensado, lo que no es comun en los aludeles. Esta observacion no es nueva, pues ya en 1823 D. José Larrañaga, experimentando á la vez caños rectos y aludeles, notó la presencia del azogue en los rectos inmediatos á las arquetas, á consecuencia de lo cual aumentó los óvalos á las dimensiones que hoy conservan. El proceso de los caños rectos está comprendido en la siguiente advertencia de Proust: "Siempre que en un condensador, tubos, cañerías ó camari-
"nes, sea el que fuere, se halle una porcion de azogue en su
"extremo, ó última estancia de los vapores, se puede asegu-
"rar que es defectuoso." No cabe duda en que la superficie de enfriamiento de un aludel es mayor que la de un caño recto de la misma longitud; pero no puede atribuirse sólo á esa desigualdad la ventaja en el enfriamiento, porque la relacion entre dichas superficies es únicamente de 3 : 2 y de 9 : 1 entre las áreas del círculo máximo correspondiente al óvalo ó esfera del aludel, y la de la seccion media del caño recto, relacion que explica satisfactoriamente la rapidez del enfriamiento de los aludeles por la disminucion de velocidad que ocasiona el aumento en la seccion trasversal.

Del agujero en el óvalo de los aludeles.—No se adoptaron caños con agujero para el plan de cabecera hasta el año de 1834, áun cuando se propuso esta mejora por D. José Larrañaga en 1823. Por los agujeros sale el azogue tan luego como se condensa, sin darle tiempo á que se evapore dentro del cañon. Es indudable que el aire atmosférico entra por dichos agujeros, puesto que la presion de los gases es menor que la de la atmósfera, contribuyendo al enfriamiento y condensacion de los vapores. La Comision de 1872 hizo un

ensayo comparativo en el par de hornos San Carlos y San Sebastian, empleando en una vuelta caños con agujeros, y en otra caños cerrados, como se llaman en Almadén á los que no le tienen. Con los últimos se perdieron en la vuelta ó cochura del par de hornos kilogramos 81,562^o que representan 0,52 por 100 del azogue total, y en 60 vueltas que pueden darse al año, la pérdida por par ascenderia á kilogramos 4.893,760, que á cinco pesetas por kilogramo, representan un valor de 24.468 pesetas 80 céntimos. En 10 pares subiria la pérdida anual á 244.668 pesetas.

De la procedencia de los hollines.—Los que han escrito sobre la metalurgia del mercurio suponen, refiriéndose á Almadén, que provienen de la combustion imperfecta del carbono del monte bajo, es decir, que el carbon subdividido, envuelto entre las llamas, es arrastrado por la corriente y se deposita en forma de hollin en los aludeles y en las arquetas, como se deposita en las chimeneas ordinarias en que se quema la misma clase de combustible. Hay que advertir, que empleando cok mezclado con el mineral y solamente en la proporcion de 2 por 100, como lo usó Mr. Pellet en su horno, con exclusion de todo combustible de llama, se obtuvieron hollines abundantes en sus cámaras, y sin embargo en las chimeneas ordinarias en que se emplea exclusivamente cok no se depositan grandes cantidades de hollin.

Es innegable, tambien, que la materia bituminosa de que está impregnada la cuarcita de Almadén, que llega á 3 y 4 por 100 en algunas de las muestras analizadas, segun queda apuntado, y que es aún más abundante en el esquistoso arcilloso que entra en las cargas, aunque en corta cantidad, debe contribuir á la formacion de estos hollines, pero todavía hay otra causa que coopera á su produccion y que hubiera yo pasado por alto, como los que me han precedido en estos estudios, á no haber tenido conocimiento de ciertos experimentos hechos en Alemania por el Doctor Stammer ⁽¹⁾

(1) Poggendorff, annal. T. xxxii, pág. 136.

repetidos en Inglaterra por Mr. Bell y ampliados y publicados por Mr. Gruner en el tomo XIX, segunda série del *Boletín de la Sociedad de Fomento* ⁽¹⁾, y que sucintamente voy á referir.

