

# MINERALOGIA APLICADA

---

## BENEFICIO DEL CUARZO AURÍFERO EN EL MINERAL DEL ORO

---

### MEMORIA

REMITIDA A LA SOCIEDAD MEXICANA DE HISTORIA NATURAL,  
POR EL SR. D. SANTIAGO RAMIREZ, SOCIO CORRESPONSAL EN ESE LUGAR.

El mas general de los procedimientos metalúrgicos conocidos hasta ahora para la extraccion de la plata y el oro de sus diferentes minerales, es el método llamado de *amalgamacion*, que fundado en la grande afinidad que tienen dichos metales con el mercurio, consiste en poner este último en contacto con los primeros en circunstancias favorables para formar una amalgama más ó ménos fluida, de la cual se separe el mercurio por la accion sucesiva de la presión y del calor.

Los detalles particulares que constituyen el procedimiento general, ó lo que es lo mismo, el empleo de los medios que conducen á este resultado, varia con la naturaleza de los minerales, segun que el metal que se trata de beneficiar esté oculto ó químicamente retenido en una combinacion, ó simplemente adherido á su matriz que lo contiene en el estado nativo.

En este último caso se encuentra el oro en el distrito mineral que lleva este nombre, cuyo metal está diseminado en particulas invisibles sobre el cuarzo que le sirve de matriz, y que es la masa general de las vetas en que aquel

se encuentra, donde se reconoce puramente por los caracteres empíricos (*pinta*).

No obstante este modo de ser, que es el comun, el oro se encuentra tambien ligado con la plata, que existe, parte en el estado nativo y parte en el de sulfuro, bromuro y cloruro, cuyos compuestos aparecen en la tentadura (*polvillos*), y son fáciles de reconocer por los caracteres mineralógicos que se descubren despues de molidos y deslamados, siendo el principal de estos caracteres el color.

Cuando estos compuestos están en proporcion determinada, se distinguen y reconocen en el mineral pepenado (*limpio*) y aun en las labores ántes de separado de la roca.

Concretando este estudio á los metales que entran inmediata y directamente á la amalgamacion, voy á hacer una reseña general del procedimiento empleado en el Mineral del Oro, exponiendo mi juicio y mis observaciones sobre él.

La parte primera, y una de las mas importantes de todo beneficio, sea cual fuere el grado de sencillez que se le suponga, es la *preparacion mecánica de los minerales*, que en nuestro caso consta de cuatro partes distintas.

La primera consiste en la tosca separacion que en las labores practican los mismos barreteros, sobre todo, cuando la *pinta* metálica es estrecha, ó cuando el metal *está angosto*, segun la expresion de los trabajadores: esta separacion la hacen generalmente á mano ó sirviéndose del *marro* cuando es necesario romper alguna piedra: la parte desechada es conducida á los puntos destinados á recibirla, ó bien se emplea en *retacar camas*, obstruir pasos, cegar pozos, cerrar comunicaciones, etc.: el mineral es trasportado al tiro de *manteo* para su extraccion al patio. Allí se le somete á la doble operacion conocida con los nombres de *quiebra* y *pepena*, por la cual se reducen las dimensiones de los fragmentos grandes, y se separa de la parte estéril—que es en seguida arrojada al terrero—aquella en que el metal está, por decirlo así, localizado. Esta doble operacion, que es la segunda parte de la preparacion mecánica, tiene por objeto: 1.º Facilitar las manipulaciones y operaciones posteriores, que serian muy embarazosas si los fragmentos fueran demasiado grandes. 2.º Hacer subir la ley del mineral quitándole la parte estéril, sobre la cual se repartiria el metal sin esta separacion. 3.º Disminuir el costo del transporte exterior y el *granceo*. 4.º No cargar á los *arrastres* sino la cantidad estrictamente necesaria de materia inútil, la que, puesta en exceso, haria la *molienda* incosteable.

La tercera operacion es el *granceo*: por éste, el mineral recibiendo el golpe de la *almadaneta* sobre la *chapa*, se reduce á pedazos más ó menos pequeños, que saltando por el efecto del choque, caén á una criba colocada en

plano inclinado y son agitados sobre ella, resultando de esta agitacion que los fragmentos que tienen 15 milímetros cúbicos, ó ménos, pasan por los agujeros de la criba y son recibidos en un cajon, de donde se llevan al grancero ó rezago, se pesan y se colocan segun su riqueza en oro y plata.

Reducido el mineral á este estado, que se llama *granza*, se lleva á la galera para someterlo á la *porfirizacion*, que es la última parte de la preparacion mecánica, y á la *amalgamacion* que es la parte esencial del beneficio.

El aparato en que tiene lugar esta doble operacion, es el muy sencillo y general conocido con el nombre de *tahona* ó *arrastre*, y consiste en una excavacion circular de 0.35 de profundidad practicada en el piso de la galera, limitada por duelas ó *camones* de pino, tan estrecha y sólidamente unidos, que no permiten el paso á la luz é impiden por consiguiente la salida del agua. Esta excavacion está cubierta con piedra, la cual constituye el fondo, que es acaso la parte mas importante del arrastre.

