

IX

METALURGIA.

METALURGIA.

En el Mineral de Pachuca la metalurgia de la plata se efectúa tratando los minerales argentíferos por amalgamación. El principio del método consiste en disolver la plata en el mercurio, separándola en seguida de esta disolución por la simple acción del calor.

El beneficio por amalgación tiene dos variantes principales según que se opere al aire libre ó en una atmósfera limitada. La primera manera de operar define el beneficio común de patio. En la segunda se comprenden el beneficio en panes y en toneles.

La secuela de las operaciones en el beneficio por amalgamación es la siguiente: 1º—Se pulverizan los minerales; 2º—Se someten á reacciones químicas que hagan pasar la plata á una forma ó combinación tal, que el mercurio pueda precipitarla y disolverla, produciendo la amalgama; 3º—Se separa esta amalgama del exceso de mercurio; 4º—Se destila el mercurio de la amalgama, y 5º—Se funden las barras.

La presente memoria se refiere á las principales Haciendas de Pachuca.

I

PULVERIZACIÓN DE MINERALES.

La pulverización comprende dos operaciones: 1º—Granceo de los minerales; 2º—Molienda propiamente tal.

En la hacienda de la Purísima Chica, el gabarro grande se quiebra á mano para reducirlo á fragmentos de 0^m051 á 0^m064 de diámetro. En seguida pasa á los molinos granceadores. Estos son molinos chilenos de una sola rueda con llanta de acero y centro de piedra. La llanta consta de 6 segmentos y pesa 1,853 kilos. El ancho de la llanta es de 0^m40 y su espesor de 0^m10. Diámetro 1^m95. El centro pesa 2,750 kilos; su diámetro de 1^m70 y anchura de 0^m50. Es un block cilíndrico en cuyo centro pasa un espeque articulado con

el peón por una pieza llamada espada. Cada punto de la llanta en su movimiento, desarrolla una cicloide sobre una superficie cilíndrica ó cónica, según que la rueda sea perfectamente vertical ó ligeramente inclinada. El fondo sobre que se mueve es de acero y tiene la forma de una corona con diámetro exterior de 0^m80, anchura de 0^m50 y espesor de 0^m10. El resultado mecánico del molino es determinado por la presión de la rueda directamente proporcional á su peso, y por una fricción, cuyo valor máximo depende de la inclinación de la normal á la cicloide descrita por cada punto de la llanta, en el contacto de esta con el fondo sobre que se mueve. La intensidad del frotamiento varía en la extensión de la llanta, correspondiendo su máximo al punto de mayor desgaste. Esto origina una inflexión en la superficie de la llanta á la que corresponde otra en el fondo. Para realizar un desgaste parejo es necesario determinar la inclinación de la rueda para la que el frotamiento tenga el mismo valor en toda la extensión de una generatriz.

El molino se mueve con dos caballos que se mudan cada cuatro horas. Se grancea en seco al diámetro de 0.^m01. Al efecto, de la circunferencia interior de la corona sobre la que se mueve el molino, al peón, hay unas cribas de fierro inclinadas 45°, con agujeros de 0^m01 de diámetro y separados 0^m01. Es capaz de 8 toneladas 625 kilogramos en 11 horas de trabajo. La hacienda tiene 4 molinos con los que en 11 horas se grancea la carga suficiente para 96 arrastras, las cuales son capaces de una molienda de 34½ toneladas en 24 horas. Cada molino es servido por 2 ó 3 operarios. La granza cae á unos polveros de donde se lleva á las arrastras para la molienda definitiva.

La arrastra es una área circular de piedras duras colocadas de canto y rodeadas de una barrera de piedras ó de tablas de madera. En el centro de la área se coloca un árbol vertical provisto de un espeque y una cruz, á los cuales se fijan las voladoras por medio de cadenas y estacas.

El trabajo en la arrastra es de grande importancia, porque el rendimiento en plata depende esencialmente del grado de división del mineral.

En la Hacienda de la Purísima Chica hay 96 arrastras repartidas en 5 galeras. Por razón de su capacidad se dividen en dos series:

1^a—Arrastras capaces de 379.5 kilogramos en 24 horas, con diámetro de 2^m82, 2^m70 y 2^m56.

2^a—Arrastras capaces de 276 kilogramos en 24 horas, con diámetro de 2^m40.

Hay 74 de la primera y 22 de la segunda.

Las arrastras de la primera serie se mueven con dos mulas, necesitándose 4 para el trabajo de 24 horas y remudándose cada seis horas; las arrastras de la segunda serie se mueven con una mula, necesitándose dos para el trabajo de 24 horas, remudándose cada seis horas.

Para el caso de tener carga limitada é ilimitado número de arrastras (que se disponga de mucho terreno) la unidad para el establecimiento económico de la molienda será la arrastra de la segunda serie, porque siendo capaz de 276 kilogramos (2 cargas de 12 @) en 24 horas y exigiendo dos mulas para el servicio, el costo por 138 kilogramos (1 carga) será el de la manutención de la mula.

Para el caso de número limitado de arrastras (que se disponga de poco terreno) y de carga ilimitada, la unidad será la arrastra de la primera serie que es capaz de 379.5 kilogramos y da por consiguiente mayor cantidad para beneficiar con la utilidad correspondiente á esta mayor cantidad.

Según esto, concretando el caso de la hacienda de la Purísima Chica, en la que resulta una utilidad media de \$1.10 por 138 kilogramos, cuando se benefician 245 toneladas 640 kilogramos por semana, el excedente de capacidad de la arrastra de la primera serie, 103.5 kilogramos, con un gasto próximamente de 50 centavos más que la arrastra de la segunda serie, arroja en el beneficio 82.5 centavos de utilidad. Luego estas arrastras deben preferirse.

Una y otra de las dos variantes suponen una capacidad de patio en relación con la molienda.

Si se dispone de suficiente terreno para establecer arrastras de la segunda serie en número suficiente para todo el metal con que se cuente, ésta instalación es la más ventajosa, porque asocia la economía de la molienda con la utilidad del beneficio.

Las arrastras de la primera serie tienen cuatro voladoras de 1^m257 de largo y un espesor central de 0^m419. Pesan de 249 á 313 kilogramos.

Las de la segunda serie tienen tres voladoras de 0^m838 de largo y un espesor central de 0^m325. Pesan 230 kilogramos.

Cada voladora dura de 7 á 8 semanas. Se desechan cuando están desgastadas á la mitad.

Las piedras que forman el fondo de la arrastra, de la misma naturaleza que las voladoras, se llaman tacos: se colocan de canto, y entre taco y taco se rellena con ripio. Se colocan para cada arrastra de 11 á 15 docenas de tacos, según sus propias dimensiones y el diámetro de la arrastra. Dura una arrastra de 7 á 8 meses. El desgaste del fondo es próximamente de 0^m012 semanarios.

La molienda se hace con agua, cuya adición se verifica por intermitencias durante 18 horas, en cantidad variable según la clase de los metales. El objeto es formar una mezcla de densidad tal, que la granza descienda lentamente para que sufra la acción de la molienda. Si se pusiera toda el agua ó un exceso al principio, la granza se acumularía delante de las voladoras y no habría molienda, ó sería muy lenta. Esto lo llaman los prácticos "arrollarse." Al moverse las voladoras, su borde anterior é inferior en el sentido del movimiento, está á una distancia de 0^m03 á 0.05 del fondo de la arrastra, mientras que la parte posterior é inferior está en contacto con dicho fondo. La cantidad de agua necesaria es, término medio, 504 litros para 379.5 kilogramos de mineral. Se descargan las arrastras cada 24 horas y en general, después del tiempo suficiente para obtener la molienda tal como se desee, siendo siempre más conveniente disminuir la carga de las arrastras cuando el metal sea muy duro, á fin de tener mejor sistemada la molienda, cargando y descargando las arrastras á las mismas horas.

Se designa la molienda con el nombre de "lama."

Por el desgaste de las moledoras y del fondo se introduce carga estéril en las lamas.

El desgaste, en peso, de las 362 voladoras que trabajan en la hacienda, es de 8 toneladas 280 kilogramos por semana, y el de los fondos de las 96 arrastras, de 13 toneladas 800 kilos. á 19 toneladas 320 kilos., lo cual da un total de carga estéril introducida por la molienda de 22 ton. 8 kilos. á 27 ton. 60 kilos. por semana.

Según esto, el ensaye docimástico de lamas debe afectarse de un coeficiente de corrección.

Sea a la ley determinada ensayando la lama, c la carga mineral, d la estéril y x la ley del mineral.