El óxido de carbono tiene en la metalurgia aplicaciones numerosas por sus propiedades reductivas, y es el agente principal en el beneficio de los minerales de hierro é indispensable en la preparacion del hierro colado y del acero. Esto es perfectamente conocido de todos los químicos y metalurgistas, como es sabido tambien que á una temperatura elevada reduce los óxidos de hierro á hierro metálico, transformándose en ácido carbónico, transformacion que se representa por la siguiente ecuacion:

$Fe^2O^3 + 3CO = 2Fe + 3CO^2$. Pero lo que se ignoraba, y no es fácil de explicar, es que á una temperatura baja, á 300 ó 400 grados centígrados, la reduccion del óxido del hierro es parcial, y que el óxido de carbono se descompone dejando un residuo ó depósito considerable de carbon (hollines). Se ha averiguado, además, que si se hace pasar óxido de carbono, no ya sobre un óxido, sino sobre hierro metálico, y el hierro está completamente exento de óxido, y el óxido carbónico de ácido carbónico, en una palabra, que si no intervienen agentes oxidantes, no resulta descomposicion alguna á la temperatura de 300 ó 400 grados, pero que si al hierro se le agrega un poco de óxido ó se introduce algo de aire ó de ácido carbónico en el vaso ó tubo en que se hace el experimento, el hierro se ennegrece y se forma el depósito de carbon. Esta descomposicion misteriosa ha llamado la atencion de los químicos y de los metalurgistas, y se han propuesto explicaciones, que no son ni convincentes ni áun satisfactorias, pero que pueden pasar por más ó ménos ingeniosas. Mr. Bell, yerno del célebre ingeniero Mr. Pattinson, y propietario de un vasto establecimiento metalúrgico en Inglaterra, en el que ha podido plantear experimentos en gran-

⁽¹⁾ Bulletin de la Société d'Encouragement. Juillet, 1872.