Su construccion varia segun que el arrastre se emplee solamente en la *porfirizacion*, ó que debe tambien servir para efectuar la *amalgama*; y aun en este caso hay diferencias esenciales, segun que se use el mercurio puro ó amalgamado con alguno de los metales que para esto se emplean (*plata, cobre* ó *zinc*) formando *pella*. En este último caso se construye el fondo poniendo verticalmente y en contacto unas con otras las piedras llamadas *tacos*: su forma se aproxima á la de una pirámide rectangular, truncada, cuya base mayor vuelta hácia arriba, constituye el fondo propiamente dicho.

Las dimensiones médias de un taco son las siguientes:

Altura del tronco de la pirámide . . . . .	0.35 metros.
Area de la base mayor . . . . .	0.15 × 0.10 ,,
Area de la cara de truncamiento . . . . .	0.10 × 0.08 ,,

En la construccion del fondo debe procurarse: 1.º Que los *tacos* queden colocados verticalmente; 2.º Que sus caras libres se conserven á la misma altura, para que la superficie de molienda sea perfectamente horizontal; 3.º Que estén fuertemente apretados unos por otros para evitar los movimientos que serian muy desfavorables; 4.º Que las caras de contacto de dos tacos contiguos, no sigan la misma direccion, pues de este modo se formarían canales en las que, depositándose la *granza*, no sufriria la friccion de la piedra.

Como la forma de los tacos no tiene la regularidad geométrica que se le ha atribuido al definirla, quedan entre ellos grandes espacios que se llenan con fragmentos proporcionados de piedra de la misma clase, cuyos fragmentos,

que se designan con el nombre de *ripio*, se fijan por golpes de mazo. Los pequeños intersticios que aun quedan, se llenan en seguida con la *cabecilla* y sirven de depósito á la pella, por lo cual se les designa con el nombre de *criaderos*.

Quando solo se emplea el mercurio para efectuar la amalgama, los tacos tienen mayor seccion y se les llama de *banco*.

Del centro de la excavacion en que se coloca el taco, se levanta un poste cilíndrico cuya base superior está redondeada, presentando la forma que afectaria si se hubiera colocado sobre ella un casco esférico de la misma base. Esta pieza, llamada *cepo*, tiene 0.15 de diámetro y en su altura sobresale un poco de la cara del taco ó el fondo del arrastre. En su centro hay una excavacion cuadrada de 0.065 por lado, en la que se ajusta el *tejuelo*, pieza de acero templado, de la misma seccion, de 0.05 de espesor y de 2.5 libras de peso, pero ahuecada en su centro en forma cónica, á propósito para recibir el guijo: esta pieza, tambien de fierro, tiene la forma de un cono invertido cuyo vértice descansa en la excavacion del tejuelo: en su base se ensancha en forma de cruz, por donde se fija al *peon*. La altura de este cono es de 0.15: las dimensiones de la cruz son proporcionadas, y el peso de 6 libras.

El *peon* es una pieza de madera de forma prismática, que tiene 1.60 de longitud y  $0.14 \times 0.14$  de seccion: en su base inferior está labrado circularmente y reforzado por un cincho de fierro que pesa 5 libras.

El *peon* está sostenido en su base inferior por el guijo, y en la superior por una espiga cilíndrica introducida en la abertura circular de una pieza fija á la *gualdra*, que se llama *maimona*, y tiene 0.60 de longitud, 0.20 de latitud y 0.10 de espesor.

A 1.00 de altura, el *peon* está atravesado por dos piezas de madera colocadas perpendicularmente: la una se llama *espeque* y tiene 5.85 de longitud; la otra se llama *cruz*, y tiene 3.25. En las extremidades del espeque, que están equidistantes del centro, se colocan las mulas. Esta disposicion es ventajosa, en cuanto á que produce igualdad en el esfuerzo, puesto que las dos mulas obran sobre brazos iguales de palanca; pero en la práctica desaparece esta ventaja teórica por la falta de uniformidad en el movimiento, pues sucede frecuentemente que caminando las mulas con diferente velocidad, la que va mas aprisa vence toda la resistencia, y la otra, por el contrario, va recibiendo los golpes del espeque.

Esta falta de uniformidad acelera la fatiga de los animales y determina un mal resultado en la porfirizacion, por cuya circunstancia en algunas haciendas del pais uncen las dos mulas en la misma extremidad, lo cual, si bien es cierto que destruye la igualdad en el trabajo motor, puesto que son desigua-

les los brazos de palanca en que transmiten sus esfuerzos las mulas, se obtiene, en compensación, la uniformidad en el efecto, pues colocadas de este modo marchan siempre al mismo paso.