$a \times (c \text{ más } d)$ es la cantidad total de plata contenida en c ; luego $a \times (c + d) = x \times c$; y

$$x = \frac{a \times (c + d)}{c}; \text{ para la Purísima Chica.}$$

$$c = 241 \text{ ton. } 500 \text{ kilogramos.}$$

$$d = 27 \text{ ton. } 600 \text{ kilogramos.}$$

$$x = \frac{(241.5 + 27.6)}{241.5} a = 1.114 a.$$

El costo de la molienda es de \$0.95 por 138 kilogramos (una carga) de mineral.

HACIENDA DE LA PURÍSIMA GRANDE.

Molienda por arrastras de 3^m.352 de diámetro y 4 voladoras. Costo de una ya instalada \$87.00

Hay 30 arrastras de capacidad de molienda de 100 cargas en 24 horas, ó sea 3 cargas por arrastra y por día. Son movidas por dos mulas.

Costo de molienda por carga \$0.62.

HACIENDA DE LORETO.

Se grancea con cilindros chilenos y quebradora Blacke.

La molienda se hace por arrastras y molinos chilenos.

La quebradora y los molinos son movidos por ruedas hidráulicas de madera que reciben el agua por arriba. Lo demás es movido por caballos.

Hay 65 arrastras, moliendo 200 cargas en 24 horas, y 5 molinos chilenos que muelen 300 cargas semanarias.

No logramos averiguar el valor exacto de la molienda, pero por datos que se referían á 3 meses podemos decir que no baja de \$0.80 la carga.

HACIENDA DE GUADALUPE.

En la hacienda de Guadalupe se grancean los minerales por medio de cilindros granceadores, capaces de grancear en 12 horas 207 ton. La longitud de los cilindros es de 6^m.612, su diámetro interior de 0^m.559 y su espesor de 0^m.77. Se desechan cuando el espesor se reduce á la mitad, 0^m.038, lo que su-

cede cuando ha granceado 8,280 toneladas en 40 días de trabajo de 12 horas por día.

La transformación del mineral en polvo se efectúa en 14 molinos chilenos de 2 ruedas cada uno, de los que 6 tienen la modificación de Mantey. Las llantas son de acero y los centros de piedra. El peso del centro varía de 2,500 á 2,000 kilogramos. El diámetro exterior de la llanta nueva es de 1^m.828, su anchura de 0^m.305 y su espesor de 0^m.1525. Pesa 1,920 kilogramos. La duración de la llanta, término medio, es de 3 años y se desecha cuando su espesor se reduce á 0^m.0256. El fondo sobre que se mueven las ruedas es de acero fundido. Es una corona cuyo diámetro exterior es de 1^m.906, su anchura de 0^m.381 y su espesor de 0^m.038. Los 14 molinos son capaces de una molienda de 690 toneladas semanarias pasando por tela del 60, lo que da para cada molino una capacidad de 49 toneladas semanarias en números redondos.

La molienda se hace con agua introducida bajo la forma de un hilo ó chorro continuo. Las ruedas se mueven con una velocidad de 13 á 14 revoluciones por minuto.

Por el efecto del desgaste de los cilindros granceadores y de las llantas y fondos de los molinos chilenos, se introduce acero á la molienda en cantidad de 435 kilogramos para 690 toneladas de mineral pulverizado. Há lugar en consecuencia á determinar el coeficiente de corrección á la ley determinada por el ensaye de lamas.

El movimiento de los molinos y de los cilindros granceadores se obtiene por medio de una máquina de vapor Cornwall, marcada Harvey & C. Engineers.—Hayle. La máquina es de condensación y expansión. El cilindro tiene un diámetro de 0^m.914. El golpe es de 2^m.742 (y en el codo 2^m.440). La bomba de agua fría tiene un diámetro de 0^m.254 y 1^m.525 de carrera; levantando el agua 24^m.705.

El trabajo de la máquina según diagramas tomados en Octubre de 1894 por el Sr. D. Juan Pratt, es como sigue:

1º La máquina con la bomba de agua fría y la flecha de transmisión del W.; 14½ revoluciones por minuto.

$$I \times H \times P = 18.74 \text{ caballos indicados.}$$

2º La máquina y bomba con 14 molinos y el quebrador (cilindros granceadores); 14½ rev. por minuto.

$$I \times H \times P = 196.45 \text{ caballos indicados.}$$

3º La máquina y bomba con 14 molinos, 14½ rev. por minuto.

$$I \times H \times P = 145.48 \text{ caballos indicados.}$$

4º Máquina y bomba con 8 molinos, ejes no modificados, 4 con llantas muy

gastadas, una con llanta de medio uso y tres con llantas casi nuevas; $14\frac{1}{2}$ revoluciones por minuto.

$$I \times H \times P = 77.94 \text{ caballos indicados.}$$

5º Máquina y bomba con 6 molinos, ejes modificados, dos con llantas muy gastadas y cuatro con llantas casi nuevas, 14 rev. por minuto.

$$I \times H \times P = 60.38 \text{ caballos indicados.}$$

6º Máquina y bomba y las dos flechas de transmisión, del E. y del W., $14\frac{1}{2}$ rev. por minuto.

$$I \times H \times P = 21.18 \text{ caballos indicados.}$$

Combinando los datos anteriores, tenemos:

Fuerza consumida por la bomba.....	9	caballos.
Idem ídem por la quebradora.....	51	„
Idem ídem por un molino.....	9	„
Idem ídem por la flecha del W.....	10	„
Idem ídem por la flecha del E.....	3	„

Quemando leña de encino, oyamel y pino, y comparando el consumo con la carga molida, resulta, término medio; para 138 kilogramos de leña quemada, 586 kilogramos de mineral molido; sea por tonelada de leña 4 ton. 246 kilos. de mineral. Quemando carbón de piedra, corresponde á una tonelada de carbón quemado, término medio, 13 ton. 5 kilos. de mineral molido.

En consecuencia, una tonelada de mineral molido necesita 235 kilogramos de leña y 74 de carbón de piedra.

Término medio 138 kilos. de leña valen \$1.00 y la tonelada de carbón de piedra \$17.00; de manera que por razón de combustible una tonelada de mineral molido cuesta \$1.70 con leña y \$1.26 con carbón.

Repartiendo los gastos de administración, generales, de ensaye, alumbrado, etc., etc., á prorrata, entre la molienda y el beneficio, resulta el costo de molienda, término medio, á razón de 49 centavos por 138 kilogramos de mineral molido.

HACIENDA DE LA UNIÓN.

En la hacienda de la Unión se grancean los minerales en quebradoras Blacke, y la molienda se efectúa en molinos chilenos de dos ruedas cada uno. El peso del centro y llanta de cada rueda es próximamente de 5 toneladas. Las ruedas están montadas con una ligera inclinación sobre la vertical y sobre ejes excéntricos. El diámetro de las llantas es de $2^m.50$, su anchura de $0^m.40$ y su espesor de $0^m.14$. Se desechan cuando el espesor se reduce á $0^m.0256$. Son de acero y pesan 2 toneladas.

Hay 9 molinos capaces de una molienda de 75 á 80 cargas diarias.

Son accionados por un motor de vapor Corliss, el que mueve igualmente el quebrador, un pequeño taller mecánico, dos centrífugas y por la noche un dinamó. Este motor es capaz de 100 á 110 caballos de vapor. Cuando visitamos la hacienda movía únicamente seis molinos, dos quebradores, las dos centrífugas y el taller. Para estudiar su trabajo se sacaron diagramas, los cuales dieron el resultado siguiente:

Molinos grandes con su transmisión.....	11	caballos.
Molinos chicos con su transmisión.....	10	„
Taller.....	3	„
Quebradora Blacke.....	5	„

No fué posible conseguir los datos relativos al costo de la molienda.

HACIENDA "BARTOLOMÉ DE MEDINA."

Se grancea con quebradora Dodge; capacidad de molienda 200 cargas en 24 horas.

Tiene 4 molinos chilenos patente Mantey, pudiendo moler tres de ellos 1,500 cargas en 6 días, ó sea 80 cargas próximamente por molino y por día.

La molienda sale por término medio, á razón de \$0.53 á \$0.55.

El motor es horizontal, de dos cilindros dispuestos en tandem; el de alta presión tiene distribución Corliss, el de baja, distribución de cajón. Puede desarrollar una fuerza de 120 caballos. La transmisión se efectúa por medio de bandas.

II

REACCIONES QUÍMICAS Ó SEA MARCHA DEL BENEFICIO.

En las haciendas de la Purísima Chica, Purísima Grande, Loreto y Guadalupe, está en práctica el procedimiento de patio. En la Unión el procedimiento Krönke.

En el procedimiento de patio los minerales pulverizados se mezclan con sal marina, sulfato de cobre y mercurio. Como resultado la mayor parte de la plata se separa de sus combinaciones sulfuradas y se disuelve en el mercurio amalgamándose; mas ¿cuáles son las reacciones que se verifican en el patio?