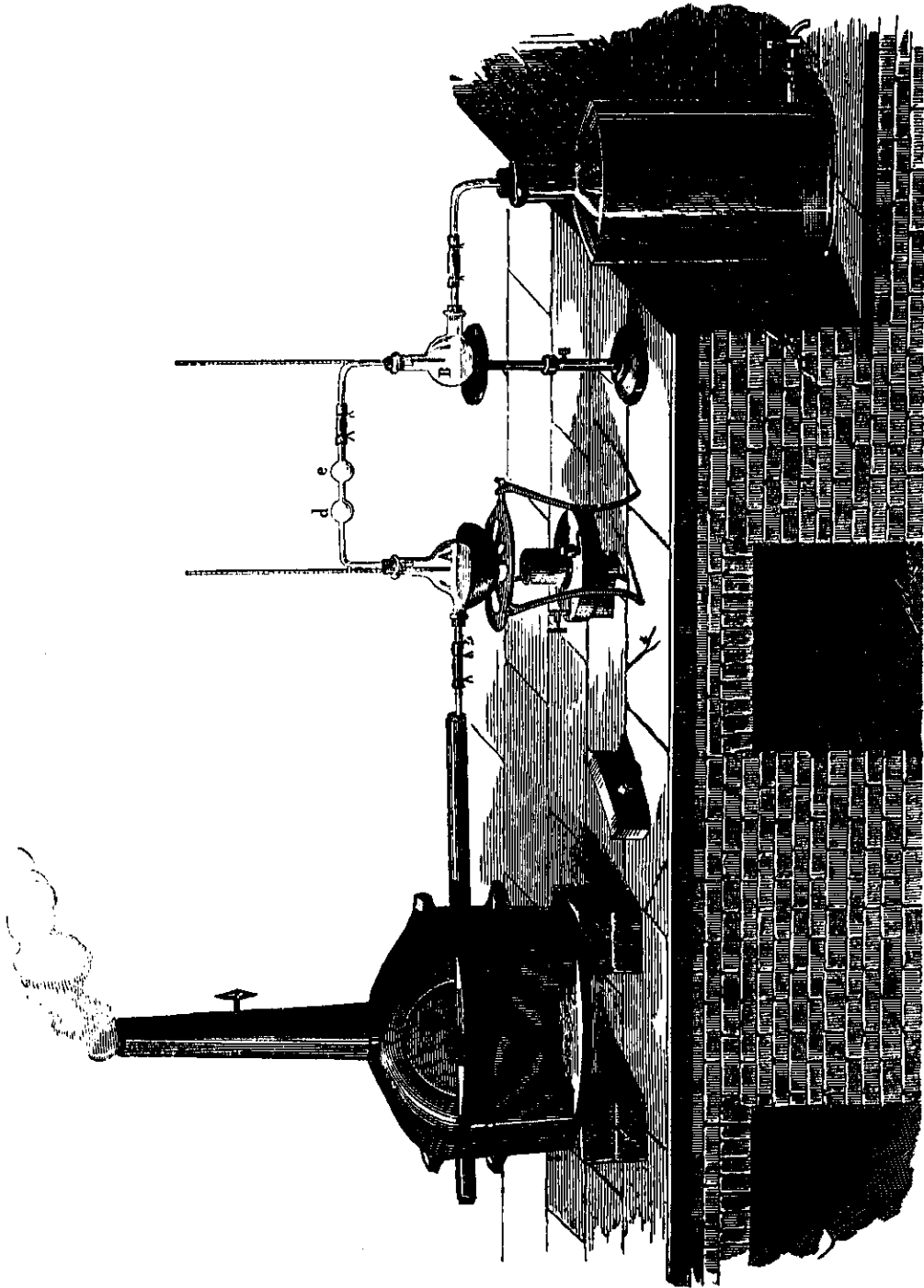
de escala, propone para explicar la primera reaccion entre el óxido de carbono y el mineral (óxido de hierro) la siguiente teoría. El óxido de carbono entre 300 ó 400 grados, reduce al óxido de hierro, no á hierro metálico, como sucedería á una temperatura elevada, sino á un grado de oxidacion inferior, por ejemplo á Fe^*O , y llegado este caso, ese óxido volveria á oxidarse á un grado superior tomando oxígeno del óxido de carbono y aislando al carbon. La segunda reaccion, entre el hierro metálico y el óxido de carbono, con intervencion de un agente oxidante, como óxido de hierro, aire ó ácido carbónico, la explica de este modo Mr. Gruner. Supone que primeramente se oxida una parte del hierro, y que luego el óxido formado, que supone sea el ferroso, FeO , es el que reduce al óxido de carbono con depósito de carbon (hollines) en la forma que enseña la siguiente fórmula.

$3FeO + CO = Fe^3O^4$ (óxido magnético) + $C(A)$; continuando la corriente del óxido de carbono y formado el óxido magnético resulta: $Fe^3O^4 + CO = 3FeO + CO^2(B)$ y ahora si no se interrumpe la corriente de óxido carbónico se vuelve á la ecuacion (A) pues se tiene $3FeO.....$ y $CO.....$; de esta se pasa á la (B), y así indefinidamente.

La temperatura de 300 á 400°, la presencia simultánea del óxido y del ácido carbónicos y la cantidad de carbon ú hollines de estos experimentos, me hicieron pensar en los hornos de Almadén, y sospechando que estas reacciones pudieran repetirse con minerales que no fueran precisamente de hierro, emprendí unos experimentos que brevemente voy á referir.

En el recipiente de vidrio *A* colocado verticalmente, como indica la fig. 18, se pusieron 5 gramos de mineral rico de Almadén, compuesto de cuarcita y de cinabrio quebrantado, es decir, en polvo y en pedazos del tamaño de los granos mayores de la arena comun. Por el costado comunicaba con un tubo de porcelana lleno de fragmentos de ladrillo refractario. En la parte superior llevaba un tapon de corcho por el que penetraban en su interior un termómetro y el tubo

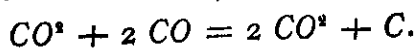
de comunicacion, y, así armado, se le colocó en una cápsula de hierro con estaño fundido. En el recipiente *B*, se puso otro



(Figura 18.)