En esta disposición, las dos extremidades del espeque reciben diversos nombres: la que sobresale y lleva las mulas se llama *cabeza del espeque*, y la otra *cola del espeque*. Las mulas á su vez se designan con los nombres de *capitana* la de afuera, y *de rueda* la de adentro. La cara horizontal superior del espeque, así como la de la cruz está escamada, disposición adoptada para asegurar las lias que fijan las piedras *voladoras*. Estas piedras, llamadas también *piedras de mano* ó *metlapiles*, consisten en una masa prismática de pórfido igual al taco, que tiene por término medio  $0.40 \times 0.35$  de sección, y 1.25 de altura, cuyas dimensiones determinan un volumen de 0.175 metros cúbicos: la densidad de este pórfido (término medio de 20 experiencias), es 2.59; así el peso medio de una piedra voladora es de 9.85 quintales (453.25 kils.)

La cara de contacto, que es generalmente la menor de las dos laterales, para aprovechar el peso máximo de la piedra, se designa con el nombre de *asiento*, y se labra ligeramente para destruir las asperezas naturales de la piedra, sin lo cual la molienda no quedaria afinada y el fondo del arrastre se deterioraria muy pronto. En la cara adyacente, y cerca de la arista superior, se fijan, haciendo unos taladros, las *estacas* que llevan las *lias*. Cada arrastre tiene cuatro piedras, que se colocan dos en el espeque y dos en la cruz: en esta colocación debe procurarse: 1º Que una de las piedras toque el *camon* y la inmediata el *cepo*, á fin de que el fondo sufra el mismo rozamiento, y experimente por lo mismo, igual gasto en toda su extensión; el espacio libre facilita la circulación de la lama. 2º Que las lias estén convenientemente inclinadas, para que se aproveche el mayor peso de la piedra; como el tiro en esta es oblicuo, se puede considerar como la resultante de dos fuerzas, una vertical, que obrando de abajo arriba, es contraria á la pesantez, y se opone por consiguiente al efecto; y la otra horizontal, que por sí sola lo produce: y como el valor de esta componente está en función del coseno del ángulo de inclinación de las lias, mientras mayor sea este ángulo, menor será su coseno, y menor también la fuerza cuyo valor determina, y en el caso de que las lias fueran verticales, esto es, que su ángulo de inclinación fuera de 90º, la componente horizontal seria nula y la vertical obraria aisladamente, teniendo en suspensión á la piedra, que no moleria. 3º Que el asiento esté ligeramente inclinado en la dirección del movimiento, pues de otro modo no podria pasar la granza por debajo, y la piedra la desviaria en vez de molerla. 4º No emplear todas las piedras nuevas, pues por perfecto que sea el

pulimento de los asientos, nunca es el que se necesita para afinar la molienda, cuyo grado solo se obtiene por el uso de algunos dias. Esta precaucion es mas necesaria en los arrastres nuevos ó recientemente enfondados. 5° Que las dos lias tengan la misma longitud, para que la piedra conserve en su movimiento, una posicion paralela al brazo que la sostiene. 6° Que las estacas estén, respecto de la piedra, en la direccion de las lias, pues estando oblicuas, quedan expuestas á romperse. 7° Que las lias tengan la longitud conveniente, á fin de que no soporten otra resistencia que la debida al rozamiento. 8° Que las piedras mas pesadas estén en el espeque y tocando los camones.

La pieza á que está fija la *maimona* y sostiene el peon, se denomina *gualdra*: tiene 5. 90 de longitud, por  $0.25 \times 0.15$  de seccion, y está sostenida por dos piés derechos de 2.50 de longitud, por  $0.25 \times 0.05$  de seccion, llamados *esteos*. Cada gualdra se ensambla con las inmediatas, lo cual determina bastante solidez en el conjunto.

Concluida la construccion del arrastre, todavia no se encuentra éste en disposicion de servir, tanto por las asperezas de la cabeza del taco, cuanto por los huecos que quedan entre éste y el ripio, los cuales, por pequeños que sean, son siempre capaces de dejar pasar la granza, que no seria molida, y el mercurio, que no podria ponerse en contacto con el mineral. Es, por lo mismo, necesario, preparar el arrastre; lo que se consigue cargándolo con *jales* de los obtenidos en los descargues anteriores, ó bien con tierras pobres, y poniéndolo en movimiento con una ó dos piedras; de esta manera los *jales* se extienden sobre toda la superficie del arrastre, penetrando en los huecos mencionados y poniendo sucesivamente mayor cantidad, estos se van retacando hasta formar una superficie muy firme, si bien bastante elástica para recoger la *pella* á medida que se va formando. A esta operacion preparatoria se le llama *asentar el arrastre*.