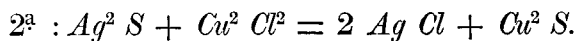
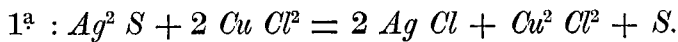
Hasta hoy la cuestión queda en pie. Gran número de experiencias se han hecho, y casi todas han llevado á sus autores á crear otras tantas teorías. Químicos reputados como Roswag, después de exponer varias fórmulas, no se decide por ninguna; dice: "Au lecteur a choisir" (Enciclopedia química, de Fremy. Métallurgie de l'argent par Roswag pag. 297.)

Rammelsberg se expresa así: "Gran número de errores se han cometido por Malaguti y Durocher y otros, respecto á la acción del cloruro cuproso en mezclas conteniendo sulfuro de plata. Dicen que la plata es puesta en liber-

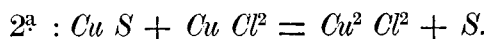
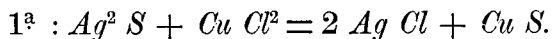
tad al estado metálico. Bajo este supuesto, han establecido varias teorías respecto al procedimiento de amalgamación. Estos errores han sido originados por haber empleado $Az H^3$ como agente en las investigaciones de la acción del $Cu^2 Cl^2$ sobre el $Ag^2 S$. El $Az H^3$ siendo un disolvente de $Ag Cl$, creyeron que si el último se formaba por la acción del cloruro cuproso sobre el sulfuro de plata, podía ser disuelto por el $Az H^3$, y entonces descubierto por precipitación según el método ordinario.

Pero cuando se agrega $Az H^3$ á una mezcla de $Ag Cl$ y $Cu^2 S$ hay lugar á doble descomposición, volviendo á regenerarse $Cu^2 Cl^2$ y $Cu^2 Cl^2 + Ag Cl$ ”.

El mismo químico al investigar la acción de los cloruros cúprico y cuproso sobre el sulfuro de plata, la expresa por las siguientes fórmulas:



En las experiencias hechas por el Profesor Huntington, se ve que la libertad del S es completamente debida á una reacción secundaria que tiene lugar imitadamente, y que puede expresarse así:



“La segunda reacción tiene lugar á medida que se produce la primera, la efectuarse la doble descomposición entre el cloruro cúprico y el sulfuro de plata, sucediendo que algo más de cloruro cúprico es llevado por el Cu del sulfuro correspondiente á cloruro inferior, de preferencia á combinarse ese Cu al S del sulfuro de plata; de tal manera que, en resumen, se produce $Ag Cl$, $Cu^2 Cl^2$ y S libre.”

Como se ve, las experiencias de Rammelsberg son de gran peso en favor de la cloruración de la plata.

Los elementos que se encuentran en presencia en el beneficio de amalgamación son los siguientes:



Es universalmente admitido que la primera reacción efectuada es la que expresa la siguiente fórmula:



El color verde que aparece justifica esta reacción.

¿Mas cuáles son las reacciones que inmediatamente siguen?

¿Tienen lugar incontinenti las acciones de los cloruros cúprico y cuproso sobre el sulfuro de plata?

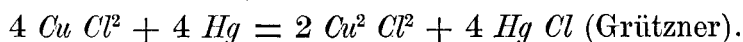
Es perfectamente conocida la resistencia de los compuestos naturales á en-

trar en reacción, y el tiempo que dura el beneficio es sin duda una prueba de la lentitud de las transformaciones que allí se efectúan; por el contrario; la acción de los metales sobre el bicloruro es muy enérgica y empieza tan pronto como se encuentran en presencia; ¿no es pues natural creer que la reacción que inmediatamente tiene lugar es la del *Hg* sobre el bicloruro?

Hemos observado el hecho siguiente: al incorporarse una torta, en los lugares en que ésta ha quedado con gran cantidad de agua, y por lo mismo la solución de *Na Cl* diluída, se forma tan luego como cae el *Hg* un precipitado blanco. Para nosotros este precipitado es el cloruro cuproso, formado por la acción reductora del *Hg* sobre el bicloruro, y que debido á dilución de la solución de *Na Cl* ha podido formarse.

Una prueba de la energía de la acción que los metales ejercen sobre el bicloruro, es la siguiente: Cuando una torta se calienta, el *Hg* se ataca fuertemente; se corrige este mal echando *Cu* precipitado. ¿Cuál es la acción de este cobre? Es evidente que transforma el bicloruro activo en cloruro cuproso inerte.

Creemos pues, que la segunda reacción que tiene lugar es la siguiente:

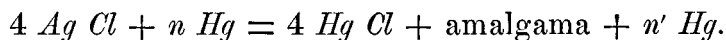


La acción reductora del *Hg* la ejercen también, sin duda, el *Fe* y la *Ag* que al estado metálico puedan encontrarse; pero siendo su cantidad insignificante en comparación con la del *Hg*, la acción de este debe predominar y por eso solamente esa expresamos en la fórmula.

La reacción siguiente es la del cloruro cuproso sobre el sulfuro de plata, expresada por la fórmula.



Y por último tenemos:



El *Hg* de la última reacción y el de la segunda, es perdido por completo; el consumido químico es pues, para un equivalente de *Ag*. dos de *Hg*; ó sea para 108 de *Ag*, 200 de *Hg*, ó para 1 de *Ag*, 1,85 de *Hg*.

En las haciendas de beneficio admiten que el consumido químico es en peso igual al peso de la plata obtenida; como se ve esto es un error, y error no despreciable: sin embargo, para hacer su liquidación en nada afecta tal suposición, pues el error que por defecto cometen al valuar el consumido químico lo cometen por exceso al valuar la pérdida mecánica, puesto que ésta la obtienen por diferencia.

Para más claridad pondremos un ejemplo.

HACIENDA DE LA PURÍSIMA GRANDE,

Torta núm, 902.

Reconocimiento.

Empleo.....		6,200	libras.
Patio, pella.....	1,782		
Azogue filtrado.....	3,785	5,567	„
Diferencia, ó sea pérdida en el patio.....		633	„

Capellina.

Entró pella.....		1,782	libras.
Salió rosca.....	420		
Azogue.....	1,362	1,782	„

1782 es *Hg* + *Ag* ó sea la amalgama; como toman el *Hg* perdido (consumido químico) igual al peso de *Ag* obtenida, entonces 1,782 viene á ser *Hg* que forma la amalgama, más *Hg* (consumido químico). A esto agregan el *Hg* filtrado, y comparado todo con el *Hg* empleado, obtienen una diferencia (en nuestro caso 633) que llaman pérdida en el patio. La pérdida total será pues: 420 de consumido químico, puesto que es el peso de plata obtenido más 633 de pérdida en el patio, igual á 1,053.

Si conforme con las fórmulas establecidas valuamos la pérdida química, tendremos: *Ag* producida 420; como el coeficiente es 1,85, el consumido químico será 777. Según el reconocimiento de capellina, el *Hg* de la amalgama es 1,362, y como el azogue filtrado es 3,785, la suma total, que es 5,924, comparada con 6,200 (*Hg* empleado), da por diferencia 276 que es la pérdida verdadera en el patio; pero $777 + 276 = 1,053$; luego para la liquidación puede aceptarse el modo de verificación usado.

Uno de los reactivos que debe emplearse con cuidado es el sulfato de cobre. En efecto, si hay un exceso, se tienen fuertes pérdidas de *Hg*; si por el contrario falta, las reacciones marchan lentamente, y afectan, como es natural la ganancia que puede obtenerse en un tiempo dado; pues es claro que mientras mayor sea el número de cargas que en el mismo tiempo se beneficien, mayor será la utilidad. Debo advertir que si la falta de reactivo no paraliza el beneficio, es debido á la acción oxidante del aire sobre el sulfuro de cobre formado en el curso de las reacciones, y sobre el que ya existe en el mineral; fórmasse bajo esta acción sulfato, que *Na Cl* transforma en bicloruro, pudiéndose así continuar las reacciones.

Es pues conveniente conocer la relación teórica que debe haber entre la plata y el sulfato.

Según las fórmulas anteriores, para un equivalente de *Ag* es necesario uno de *Cu*, ó sea, para uno de *Ag*, $\frac{32}{108} = 0.296$ de *Cu*; pero para 32 de cobre se necesitan 125 de sulfato, luego para 0.296 de *Cu*, ó uno de *Ag*, se necesitan $\frac{0,296 \times 125}{32} = 1,2$ de sulfato químicamente puro.

Esta es sin duda la cantidad mínima que debe ponerse.