termómetro y un tubo de brazos, y lateralmente por medio de otro tubo se estableció la comunicacion con el frasco as-

pirador *D*. Al marcar el termómetro *A* 130°, el mineral se puso casi negro, y cuando señaló 240° se abrió la llave del aspirador. Al empezar la corriente, el aire enfrió un poco el recipiente *A*, pero á los pocos instantes el tubo de bolas se cubrió interiormente de mercurio puro y brillante, sin manchas ni el menor indicio de carbon. El termómetro bajó á 210°, y enfriando entonces con un lienzo mojado las bolas *c*, *d*, se condensó el vapor de azogue que circulaba por ellas. En este experimento no hay nada que no sea perfectamente conocido, pues la descomposicion del cinabrio por medio del aire caliente está aplicada á la metalurgia del azogue desde la invencion de Saavedra Barba, en 1633. Unicamente notaremos que la temperatura no pasó de 240°. Despues repetí el experimento y obtuve tambien mercurio brillante; pero sacando del tubo de porcelana los fragmentos de ladrillo refractario, y reemplazándolos con unos pedazos de carbon vegetal, del comun de encina que se usa en las cocinas de Madrid, inmediatamente el recipiente *A* y el tubo de las bolas se ennegrecieron completamente, de donde deduje que en Almadén los gases de la combustion del monte bajo y de las ascuas, que se dejan en la caldera del hogar para el dia de brasa, contribuian á la formacion de los hollines. Yo creo, en vista de la necesidad absoluta de un agente oxidante para la separacion del carbon (hollines), que la explicacion más sencilla sería suponer que el ácido y el óxido carbónicos, á una temperatura baja, en presencia de sustancias porosas é infusibles, se trasforman en ácido carbónico y en carbon en virtud de la fuerza á que se ha llamado catalítica, á la que se atribuye la combinacion del oxígeno y del hidrógeno en la esponja de platino, la oxidacion del alcohol y formacion del ácido acético en parecidas circunstancias y otras tantas curiosas é importantes reacciones. Esta trasformacion se explica por medio de la fórmula, conocida,



De aquí se deduce, que los que han pretendido presentar como novedad la desulfuracion del cinabrio por medio de

gases preparados en generadores separados del horno, no han logrado más que complicar el aparato sin haber adelantado un solo paso, porque esos gases, al quemarse, producirán ácido y óxido carbónicos, que entre 300 y 400°, y según el experimento referido á 210°, darán hollines, procedan de combustibles vegetales ó minerales, de llama ó sin ella, prepárense en un hogar ó en un generador, que todo viene á ser lo mismo. En Almadén, en los períodos de brasa y de enfriamiento, entra aire puro por el atizadero con suma regularidad y se calienta en la red y en la solera, sin perder nada de su oxígeno; lo que hay que corregir es la irregularidad ó perturbación que introducen las llamas en el régimen de la destilación, y el mejor remedio parece ser el de enrojecer aparte la solera y servirse de ella para calentar el aire destinado á descomponer el mineral en la forma ya explicada, con lo cual, además, se evitaria en gran parte la formación de los hollines. No puedo asegurar que el hollin contribuya á la condensación del azogue en los caños; pero aunque así fuera, siempre sería ventajoso no enviar por el horno y cañerías los productos de la combustión, aunque hubiera necesidad de enhollinar los aludeles. La irregularidad en el período de fuego es el único defecto que encuentro en los hornos que se llaman en Almadén de Bustamante: manejados con inteligencia y atención y suprimidos los hollines pueden dar excelentes resultados.

De la pérdida de azogue en los hornos de aludeles.—Ninguna cuestión de las relativas al beneficio del azogue en Almadén ha sido tan debatida como la de las pérdidas en la destilación. Hay quien la hace subir á 50 y más por 100: otros creen que esta cifra es exagerada y que no pasa de 30 por 100, y respetando ésta y las demás opiniones que sobre el particular han circulado, empezaré por declarar que no me propongo hablar de las pérdidas mayores ó menores que pueda haber en Almadén, sino de la pérdida de azogue en los hornos de aludeles en operaciones conducidas con el posible esmero, después de haber pesado y ensayado con exactitud los