Cuando el arrastre presenta una superficie rigurosamente pulida: cuando por el roce continuo de las piedras se ha puesto fuera de duda la firmeza de su fondo: cuando todos sus huecos se han llenado con la cabecilla, y han sido bien retacados, se pone una piedra más, y se carga granzon, del que resulta de cernir tierras, y que es mucho mas grueso que la granza obtenida en el mortero. El objeto de esta carga es acabar de destruir las asperezas que han quedado en el fondo. Cuando esta primera molienda se ha concluido, se carga granza beneficiable en la cantidad normal, que es de 5 quintales. Despues de seis ú ocho horas, cuando el mineral se presenta al tacto ligeramete áspero, y la lama presenta una superficie granujenta, se procede á *empellar el arrastre*. Esta operacion consiste en mezclar de 4 á 6 libras de

pella de plata ó cobre, con el doble de su peso de *cabecilla*, y esparcir esta mezcla por igual sobre todo el fondo. Por un momento la pella se mezcla con la lama; pero despues, en virtud de su mayor gravedad especifica, desciende hasta el fondo, donde es removida por las piedras, puesta en contacto con el mineral que se está moliendo, y recogida, en fin, por la cabecilla depositada en los *criaderos*.

La pella empleada generalmente en esta operacion es la de cobre: su preparacion está fundada en la mayor afinidad que tiene el fierro con el ácido sulfúrico, y en la accion electro-química que ejerce este metal sobre las sales disueltas. Así pues, si en una disolucion concentrada de sulfato de cobre, se introduce una lámina de fierro, el cobre será precipitado bajo la forma metálica, quedando aquel en disolucion; el fierro se convierte desde luego en protóxido, cuya base, mas enérgica que el óxido de cobre, desaloja á éste, y conforme á las leyes de Berthollet, se combina con el ácido sulfúrico libre y se forma sulfato de fierro. Una cantidad de cobre equivalente á la de fierro, que ha entrado á sustituirle en la combinacion, queda libre. En la descomposicion mencionada hay desprendimiento de electricidad, y los dos metales (fierro y cobre) que se encuentran en presencia, obran conforme á sus propiedades eléctricas: el fierro que es electro-negativo con respecto al cobre, atrae á este metal, que extremadamente subdividido, se precipita sobre aquel.

Poniendo estos dos metales en contacto con el mercurio, el cobre se amalgama, y la pella que resulta se separa fácilmente por el lavado del fierro á que queda adherida.

El aparato en que se hace esta preparacion consiste en dos crisoles de fierro colocados en la plataforma de un macizo en que se encuentra el hogar, colocado en la direccion de los crisoles, y la chimenea, del lado opuesto. La base de los crisoles es curva y se encuentra aislada, y como están ambos situados entre el hogar y la chimenea, el tiro de ésta obliga á la llama á bañarlos de lleno uniformando la distribucion del calor.

En estos crisoles se calienta el agua necesaria para operar la disolucion, y cuando comienza á hervir, se pone el sulfato de cobre agitando el líquido para acelerar el efecto: se ponen tambien fragmentos de fierro de los que han servido en las operaciones anteriores, y para que la precipitacion del cobre no se localice en el fondo, y tenga lugar en toda la masa, se suspenden á diversas alturas, láminas ó fragmentos grandes de fierro; siendo muy á propósito los frascos del mercurio.

La cantidad de sulfato de cobre empleado, depende de la cantidad de pella que se trata de obtener, y la de mercurio, está en relacion con el grado de

sequedad que ha de dársele: ambas proporciones se determinan por el cálculo y las consideraciones siguientes:

El sulfato de cobre que se obtiene en las oficinas de apartado, contiene 36, 10 p $\text{S}$  de agua, cuya cantidad representa 5 equivalentes; así es que la fórmula química de esta sal será:

$\text{CuO. SO}^3 + 5\text{HO}$	
Cuyo peso será Cu. . . . .	395 60
O . . . . .	100 00
$\text{SO}^3$ . . . . .	500 00
$5\text{HO}$ . . . . .	562 50
	1558 10
$\text{CuO. SO}^3 + 5\text{HO.}$ . . . . .	1558 10

En el cambio de bases indicado, la cantidad teórica de cobre que se obtiene, corresponde á 25.35 p $\text{S}$  del sulfato empleado.

Suponiendo, según lo que antecede, que se trate de obtener pella de cobre para 40 arrastres, que la ley de ésta en cobre ha de ser de 20 p $\text{S}$  y que á cada arrastre se pongan 5 libras (2,300 kilogramos), la cantidad de pella necesaria será de 200 libras (92 kilogramos), de las cuales 40 (18.200 kilogramos) serán de cobre. Para obtenerlos se hará el siguiente raciocinio:

Si 395.6 de cobre, están contenidos en 1558.0 de sulfato, 40 de cobre ¿en cuántas de sulfato estarán?

Que conduce á la proporción:

$$395.6 : 1558.1 :: 40 : x = 157.46 \text{ libras} = 72.431 \text{ kilogramos.}$$

Tal es la cantidad teórica de sulfato de cobre que se debe emplear para obtener la pella en las condiciones establecidas. La de mercurio será de 160 libras (73.73 kilogramos). En la práctica se aumenta un poco la proporción de sulfato por la imperfecta descomposición de esta sal.