Veamos ahora cuál es la marcha seguida en las haciendas.

Las lamas procedentes de la molienda se depositan en tanques llamados lameros, donde se almacena la cantidad de carga de que se quiera formar la torta. Se decanta sucesivamente el exceso de agua que tenga la molienda y, finalmente, se saca al patio. Por evaporación al aire libre se deseca la lama hasta que adquiera la pastosidad conveniente al beneficio. Para conseguir más fácilmente esta pastosidad, debe revolverse la torta lo mejor posible, á cuyo efecto se le dan de día los repasos necesarios y en la noche se quita el agua que suelta. Esta operación se llama *sangrar la torta*.

Para sacar las lamas al patio se hace uso de "Camones," tablas de encino aproximadamente de 0^m.305 de ancho, 0^m.051 de espesor y 1^m.829 de largo. Se emplean para este servicio mulas ó caballos. Por medio de cadenas se sujetan los camones á las colleras, y al tirar los caballos arrastran los camones que empujan delante de sí una porción de lama.

El patio es una superficie plana ligeramente inclinada desde los lameros hasta el lavadero para facilitar la salida de las lamas y su lavado después de beneficiadas.

La superficie del patio se pavimenta con madera ó losa. Los pisos de madera se hacen con tablas de 2^m.30 de largo, 0^m.457 de ancho y 0^m.075 á 0^m.09 de espesor. Se prepara el subsuelo estableciendo cortinas de mampostería con equidistancia de 1^m.25 y una altura que depende de la naturaleza del terreno. Sobre las cortinas se sientan los durmientes y se rellena entre cortina y cortina hasta el nivel superior de los durmientes, pisoneando suficientemente. Los durmientes son de madera con sección de 0^m.305 por 0^m.152, ó 0^m.254 por 0^m.152, ó 0^m.152 por 0^m.152. Sobre los durmientes se fijan las tablas con clavos, ó mejor con tarugos ó clavijas de madera; procurando siempre que quede un durmiente abajo de las cabeceras de dos tablas á lo largo. El empalme de las tablas se hace ó de caja y espiga longitudinal, ó con ranuras longitudinales en una y otra en la parte media del espesor y próximamente de 0^m.013 de ancho y 0^m.026 de profundidad. Entre dos tablas contiguas se introduce una tira de madera llamada *lengua* de 0^m.013 de espesor y 0^m.052 de ancho, que es la que ajusta el empalme. Estos pisos tienen la ventaja de que al humedecerse se ajustan perfectamente evitando la salida del mercurio y además conservan constantemente su nivel.

En los pisos de losa, se pisonea la superficie de que se disponga y sobre ella se colocan las losas junto con una argamasa compuesta de tezontle y cal. Esta junta no es muy duradera, se desprende fácilmente y proporciona la salida al mercurio. Bajo este concepto es preferible el piso de madera. Los pisos de losa presentan también el inconveniente de que al sentarse el subsuelo se sientan las losas, produciendo huecos que son molestos é incómodos para el lavadero. Duran más que los pisos de madera, pero como la principal economía que debe buscarse es la menor pérdida posible de mercurio, parecen preferibles estos últimos, máxime si se vigilan cuidadosamente para refaccionarlos ó reponer las tablas que se quiebren.

Se limita la superficie que debe ocupar una torta por medio de vigas dispuestas en trincheras que se fijan, sirviéndose preferentemente de cuerpos pesados, pues la costumbre de fijarlas con clavos como de 0.90 de largo, es nociva, porque destruye rápidamente los pisos. Se calcula esta superficie de manera que la torta quede con un espesor de 0^m.20 á 0^m.30 dejando al rededor una faja libre de 0^m.80 á 0^m.90 para el repaso mejor de las orillas.

Cuando la torta ya está en estado conveniente de pastosidad, se procede al incorporo de los ingredientes: sal, sulfato y mercurio; las proporciones en que éstos se mezclan varían entre los límites siguientes: sal 34½ á 92 kilos por 1,380 kilos de mineral, 2.5 á 6.7 por ciento; sulfato 2.3 á 4.6 kilos por 1,380 kilos de mineral; mercurio 3 kilos 220 gramos á 4 kilos 140 gramos por 460 gramos de plata, sea de 7 á 9 kilos de mercurio por kilo de plata.

Se agrega la sal distribuyéndola de manera que quede igualmente repartida en la torta. Al efecto se forman tantos montoncitos cuantos sacos de sal hayan de ponerse, reservando tres ó cuatro para la distribución del sulfato. Se procurará que los montoncitos de sal queden equidistantes. Se la extiende en seguida con la pala para cubrir los intermedios. En seguida se agrega el sulfato revolviéndolo de antemano con la sal que se ha reservado, se divide la torta en cuatro partes y á cada una se le pone la cuarta parte de sulfato, regándolo uniformemente. Se repasa para borrar la sal y el sulfato, y en seguida se pone la tercera parte ó la mitad del mercurio que deba emplearse. Este se introduce por medio de paños ó lienzos que sirven de bolsa al mercurio que, por su peso y el movimiento del balanceo que le da el peón, sale bajo forma de lluvia menuda á regar la torta. Se repasa para borrar el mercurio y se voltea la torta sin interrumpir el repaso. Dura cada repaso de 7 á 8 horas, y el número de caballos varía con las dimensiones de la torta; 30 caballos para una torta de 166 toneladas, sin que haya proporcionalidad. Antes de terminar el trabajo del día, se procede á echar al centro como un metro de la orilla de la torta, porque siendo las orillas las menos repasadas, deben ir al centro para uniformar el trabajo; y si la torta se seca mucho se la riega con agua y se deja perfectamente bien incorporada. Al día siguiente se continúa el trabajo de vuelta y repaso.

Respecto del agua, cuando se desee que una torta entre en beneficio rápido, ó avance más, se procurará llevarla dura; pero siempre á un grado tal que el caballo alcance con las pezuñas el piso del patio.

El carácter del beneficio se juzga por una operación llamada *tentadura*, que se repite dos ó tres veces por día. Se toman porciones de materia de diferentes puntos de la torta y se ponen en una jícara. Se la trabaja en seguida en una bandeja de agua lavándola para aislar principalmente el glóbulo de mercurio y la liz, que es mercurio sumamente dividido. El examen de estas dos partes de la tentadura resuelve el estado del beneficio.

Como es difícil introducir la cantidad de sulfato estrictamente necesaria, se está obligado á llevar la torta con un ligero exceso ó un ligero defecto. Un ligero exceso se manifestará por el color aperlado del glóbulo de mercurio.

rio y porque la liz también aperlada, lima. Una liz lima, cuando restregándola con el pulgar contra las paredes de la jícara abandona pella seca, "pasilla." Comprimiendo el glóbulo de mercurio, humea y restregándolo se percibe una huella blanquecina en las paredes de la jícara. El humo y la huella parecen ser calomel, y tal vez una sal de cobre y mercurio. Un ligero defecto, se revela por el aspecto brillante del glóbulo de mercurio y porque la liz lima en muy pequeña cantidad. Al correr el glóbulo en la jícara, hace *cola* con ligeros visos amarillentos que acusan un subóxido de mercurio y cobre.

Se llevará la torta con un ligero defecto de reactivo cuando se disponga de bastante caballada para repasarla suficientemente y que tal accidente se manifieste no estando la torta dura, puesto que llevándola á este estado se activa la energía del reactivo, acercándose á la marcha regular del beneficio sin adicionarle sulfato, cuyo empleo es peligroso en este grado del accidente.

Si la torta se lleva con un ligero exceso de sulfato, las reacciones son más enérgicas. Deben darse repasos moderados y evitar que la torta endurezca. El mercurio se expone á mayores pérdidas que en el caso de un ligero defecto de reactivo, la acción desmineralizadora es más enérgica y el beneficio marcha más aprisa. El azoguero ó beneficiador, teniendo en cuenta los factores tiempo y pérdida de mercurio, resolverá por cuál de las dos formas se decide: si por un ligero exceso ó un ligero defecto de sulfato.

El examen de tentaduras se completa con el ensaye de pella, por medio del cual se sabe el avance de la torta de un día á otro y aun de la mañana á la tarde. Cuando no se notare ningún adelanto ó un adelanto insignificante, y se haya diagnosticado un ligero defecto de reactivo, se recetará un repaso fuerte ayudado con la adición de una pequeña cantidad de sulfato.