En vez de la pella de cobre se suele usar la de plata, que se obtiene en el beneficio de este metal cuando se usa alguno de los métodos de amalgamación. Esta sustitución es ventajosa, 1º porque la pella de plata es más estable, más elástica, y forma, por decirlo así, más cuerpo que la pella de cobre: puede decirse que su poder absorbente es mayor: 2º porque el oro desprendido de su matriz, al incorporarse á la pella de cobre, desaloja una cantidad proporcional de éste, por cuya razón hay mas dificultad para que aquel sea



La cantidad de mineral que puede moler un arrastre, siendo el mineral duro como lo es el cuarzo aurífero de la veta de San Rafael, es de 5 quintales, cuya carga se renueva todos los días, poniéndole en el arrastre después de descargado, y dejándole una pequeña cantidad de agua en esta operación, para que la nueva carga se distribuya uniformemente desde el principio.

La molienda se hace romper casi en seco, y solo se pone el agua necesaria para desagregar las partículas de mineral á medida que se van separando, y extenderlas en toda la superficie, uniformando el trabajo de las piedras y el rozamiento en el fondo.

En este estado las partículas de oro, separadas de su matriz, se encuentran en el seno de una masa espesa, donde son agitadas por el movimiento de la piedra; y como lo es al mismo tiempo el mercurio que constituye la ceiba, el contacto entre ésta y aquellas se verifica, y la amalgama se forma. Las mismas partículas, sean libres, sean amalgamadas, sufren la fricción contra el fondo, y allí se ponen en contacto con la pella puesta preliminarmente, que las retiene sin dejarlas separar.

Si en este primer período de la molienda se pusiese agua en exceso, las partículas de oro, que son extremadamente pequeñas y delgadas, se escaparían á la superficie del agua y quedarían enteramente perdidas, pues no sería posible hacerlas atravesar las capas que las separan del fondo en que se encuentran la pella y el mercurio: si por el contrario, se dejare la masa muy espesa, el mineral no podría colocarse debajo de la piedra, la cual no haría otra cosa que empujarlo (á lo ménos en su mayor parte) en el sentido de su dirección: el mercurio se localizaría en determinados puntos, y no tendría un vehículo á propósito para extenderse y producir su efecto: es, pues, conveniente, y aun se puede decir indispensable, cierto grado de fluidez que debe aumentarse á medida que la molienda va avanzando.

Durante las primeras diez horas solo se ponen de agua 0.75 del peso de la carga próximamente, graduándola de manera que la lama se mueva sin dificultad; pero no por sí sola, sino impulsada por el movimiento de la piedra. En este tiempo se procura que el movimiento sea uniforme y tenga una velocidad de  $3\frac{1}{2}$  á 4 vueltas por minuto. Después se puede y se debe agregar agua, cuya adición no está sujeta á regla alguna, pues depende del estado en que se encuentra la lama, y esta adición continúa hasta una hora antes del descargue, en que se pone la última porción para afinar la molienda. El empleo total puede valuarse en cuatro veces el peso de la carga. La adición se hace por barriles, cada uno de los cuales contiene 8 arrobas.

Terminada la adición del último barril, se *tientan* uno por uno todos los arrastres, pasando la mano por el fondo y agitando entre los dedos el sedi-

mento depositado en él (que generalmente no existe), así como el que está en suspension en la masa de agua; y cuando es tan sutil que no se perciba al tacto, entónces se dice que la molienda está *rendida*, en cuyo caso se procede á descargar. Esta operacion se hace trasvasando la lama del arrastre á un barril, por medio de una *batea*, y vaciando aquel en seguida en unos depósitos que comunican con una serie de canales. La ultima de las cuales va á desembocar á un recipiente de 12.05 largo, 4.20 ancho y 2.80 profundidad, que corresponde á 141.708 metros cúbicos, en que se deposita la lama. No obstante la precaucion que se toma al trasvasar el agua, de poner una lámina metálica (*hoja*) en el fondo para que no lo toque la *batea*, suelen desprenderse pequeñas particulas de pella, que arrastradas por la corriente de la lama fluida, son detenidas por el mercurio, puesto con este fin en unas *reposaderas*, ó *chuzas*, que están colocadas de trecho en trecho en la serie de canales que tiene que recorrer la lama. La molienda de una carga de 5 quintales dura 24 horas.

Para reconocer la marcha del arrastre, se raspan algunos de los criaderos, en una extension de un cuadrante de círculo, con un fierro que tiene la forma de una alcayata, y terminada en punta (*clavo*), y se deslama esta raspadura en una jicara con agua; agitando ésta convenientemente, la lama es expulsada hácia afuera, quedando la pella en el fondo de la jicara: esto es lo que se llama una *tentadura*, y por los caractéres que ésta presenta, se viene en conocimiento del estado del arrastre.

En los primeros dias de la molienda, la tentadura presenta un grado de fluidez casi tan perfecto, como si el mercurio estuviera puro, y las únicas modificaciones consisten en que no toma la forma globulosa propia de este metal; su color es mas oscuro y su lustre ménos intenso: tocándolo con el dedo no subsiste la impresion de éste, y haciéndolo mover en la jicara deja *cola*, poco persistente. Cuando la pella presenta una superficie áspera, está en el estado sólido propiamente dicho, conserva la impresion del tacto, y oprimida entre los dedos, no deja escapar sino muy pequeña cantidad de mercurio; entónces marcha bien, y se sigue cebando, á fin de conservar la pella en la proporcion mas conveniente.

Es claro que miéntras mas avanzado esté el arrastre, demanda mayor cantidad de mercurio en la *ceba*, puesto que éste se ha de distribuir sobre una masa mayor. Lo mismo sucede cuando el metal que se muele es rico.

Ademas de los caractéres que presenta la tentadura, y que aisladamente considerados solo sirven para saber que el arrastre necesita mercurio; para fijar la cantidad que debe emplearse, es necesario llevar en cuenta la ley del metal y la cantidad de carga molida.

La ley média del mineral que se muele actualmente, es 3.75 adarmes por carga, que corresponde á 0.0045 por 100; la cantidad molida semanariamente en cada arrastre, es 10.33 cargas. Segun esto, al fin de la semana el arrastre debe haber asentado 38.73 adarmes de oro, y como segun el ensaye de los residuos, la pérdida es de 25 por 100, término medio, solo se recogerán 29.05 adarmes de oro, haciendo abstraccion de la plata.

Como la proporcion en que esta última se encuentra, es igual á  $1\frac{1}{2}$  veces la cantidad de oro, se recogerán de este último metal 43.57 adarmes. Resulta, pues, una cantidad de *oroche* representada por 72.62 adarmes; y como el mercurio debe entrar en la pella en la relacion de 80 por 100, será necesario emplear 290.48 adarmes, esto es, 18 onzas, 2 adarmes, cuya cantidad se distribuye en los seis dias útiles de la semana, segun el aspecto de la tentadura.

En la generalidad de los casos, la cantidad empleada suele ser menor, pues no estando una parte de la plata en el estado nativo no se puede amalgamar mientras no esté destruida la combinacion que la retiene.

Cuando la proporcion de plata pasa de ciertos limites, se somete á un tratamiento especial, que varía con la naturaleza de la combinacion; pero sea cual fuere este tratamiento, demanda, para ser costeable, ménos ley relativa en los minerales, puesto que los gastos de *tumbe*, extraccion, trasportes, limpia, granza y porfirizacion están ya hechos, y solo quedan los del beneficio, lavado, quema y fundicion: estos dos últimos pueden evitarse, si se emplea la pella obtenida para empellar los arrastres.

De poco tiempo á esta parte se ha introducido una modificacion en el tratamiento metalúrgico del oro, que consiste en emplear juntamente con el mercurio una pequeña cantidad de *amalgama de sodium*. La introduccion de este ingrediente está fundada en algunas de las propiedades descubiertas en él por su inventor, las cuales facilitan la amalgamacion del oro. Daré una ligera idea de este ingrediente y sus propiedades aplicables al presente caso.

Hácia fines de 1864, el Dr. Wurtz en New-York, encontró que la dificultad que para amalgamarse experimentan ciertos metales, colocados en el extremo negativo de la escala electro-química, desaparece, agregando preliminarmente al mercurio uno de los metales colocados en el extremo opuesto (los metales alcalinos), los cuales le comunican la accion polar en tan alto grado, que obrando sobre los metales ya dichos, aun á cierta distancia, los atrae con mucha energía y los retiene fuertemente, sin dejarlos separarse de la triple amalgama que se forma. Por esta propiedad, la amalgama en que se observa, es llamada por su inventor «*amalgama magnética*.» La de sodium es la que se emplea con el objeto indicado.

Ademas de esta fuerza de atraccion, ó como una consecuencia de esta fuerza, su adiccion al mercurio le hace sobreponerse á las circunstancias que se oponen á la amalgamacion, cuando este metal se emplee puro, entre estas causas figuran: la resistencia natural (cuya causa es hasta hoy desconocida), que presentan las superficies del oro y de la plata cuando se encuentran en el estado nativo, sea cual fuere la magnitud de sus particulas; la existencia de una capa de grasa como la producida en las labores por el humo de las lámparas de los mineros; la presencia en los minerales de compuestos de azufre, arsénico, antimonio, bismuto y teluro, que formando una capa sobre la superficie del oro, le impiden ponerse en contacto inmediato con el mercurio. Esta adiccion, ademas, preserva al mercurio del ataque que ejerce sobre él la presencia de ciertos cuerpos, tales como el sulfato de fierro, é impide la subdivision del mercurio, recogiendo la *lis* que se ha formado en las diversas operaciones del beneficio, y evitando la pérdida mecánica originada por esta subdivision.

Este compuesto tiene grande adherencia con los metales que no la tienen con el mercurio solo, tales como el hierro, el acero, el platino, el aluminio y el antimonio; aunque conviene hacer observar que esta adherencia, sin embargo de ser muy grande, no constituye una amalgama propiamente dicha, pues es fácil separar el mercurio mecánicamente.