El ensaye de pella se hace como sigue: Se saca una tentadura en cantidad suficiente para que se pueda tomar una muestra como de 230 gramos. Se lava muy cuidadosamente para que no se pierda nada de mercurio ni de liz. Se juntan estos en un solo botón ó glóbulo que se lleva á la oficina del laboratorio; se seca con papel Joseph ó en escorificadores secos y se pesa. En seguida se somete á la acción de un fuego moderado para que pierda la mayor parte del mercurio. La pella en este estado, enteramente sólida, se mete á la mufia para determinar la eliminación completa del mercurio. El botón de plata obtenido se llama *rosca*. Se pesa, y con este segundo dato y el "empleo" (cantidad total de mercurio puesta á la torta), se procede al cálculo de la fórmula siguiente:

$$Ag = \frac{Em \times R}{B + \frac{1}{n} R}$$

Ag = Plata amalgamada en la torta.

R = Rosca ó botón de plata obtenida de

B = Glóbulo de amalgama procedente de la tentadura

Em = Empleo

$\frac{1}{n}$ = Pérdida mecánica de mercurio por cada 230 gramos (1 marco de plata).

En los beneficios buenos ordinarios la pérdida total no excede de 345 gramos por cada 230 gramos de plata. Por tanto, la pérdida mecánica varía de 0 á 115 gramos; y el valor medio probable de $\frac{1}{n}$ es de 57.5 gramos (2 onzas) igual á $\frac{1}{4}$ de 230 gramos (1 marco).

Ex: $Em = 2,300$ kilogramos.

$B = 1,340$ miligramos.

$R = 133$ miligramos.

$$Ag = \frac{2300 \times 135}{1340 + \frac{135}{4}}$$

En lugar de pesar la rosca simplemente desazogada es preferible copelarla, agregando un poco de plomo á la copela cuando ya tenga la temperatura conveniente. Resulta: 1º la completa seguridad de que no hay nada de mercurio y 2º que en el cálculo se obtiene el número de kilos finos ó verdaderos, contenidos en la torta.

Deducción de la fórmula: Ag , Em , B y $\frac{1}{n}$ con los significados anteriores.

$P =$ Pella total de la plata.

$C =$ Consumido. Pérdidas química y mecánica. La pérdida química es de 1 á 1.

$$P : B :: Ag : R. \quad Ag = \frac{P \times R}{B} \quad (1)$$

$$P = Em + Ag - C; \quad C = Ag + \frac{1}{n} Ag \quad (\text{Relación en peso}).$$

$$P = Em + Ag - Ag - \frac{1}{n} Ag = Em - \frac{1}{n} Ag$$

Sustituyendo en (1):

$$Ag = \frac{(Em - \frac{1}{n} Ag) R}{B}$$

$$B \times Ag = Em \times R - \frac{1}{n} Ag \times R; \quad B \times Ag + \frac{1}{n} Ag \times R = Em \times R;$$

$$Ag (B + \frac{1}{n} R) = Em \times R.$$

$$Ag = \frac{Em \times R}{B + \frac{1}{n} R}$$

El rigor de esta fórmula no es matemático, porque entre sus datos está el valor hipotético del consumido que, como se reflexiona, es variable.

Sirve industrialmente para saber aproximadamente la cantidad de plata que se puede sacar de la torta el día del ensaye y para conocer el término del beneficio por la repetición de los resultados, suponiendo una buena marcha. Esta segunda aplicación es interesantísima, porque si la mufla indica que el beneficio ha terminado y no se procede al lavado en atención á que el re-

siduo de la torta acusa una ley alta, se expondría el mercurio á fuertes pérdidas por las acciones mecánico-químicas del trabajo de la torta. Este caso se presenta con molienda gruesa ó minerales rebeldes. De lo expuesto se desprende, que la práctica comunmente observada para juzgar que una torta ha rendido ó que el beneficio ha terminado, por la extinción completa de la limadura, es generalmente nociva, puesto que el trabajo mecánico ulterior al término de un beneficio tiende únicamente á subdividir el mercurio haciendo que la limadura ruede, y esta subdivisión implica naturalmente una mayor pérdida de mercurio.

La limadura, que es un magnífico signo para reconocer que una torta entra en beneficio, si persiste cuando el ensaye de pella indica que este ha terminado, revela condiciones químicas desfavorables. Se observa también cuando una torta está *tocada* (que tenga sulfato en ligero exceso); y ya para rendir, que el repaso, subdividiendo el mercurio, tiende naturalmente á subdividir la pella, de manera que hay una apariencia de mayor formación de pella, cuando en realidad sólo hay una subdivisión de la ya formada. En consecuencia, en estas condiciones, no debe considerarse la presencia de la limadura como una señal de trabajo ó adelanto de la torta.

Respecto al mercurio, cuando el glóbulo de amalgama de la tentadura es duro y cristalino y que al comprimirla contra las paredes de la jícara no suelta mercurio en gotas, indica que falta mercurio á la torta y es necesario agregarlo.

Los accidentes del beneficio son los siguientes:

- 1º—Accidentes ocasionados por falta de sulfato.—(frío).
- 2º—Accidentes ocasionados por exceso de sulfato.—(caliente).
- 3º—Acción de las estaciones climatológicas sobre el beneficio.

1º

Por falta de sulfato la torta puede estar: *A*, ligeramente fría; *B*, fría; y *C*, muy fría.

A: ligeramente fría, cuando tiene un ligero defecto de sulfato, de cuyos caracteres y tratamiento ya se habló antes.

B: fría, cuando el glóbulo de la tentadura se presenta envuelto por óxidos de cobre. La producción de plata es escasísima; el mercurio se subdivide de un modo notable y la liz no lima absolutamente; restregando la liz ruedan glóbulos brillantes de mercurio que difícilmente se juntan y hasta se sobreguan; comprimiendo con el pulgar el glóbulo de la tentadura, se obtiene una pella que contiene gran cantidad de cobre. Tratando el glóbulo por amoníaco, se observa al cabo de algunos instantes una coloración azul que revela en el glóbulo la presencia del cobre á un grado mínimo de oxidación. Se corrige este accidente poniendo la torta más dura, dando repasos fuertes y agregando sulfato en dosis que indica la práctica.

C: muy fría: El máximo de frío se manifiesta por la coloración enteramente negra de la película que cubre al glóbulo de mercurio de la tentadura. El deslizamiento es más fuerte que en el caso anterior; restregando la liz, resbalan glóbulos de mercurio, y al mismo tiempo se desprende un cuerpo pulverulento que ennegrece el agua; no hay nada de plata en la pella, la cual parece ser de puro cobre. Aparece el glóbulo aplastado y al moverlo en la jícara afecta una forma vermicular muy pronunciada. Se corrige con sulfato en dosis adecuadas y repasos.

2º

Por exceso de sulfato la torta puede estar:

A', ligeramente caliente; B', caliente, y C', muy caliente.

A', ligeramente caliente, cuando tiene un ligero exceso de sulfato, de cuyos caracteres y tratamiento ya se habló antes.

B', caliente: El glóbulo de mercurio de la tentadura aparece envuelto por una película gruesa de color aplomado, con ligeros reflejos tornasolados, indicando además del calomel, la presencia de un compuesto de cobre. Tratado el glóbulo por amoníaco, se manifiesta inmediatamente una coloración azul; una gran parte del mercurio se junta; el calomel queda en suspensión en el agua, adherido probablemente al mercurio muy dividido que no se junta y el glóbulo toma un aspecto brillante. La liz es abundante y lima mucho; restregándola se enturbia el agua. Comprimiendo la pella, hay igualmente enturbiamiento, y al restregarla contra las paredes de la jícara deja una huella blanco-pardusca. Se corrige este accidente agregando á la torta ya sea precipitado de cobre, cal, un carbonato alcalino ó hiposulfito de sosa.

C', muy caliente: No hay botón de mercurio, la amalgama se subdivide totalmente en glóbulos más ó menos pequeños y el enturbiamiento es excesivo. Tratado por amoníaco, se obtiene una coloración azul celeste inmediata, y más intensa que en el caso anterior, una parte del mercurio se reúne en glóbulo brillante, el calomel es más abundante, lo mismo que el mercurio muy dividido que no se puede juntar. Se corrige este accidente con los mismos reactivos que en el caso anterior, poco repaso y flojas ó muy poco pastosas las lamas.

Respecto al uso de estos reactivos cabe la observación siguiente: La cal, los carbonatos y el hiposulfito, tienden á destruir el subcloruro de cobre precipitando el óxido que es inactivo. El precipitado de cobre obra diferentemente: conserva el subcloruro y aun lo regenera, probablemente á expensas del compuesto que caracteriza una torta caliente, con más su acción química inmediata sobre el cloruro de cobre que transforma en subcloruro.

3º

Las reacciones en la torta son igualmente influenciadas por la temperatura y las condiciones atmosféricas. Las épocas más favorables son, la de la Primavera, Estío y Otoño. En el Invierno, el beneficio es más lento y se presenta el fenómeno singular de que las tortas se calientan en los días de mayor frío. Esto obliga á marchar con poco sulfato, exige una atención constante para componer las tortas calientes y se tarda más tiempo para rendirlas.

En la temporada de aguas se pierde mucho tiempo porque se aflojan las tortas, se disminuye la concentración de los reactivos y se paraliza por consecuencia el beneficio; pero no se observa ningún accidente de frío ó de calor.

Cuando por ensayos de pella y residuo se juzga que el beneficio ha terminado, se procede al lavado de la torta, preparándola de antemano (y esta es la costumbre general) con un baño de mercurio que es próximamente el 50 por ciento del empleo. Se voltea y repasa para incorporar este baño con la amalgama formada. En seguida, se agua suficientemente para aflojar las lamas y se arrastran éstas al lavadero con camones, en el que se pone bastante mercurio para recoger la pella que llevan consigo las lamas. Los lavaderos en el beneficio de patio se conocen con el nombre de lavaderos de cajón.

En la hacienda de la Purísima Chica, terminado el trabajo de patio, se aflojan un poco las tortas, de manera que no se pueda asentar el mercurio, y con bateas largas (tepestates) se echan las lamas en un primer cajón, en donde se hace llegar una cantidad de agua suficiente para aflojar completamente las lamas. Estas siguen por unas canales hasta el lavadero de cajón. A este lavadero se hace llegar agua por una canal opuesta á la en que vienen las lamas, de modo que las dos corrientes de agua y lamas caigan juntas á un *chiflón*. Para emplear poco mercurio en el lavadero, consiguiendo bastante altura, se pone abajo del chiflón un cajón de un metro cuadrado de superficie con mercurio, y un peón está allí removiendo constantemente las lamas para facilitar la incorporación de la pella. Al salir del lavadero la descarga pasa por una serie de *apuros* donde se pone mercurio, sobre todo en los primeros.

El trabajo se hace con peones que remueven constantemente las lamas.

Según la docilidad de los minerales, la habilidad del encargado del beneficio y las condiciones atmosféricas, una torta tarda para rendirse de 2 á 7 semanas. Se ve pues, que al procedimiento de patio es inherente el inconveniente de exigir mucho tiempo, ocasionando grandes pérdidas de mercurio y plata.

III, IV y V.

Separación de la amalgama del exceso del mercurio, destilación del mercurio de la amalgama y fundición de las barras.

Por filtración se separa la amalgama del exceso de mercurio, sirviéndose de sacos cónicos de tela llamados *mangas* que se suspenden á un anillo de

ferro. El peso de la amalgama que admiten, basta para determinar la filtración de la mayor parte del mercurio, el cual se recoge en un recipiente colocado abajo de la manga.

En seguida se destila la amalgama, sea en retortas de fierro horizontales, cuyo tubo de desprendimiento se somete á la acción refrigerante de una corriente continua de agua que determina la condensación del mercurio, ó bien colocando la amalgama en platillos de fierro puestos unos sobre otros y tapados por una campana vertical de fierro llamada *capellina*, todo cubierto por otra campana que comunica de un lado con el horno y del otro con la chimenea. El mercurio se condensa "per descensum" y se recoge en recipientes "ad hoc." La condensación se efectúa por la acción refrigerante de una corriente de agua.

La relación por ciento de la pella sometida á la destilación con la plata rosca obtenida, varía de 22 á 25.5. Frotando la plata rosca, hay un olor bastante perceptible de ácidos sulfhídrico y sulfuroso.

En hornos de viento se funde con bórax la plata rosca en crisoles de plombagina, y la plata fundida se cuela en *rieleras*, cuyas dimensiones varían según el tamaño de las barras que se deseen.

En la hacienda de la Purísima Chica el costo de beneficio por 138 kilos es, término medio, de \$0.75, y en la hacienda de Guadalupe, también término medio, es de \$1.09.

Estas dos haciendas benefician á maquila, de manera que la utilidad líquida que perciben por unidad de carga depende de las condiciones mismas de la maquila.

El rendimiento en plata en el procedimiento de patio, es de 88 á 90 por ciento de la ley. La pérdida efectiva es siempre menor que la indicada por el ensaye de residuos, porque el resultado es favorecido por error docimástico, que varía de 2.5 á 3.00 por ciento.

Los residuos comunes acusan una ley de 99 gramos de plata por tonelada. Un residuo de 67 gramos por tonelada es raro y de 83 gramos es bueno. Un residuo de 166 gramos es malo, mayor es inaceptable y menor tolerable.

Estos residuos se concentran en *planillas*. Consiste la planilla en una área plana ligeramente inclinada, de 3 metros de largo por 2 metros de ancho. En su extremidad inferior hay un recipiente con agua. Se hace un montón de lama en la parte superior de la planilla, y un peón hace la operación de lavado con una jícara ó una cuchara de cuerno. Como resultado de esta concentración, se obtiene una poca de amalgama escapada del lavadero y sulfuros argentíferos llamados *polvillos*. Estos polvillos ó se exportan ó se benefician mezclándolos con las lamas que salen de los aparatos de molienda.

En la hacienda de la Purísima Chica el trabajo de planillas es á contrata. Cuetsa, término medio, \$80.00 semanarios, recogándose de 2 toneladas 75 kilos á 2 toneladas 760 kilos de polvillos "de siete aguas" y 4.5 á 5.5 kilos de pella.

En las haciendas de la Purísima Grande y Loreto, las operaciones no presentan variantes con las ya descritas.

Ponemos á continuación la historia de varias tortas de las respectivas haciendas, con el objeto de que sea fácil comparar la marcha del beneficio.

PURÍSIMA CHICA.

Torta núm. 324. Metal del Bordo. 1,200 cargas, gabarro. Ley de lamas 3.70 marcos por montón. Contenido 444 marcos.

1895,		Sal @,	Sulfato libras,	Hg, libras,
Marzo 5.....	.....	900	700	.....
„ 6.....	Incorporo..	.....	.....	2,500
„ 10.....	Baño .....	.....	.....	2,000
„ 12.....	Canales.....	.....	.....	2,000
	TOTAL.....	900	700	6,500

Liquidación.

Pella al fuego	1,244 libras.
Azogue.....	5,157 „
Pérdida patio.....	99 „

SUMA..... 6,500

Hg perdido en patio.....	99 libras.
Consumido químico.....	205 „
Capellina.....	3 „

TOTAL..... 307 libras.

Siendo 409.68 marcos la *Ag* producida, la pérdida *Hg* por marco de plata es de 12 onzas.

La pérdida de *Ag* es de 7.72 por ciento.

GUADALUPE.

Torta núm. 1,143. Metal de Santa Gertrudis. 1,248 cargas de tierras y 752 de gabarro. Ley de lamas 9.20 marcos por montón. Contenido 1,840 marcos.

1896,		Sal @,	Sulfato libras,	Hg, libras,
Abril 1°.....	.....	1,200	3,000	.....
„ 11.....	Incorporo..	.....	.....	5,000
„ 12.....	.....	250	200	.....
„ 15.....	.....	50	75	.....
„ 23.....	.....	50	100	.....
„ 24.....	Incorporo..	.....	.....	2,350
„ 28.....	.....	50	125	.....
Mayo 14.....	Baño .....	.....	.....	1,840
„ 18.....	Canales .....	.....	.....	4,700
	TOTAL.....	1,600	3,500	13,890

Duró el beneficio 38 días.

Reconocimiento.

Sal consumida, 8 arrobas por montón.

Sulfato, 17 libras 8 onzas por montón.

Empleo.....		13,890 libras.
Patio, pella.....	3,223	
Hg filtrado.....	10,238	13,461 „
Pérdida patio		429 „

Capellina.

Entró pella.....		3,223 libras.
Salió rosca	796.4	
Azogue.....	2420.0	3.216.4 „
Pérdida capellina.....		6.6 „
Plata producida.....		1592.8 marcos.
Pérdida por ciento.....		13.4
Pérdida total de Hg.....		1,232 libras.
Pérdida por marco de Ag.....		12,4 onzas.

PURÍSIMA GRANDE.

Torta núm. 902. Mina de Cal y Canto. 1,200 cargas tierras. Ley de lamas 7.70 marcos. Contenido 924 marcos.

1896.		Sal @.	Sulfato libras.	Hg. libras.
Mayo 14.....	.....	840	600	.....
Mayo 15.....	Incorporo..	.....	.....	1,500
Mayo 22.....	.....	.....	30	.....
Mayo 28.....	Incorporo..	.....	.....	2,200
Junio 3.....	.....	.....	25	.....
Junio 5.....	.....	.....	25	.....
Junio 11.....	Baño .....	.....	.....	1,800
	Canales.....	.....	.....	700
		<hr/>	<hr/>	<hr/>
TOTAL.....		840	680	5,200

Reconocimiento.