En los fragmentos de fierro desprendidos de las almadanetas, confundidos con la granza y puestos, entre ésta, en los arrastres, se observa esta adherencia, pues su superficie se presenta cubierta de una capa de amalgama de sodium.

Tales son, entre las propiedades de este compuesto, las que tienen aplicacion en el beneficio del oro y de la plata.

El método de Wurtz para el tratamiento metalúrgico de estos metales, consiste en agregar al mercurio que se emplea, una centésima parte, ó ménos, de su peso de amalgama. Las circunstancias en que es conveniente esta adiccion, no las determina, haciéndolas depender de muchas particularidades tales como la temperatura, pureza y cantidad de la agua usada, la relacion entre las superficies y cantidad de mercurio, el método de manipulacion, y el aparato empleado, la naturaleza del mineral, etc., etc., deja en una grande vaguedad este interesante punto.

Deduca sin embargo, como resultado de experiencias directas, que cuando se emplea mucha agua, y ésta se renueva constantemente, la cantidad que se necesita de sodium, es menor que cuando el agua es poca y siempre la misma; pues toma, en este caso, una reaccion alcalina, y el sodium se oxida y no obra. Lo mismo debe suceder si el agua contiene en disolucion ciertas sales.

En la amalgama de sodium, se reconocen tres grados, marcados con los números 1, 2 y 3: la amalgama número 1 contiene 2 por ciento de sodium; la núm. 2, 4 por ciento, y 6 por ciento la núm. 3. La segunda, que es la que se emplea en el distrito á que me refiero, es sólida, de color gris de acero oscuro, lustre semimetálico, semidura, untuosa y deja en los dedos una capa aceitosa, quebradiza y dificilmente fusible: por la percusion deja escapar globulitos de mercurio que presentan los caractéres propios de este metal: se la trasporta y conserva en sacos de goma, encerrados en cilindros metálicos, en que éntra muy ajustada.

Para ponerla en disposicion de emplearse, se la disuelve—en caliente—en 100 veces su peso de mercurio, se le agita fuertemente á fin de hacer la mezcla tan perfecta y homogénea como sea posible y se encierra herméticamente, en frascos de fierro de los que sirven para trasportar el mercurio. Diariamente se toma la cantidad necesaria para cebar los arrastres, conforme á las indicaciones que en su lugar he mencionado.

Se ha dicho, y se comprende fácilmente, que á medida que el beneficio avanza, la pella se va enriqueciendo, y por razon natural va aumentando en los criaderos, y cuando éstos no pueden contenerla, se esparce sobre la cabeza del taco, se divide por la friccion de las piedras, se adhiere á los fragmentos de granza no porfirizados, y se pierde una parte que sale entre las lamas en el descargue. Este caso se presenta generalmente cuando el empleo de mercurio asciende á 20 libras, y entónces se procede á rasparlo, poniendo 12 horas ántes 1 libra poco más ó ménos de mercurio puro, cuya adicion, llamada *baño* tiene por objeto recoger las partículas de pella, que, separadas por las circunstancias dichas quedan en suspension con las lamas, y darles cierto grado de fluidez que impida su desagregacion, y por consiguiente su pérdida.

Para *raspar* el arrastre, se comienza por descargarlo completamente, repartiendo la última porcion de lama en otros arrastres, pues sale siempre con alguna pella, no obstante las precauciones tomadas; se quitan y lavan las piedras voladoras, dejando una que se hace girar por tres ó cinco minutos, para distribuir por toda la superficie, la lama que aun queda, y en seguida se limpia el fondo con una *jerga*, hasta dejarlo completamente seco. Hecho esto, se raspan los criaderos hasta una profundidad de algunos centímetros, con el mismo clavo que se usa para sacar las tentaduras, y la raspadura que se obtiene—llamada *flor* por ser la mas rica, es llevada al lavadero. El peso de la flor que produce un arrastre, es de 13 á 15 arrobas.

Con una barra se quita despues el ripio, y se profundiza más la raspa, con lo que se obtiene una nueva cantidad, ménos rica que la *flor*, llamada *con-*

*tra-raspa*. En esta operacion se quita tambien el taco cuando está muy chico é inútil para rendir una nueva molienda. En este caso, se quita tambien la cabecilla depositada al pié del taco, que contiene siempre mercurio, y suele contener pella, aunque en pequeña cantidad: esta se reparte por pequeñas porciones, entre los arrastres en movimiento. Si el taco está aún servible, solamente se empareja, se pone nuevo ripio, se retaca con cabecilla y se asienta.

El lavadero de que se hace uso, es el llamado de *cajon*, y consiste en un cajon rectangular de 3.50 metros de largo, 0.65 de ancho y 0.25 de profundidad; que por uno de sus extremos recibe el agua cuya salida se gradúa con una llave, y por el otro comunica con una *reposadera* y una serie de canales escamadas é inclinadas ligeramente, que de trecho en trecho comunican con otras *reposaderas* cuyo objeto se manifestará adelante.