Empleo.....		6,200 libras.
Patio, pella	1,782	
Hg filtrado.....	3,785	5,567 „
Pérdida patio.....		633 „

Capellina.

Entró pella.....		1,782 libras.
Salió rosca.....	420	
Azogue.....	1362	1,782 „
Plata producida.....		840 marcos.
Pérdida por ciento.....		9.1
Pérdida total de <i>Hg</i>		1,053 libras.
Pérdida por marco de plata		12.7 onzas.

LORETO.

Torta núm. 2,737. Metal de Barron. 405 cargas gabarro, 405 de tierras. Ley de lamas 7.40 marcos por montón. Contenido 599 marcos.

1896.		Sal @.	Sulfato libras.	Hg. libras.
Mayo 21.....		405	500	.....
Mayo 22.....	Incorporo..	.....	.....	2,100
Junio 17.....	Baño..	.....	.....	1,500
Junio 18.....	Canales .....	.....	.....	2,000
TOTAL.....				5,600

Reconocimiento.

Empleo.....		5,600 libras.
Patio pella.....	1,355	
Horruras.....	2	
Azogue.....	4,045	5,402 „
Pérdida patio.....		198 „

Capellina.

Entró pella		1,355 libras.
Salió rosca	300	
Caídos	22	
Azogue.....	1,033	1,355 „

Plata producida, 601 marcos; dos marcos más de los indicados por el ensaye.

Pérdida total de *Hg* 499 libras ó sea 13.3 onzas por marco de plata.

No es raro que en las haciendas resulte más plata de la que indica el ensaye, siendo esto una prueba inconcusa de su poca exactitud; y como estos ensayes sirven de base para valuar la pérdida de plata, tal valuación es solo aproximada.

El beneficio sale en Loreto á razón de \$1.70 por carga y en Guadalupe á \$1.21.

Por término medio el beneficio en las haciendas de Pachuca sale á \$1.50 la carga; según esto la ley que igualaría sus gastos sería la de 15 onzas por montón; pero siendo la pérdida de plata el 7 por ciento, la ley mínima sería 16 onzas ó 2 marcos por montón.

Tenemos que agregar aquí algunas notas complementarias, de cómo es practicado el beneficio en otras haciendas.

En la hacienda de la Unión. el mineral pulverizado á un grado de finura suficiente es llevado por una corriente de agua á unos lameros, cayendo alternativamente de unos á otros. Cuando un lamero se llena, se extienden las lamas sobre una superficie plana para que se sequen.

Cuando el grado de humedad que conservan es de un 2 por ciento, se pulverizan á golpe con palas ó rastrillo.

El beneficio se hace en 13 toneles, cada uno de los cuales tiene una capacidad de 4 toneladas 460 kilos, con longitud de 2.50 metros y diámetro de un metro 90 centímetros. Durante el beneficio giran con una velocidad de 4½ revoluciones por minuto.

La cantidad de lama que corresponde á cada tonel se deposita en las tolvas de carga. Se introduce en el tonel la cantidad de agua hirviendo que sea necesaria para que la lama en beneficio tenga una humedad de 30 por ciento, se añade la sal y *el reactivo*, se tapa y se hace girar para disolver la sal y extender el reactivo á toda la solución, persiguiendo la repartición igual para obtener un incorporo homogéneo de las lamas. Esta operación dura una media hora. Se para el tonel para introducir las lamas y se continúa el movimiento. Una hora después se reconoce si las lamas tienen la humedad indicada. Satisfechas las condiciones requeridas, se agrega todo el mercurio, cuya cantidad depende naturalmente de la ley. (Opinan algunos que se disminuyen las pérdidas en mercurio empleando zinc en tiras delgadas y cobre precipitado ó en amalgama).

Se prepara el reactivo usado en este procedimiento de la manera siguiente: Se pone sulfato de cobre con el doble de su peso de sal marina en agua ligeramente acidulada con ácido sulfúrico, y en cantidad suficiente para que se disuelvan (6 kilos de sulfato, 12 kilos de sal y 500 gramos de ácido sulfúrico para 4 toneladas 140 kilos de lama). Se calienta inyectando vapor por medio de un tubo de madera y se suspenden unas láminas de cobre. Pasado algún tiempo se inicia la formación del subcloruro de cobre, lo cual se conoce por el cambio de color de la solución, y el final de la reacción se acusa por el precipitado lechoso abundante que forma una gota sobre agua fría exenta de sal y ácido. Se reconoce igualmente el fin de la reacción empleando el amoníaco. El reactivo debe usarse inmediatamente para evitar su alteración. Puede conservarse hasta dos días añadiendo hiposulfito de sosa (próximamente 1 kilo para los datos antes mencionados).

La cantidad de sal empleada para metales comunes cuya ley no exceda de 1.5 á 2 kilos de plata por tonelada, es generalmente de 3.3 á 4.2 por ciento.

Terminado el trabajo de toneles se lava para recoger la amalgama. Se fil-

tra en seguida para separar el exceso de mercurio y se destila. La plata rosca obtenida se funde con nitro y bórax.

Los toneles y lavaderos son accionados en la hacienda de la Unión por una máquina Corliss-Compound, con fuerza de 150 á 170 caballos de vapor. Moviendo los 13 toneles se sacó un diagrama con indicador Tabor, usando en el cilindro de alta presión, resorte núm. 60, y en el Compound resorte núm. 10. Se obtuvo el resultado siguiente: $I \times H \times P = 63.845$ caballos indicados.

En la hacienda de Bartolomé de Medina el beneficio se hace por panes y toneles.

Los panes son continuos, en número de 6 y tienen de capacidad un montón y tercio.

Tienen dos *settlers* para los seis panes.

Los toneles son siete; 5 de 25 cargas y 2 de 30.

Usan como reactivo el cloruro cuproso previamente preparado, y por *Hg* la amalgama que sale de los panes.

Benefician 1,500 cargas semanarias.

La pérdida de *Hg* en los toneles es de 10 onzas por marco de *Ag* y de 8 en los panes.

El costo de beneficio es de \$1.40 por carga.

Para estudiar detenidamente el beneficio de panes hemos elegido las haciendas de San Francisco de Maravillas y Progreso, por ser el único método que en ellas se sigue y porque siendo bastante modernas las instalaciones, reúnen todas las mejoras que en dicho sistema de beneficio se han introducido.

El sistema de panes aplicado por primera vez en el Distrito de Washoe en 1861, ha tomado un gran desarrollo debido á la facilidad y economía con que se efectúa la amalgamación. Gradualmente se ha ido modificando sobre todo en la parte mecánica, á medida que la experiencia indicaba los defectos de los aparatos sucesivamente empleados. Como el calor favorece las reacciones químicas que en los panes se verifican, se calentaban éstos haciendo llegar al pan el vapor de escape de la máquina motriz; pero se observó que la grasa que el vapor acarrea, dificultaba la amalgamación, y entonces, el pan empezó á ser calentado con agua y vapor que se hacían llegar directamente de la caldera. Este medio de calentamiento tenía el inconveniente de disminuir el grado de fluidez de la lama, siendo además poco económico; entonces se empezaron á usar los dobles fondos de fierro, haciendo circular el vapor por el espacio libre entre ellos, pudiendo así utilizarse sin inconveniente el vapor que salía de los cilindros.

Buscando el mejor medio de producir una agitación constante y un perfecto contacto entre la lama y el mercurio, se fueron modificando poco á poco los fondos, los *mullers* (caballos), en fin, todas las piezas del pan, dando lugar á una serie numerosa de patentes más ó menos ventajosas.

Finalmente, procurando simplificar el procedimiento lo más que fuera posible, sistematizarlo, evitar transporte de lama, mercurio y simplificar otras

operaciones manuales, el Sr. M. P. Boss llegó á á reunir á la sencillez en la instalación y en la marcha, todas las condiciones que tienden á aumentar el rendimiento.

Las principales ventajas del procedimiento continuo ó *sistema Boss*, sobre la amalgamación no continua, son: menor gasto de trabajo mecánico, de combustible y de azogue, y mayor rendimiento.

El grado de fluidez de la lama, que debe ser tal que le permita correr fácilmente de un pan al siguiente, hace que la resistencia al movimiento de los mullers y la inercia de la pulpa sean menores, y naturalmente se disminuye el esfuerzo necesario y por consiguiente el combustible quemado. La misma fluidez de la lama hace su movimiento más fácil, pudiendo ser lanzada del centro del pan á la circunferencia por debajo del muller para volver al centro del pan por la superficie superior, donde encontrando menor agitación vuelve al fondo y se pone otra vez en contacto íntimo con el azogue, al pasar del centro á la circunferencia por debajo del muller.

El mercurio se encuentra en un medio que le permite reunirse con facilidad, y como además el pan tiene la disposición necesaria para que el muller se aproxime ó se aleje más ó menos del fondo, se puede hacer que la fricción entre la pulpa y el mercurio no pase de determinado límite, circunstancia que con la anterior concurre para evitar la excesiva división del azogue y la pérdida resultante.

El elevado rendimiento es debido al íntimo, perfecto y continuado contacto entre el mineral y el mercurio, así como á la energía de las reacciones químicas favorecidas directamente por la elevación de temperatura de la pulpa.

La disposición de los panes al mismo nivel disminuye el espacio necesario para la instalación, y por consiguiente es más económico.

Todas estas condiciones unidas á varias disposiciones bien estudiadas en las transmisiones y demás mecanismos, han hecho que el sistema de panes continuos de M. P. Boss, amparado por un privilegio del Gobierno mexicano, de fecha 23 de Septiembre de 1882, haya sido aceptado en muchas partes de la República y en Pachuca en las haciendas de Bartolomé de Medina, San Francisco de Maravillas y Progreso, de las que sólo las dos últimas describiremos por las razones ya expuestas.

San Francisco de Maravillas.—Con el fin de beneficiar los metales de poca ley que se encuentran en abundancia en las minas del Zotol, Maravillas, etc., se instaló inmediata al Zotol la hacienda de San Francisco.

Los minerales vienen desde la boca del tiro del Zotol por una vía herrada de 60 centímetros, siendo recibidos en la hacienda en unas tolvas de donde pasan á dos quebradoras que los reducen á fragmentos muy pequeños; de las quebradoras pasa el mineral á una serie de mazos dispuestos en seis baterías de cinco mazos cada uno. El peso del mazo es de 1,050 libras (475,^k650), la caída de 5½" (0^m165) y dan 104 golpes por minuto; puede moler cada mazo 3 toneladas en 24 horas. La lama sale de los mazos pasando por telas del número 20 y en seguida atraviesa una serie de remoladores, dos para cada ba-

tería, saliendo de éstos la molienda con tal grado de finura que según la opinión del Sr. M. P. Boss, puede pasar por una malla del número 100. El diámetro de los remoladores es de 3' (0^m914) marchando con 190 revoluciones por minuto.

La cantidad de fierro introducida en la molienda se estima en 2,5 libras (1^k133) por tonelada.

De los remoladores pasa la pulpa á un tonel mezclador de madera, donde se le agregan los reactivos en la proporción de 16 á 20 libras (7^k248 á 9^k160) por tonelada y 3½ partes de sal por una de sulfato.

En seguida entra la lama á una serie continuada de 15 panes, 2 Standard y 13 de mampostería revestida de cemento. El fondo de éstos es doble, de fierro, teniendo además un segmento de fierro que forma la parte de tina común á dos panes adyacentes y que siendo hueca recibe vapor para ayudar al calentamiento de la lama. El diámetro de los panes es de 5' (1^m525) y dan 75 revoluciones por minuto. El mercurio que circula por esta serie de panes viene de un tanque distribuidor al que se hace subir después de filtrado para quitarle la amalgama por medio de una bomba; llaves convenientemente colocadas permiten hacer su distribución.

A continuación de los panes se encuentran tres asentadores ó lavaderos (Settlers) de 8' (2^m440) de diámetro marchando con velocidad de 16 vueltas por minuto.

La pella se limpia en un pequeño pan y se quema después en dos retortas horizontales "Frazer and Chalmers" de 2,000 libras de capacidad cada una.

La cantidad de metal beneficiado por día de 24 horas varía de 600 á 650 cargas (de 83 á 90 toneladas), la ley varía entre 3 y 5 marcos por montón (0,5 á 0,83 milésimos), con una pérdida de azogue de 2,5 á 3 libras por tonelada (1^k132 á 1^k35 por tonelada). El rendimiento es de 70 por ciento; pero el Sr. Boss asegura que con metales dóciles puede elevarse á 90 por ciento.

La lama que sale de los settlers pasa por tres planillones, y en seguida se deja asentar y se concentran los polvillos en 15 planillas comunes.

La fuerza motriz es suministrada por una máquina Corliss de un solo cilindro horizontal de doble efecto, con volante que da 70 revoluciones. El vapor necesario es generado en 2 calderas Standard y tienen de 90 á 100 libras de presión por pulgada cuadrada (6,3 á 7 k. por centímetro cuadrado) y se consumen 7½ toneladas de carbón en 24 horas.

Hacienda del Progreso.—La antigua hacienda del Progreso ha sido recientemente modificada, adoptándose el sistema de panes continuos.

Está movida por una máquina marcada Widmann Steuering B. R. B. número 48,833; es de dos cilindros compound con las dimensiones siguientes:

Cilindro chico, diámetro 20" (0^m508) carrera 6' (1^m827).

Cilindro grande, diámetro 40" (1^m016) carrera 6' (1^m827).

Cilindro chico, presión 5 atmósferas.

Cilindro grande, presión 2 atmósferas.

Volante que da 60 revoluciones por minuto.

La molienda se hace en 10 baterías de 5 mazos y 14 remoladores. El peso de cada mazo es de 850 libras (385,05^{ks}) y caída de 6½" (0^m165) dando 104 golpes por minuto. Los remoladores de 32" (0^m813) de diámetro, caminan con 240 revoluciones en el mismo tiempo.

En lugar de tonel mezclador se usa aquí un pan mezclador Boss para la adición de los reactivos.

La poca velocidad con que marcha este pan hace que el mineral y los reactivos permanezcan largo tiempo en contacto antes de entrar á los panes amalgamadores; además, la poca densidad de los reactivos hace que la solución sea más concentrada en la parte superior por donde se hace el escurrimiento; la pulpa, más pesada, se va al fondo, de donde es obligada á salir por una aleta de la tina colocada cerca del tubo de salida; de esta manera se obtiene el mejor grado de eficiencia y economía en el empleo de los reactivos.

Los panes son Standard (tina de madera y fondo doble de fierro) en número de 16, de 4' 6" (1^m372) de diámetro y marchan con 75 revoluciones.

Los lavaderos son cuatro, de 8' diámetro (2^m44) y dan 23 revoluciones.

La capacidad de la hacienda es de 800 cargas en 24 horas (110 toneladas diarias). Beneficia metales de Maravillas de 3 á 6 marcos (0.5 á 1 milésimo) y el rendimiento, cantidad de fierro introducida en la molienda, pérdida de mercurio, &, son lo mismo que en la hacienda de San Francisco. El consumo de carbón es 8 toneladas diarias.

No habiendo sido posible obtener diagramas en ninguna de estas dos haciendas con el fin de calcular el trabajo que los mazos, remoladores, panes y lavaderos, respectivamente consumen, pongo á continuación los datos que sobre el particular pudimos recoger.

Trabajo consumido por mazo de 2,5 á 3 H. P.

Trabajo consumido por remolador de 4 á 5 H. P.

Trabajo consumido por pan, de 2,5 á 3 H. P.

Trabajo consumido por settler, de 1 á 1½ H. P.

El costo de beneficio por montón de mineral es próximamente de \$10.00.

Aplicado este procedimiento á metales convenientes, es decir, á minerales que contengan plata nativa y sulfuros de plata, con cantidades pequeñas de sulfo-antimoniuros y sulfo-arseniuros, pirita, blenda y galena, es fácil obtener muy buenos rendimientos; pero si los sulfo-antimoniuros (polybasita, Stefanita, Pyrargyrita y Miargyrita), y sulfo-arseniuros de plata (proustita) la pirita, la galena y la blenda dominan, los minerales no son propios para este procedimiento sin previo tueste.

Respecto á las reacciones que en el pan se verifican sólo diremos que nos parece son en esencia las mismas que en el procedimiento de patio, modificadas por la presencia del fierro en gran cantidad y activadas por la elevación de temperatura. En efecto, la formación del cloruro cúprico no puede negarse, mucho menos cuando la mezcla de los reactivos (sal y sulfato) se hace en tina ó tonel de madera.

Tampoco puede ponerse en duda la reducción del cloruro cúprico en cuproso, sólo que aquí es producida principalmente por el fierro que está en exceso, evitando así que el mercurio sea el reductor principal como pasa en el patio donde éste domina, razón que explica la menor pérdida de *Hg* en los panes.

Parte del cloruro cuproso obra sobre el sulfato de plata produciendo cloruro, reducido después por el fierro y el mercurio, y dando plata que se amalgama. La otra parte de cloruro cuproso es reducida por el fierro con precipitación de cobre metálico que se amalgama, y de allí resulta el que la plata de panes sea cuprosa.