La comunicacion entre el cajon y la reposadera, se intercepta por medio de una compuerta colocada á 0.50 metros de esta última, y limitado así el espacio, se pone la carga, se agrega próximamente 20 p $\Xi$  de su peso de mercurio, y con una pequeña porcion de agua, para desagregar las masas que naturalmente se forman, y hacer que el mercurio penetre por todas partes para recoger la pella con que se pone en contacto, se agita la mezcla durante algunos minutos. Poco á poco se va agregando agua, y continuando la agitacion de la masa, que vá siendo mas y mas fluida, la pella, y el mercurio que le contiene, se depositan en el fondo, y las lamas, quedando en suspension en el agua, son arrastradas por la corriente y comienzan á rebosarse sobre la compuerta cuando el cajon está lleno. El agua que se rebosa, y las lamas que contiene, caen al espacio libre del cajon, en el que preliminarmente se pone mercurio diseminado, y allí son agitadas constantemente de manera que el mercurio queda siempre en contacto con las nuevas lamas, y puede, por lo mismo, recoger las pequeñas partículas de pella escapadas entre ellas: de allí pasan á la primera reposadera donde hay tambien mercurio en ella se agitan con el mismo objeto que en el espacio libre del cajon, y cuando se ha llenado resulta que como la fluidez es muy grande, la pella, y las lamas que pueden contenerla, caen al fondo en virtud de su mayor gravedad especifica, donde por la agitacion son desegregadas las lamas que ascienden á la superficie, efectuando el mercurio la amalgama de la pella. Pequeñas partículas de ésta, adheridas aún á las lamas, suelen separarse, por la misma agitacion, por los efectos de la fuerza centrifuga, y cuando comienzan á rebosarse, pasan al tendal, en cuyas escamas hay diseminado mercurio, y en cuya extension, así como en las demas reposaderas, se sigue agitando. Esta agitacion continua es indispensable, pues sin ella la lama formaria una capa mas y mas

gruesa sobre el tendal, la pella no se recogeria, y el contacto entre el mercurio y las lamas que vienen despues no siendo posible, se perderia la pella en ellas contenida.

Las lamas, despues de recorrer una extension de 10.85 metros y pasar por tres reposaderas, caen á una pileta de 2.55 metros de largo, 1.60 de ancho y 0.95 de profundidad, y de alli pasan á un segundo tendal subterráneo dispuesto como el primero, de 58.80 metros de largo y provisto de reposaderas, el cual comunica con el *lamero* de que se habló al tratar del descargue diario de los arrastres.

El lavado de una carga de raspa dura generalmente tres cuartos de hora: al poner la segunda carga, se saca el mercurio del fondo del cajon para distribuirlo uniformemente sobre toda la masa que se va á lavar: se reconoce su grado de espesor tomando un poco en una jicara, dejándolo reposar algunos segundos y decantándolo lentamente: cuando está muy espeso, la parte que va quedando en la jicara rueda con dificultad y se deja oprimir con el dedo: en este caso se pone mayor cantidad de mercurio puro.

Concluido el lavado, se reúne en las reposaderas el mercurio del cajon y el tendal, se trasporta en unos frascos á propósito á unas bateas, donde cuidadosamente se lava, se limpia y se seca para pasarlo á la *manga*. Esta consta de dos partes esenciales: de un tubo de vaqueta, armado sobre dos anillos de fierro de diferente diámetro, que le dan una forma ligeramente cónica; el menor de los cuales está hácia abajo y libre, y el mayor está fijo al techo de la azoguería por gruesas cadenas; y de una bolsa de lona de forma cónica, que por medio de un cordon grueso de cáñamo se fija al anillo libre. Dicha bolsa es la que recibe el mercurio. El peso de ésta ejerce su presion sobre la manga, y saliendo por sus poros en forma de lluvia, cae á un recipiente de cuero colocado debajo llamado *tiburón*. Cuando cesa la lluvia de mercurio, se comprime y golpea ligeramente la manga, que es lo que se llama *apurarla*, y de este modo se hace salir todo el mercurio que se puede separar por la presion. La pella que queda en la manga no es homogénea, pues la parte de abajo está menos seca que la de arriba, á causa de que las particulas de mercurio separadas de ésta, han atravesado aquella quedándose en su masa por no haber bastado á expulsarlas de ella ni la presion ni el golpeo, y por esto, al sacarla, debe procurarse mezclarla cuidadosamente, á fin de hacerla tan homogénea como sea posible.

Con la pella así mezclada, se hacen en unos moldes especiales, panes llamados *marquetas* ó *bollos*, que tienen la forma de un sector cilindrico, que pesan próximamente 30 libras (13.874 kil.) y cuya ley média es de 23 á 25 p<sub>100</sub>. Para terminar la separacion del mercurio, que se ha comenzado por

la presión, hay que aplicar, como se indicó al principio, la acción del calor. Esta operación, que constituye la *quema*, se efectúa en un aparato compuesto de un vaso de bronce llamado *crisol*, fijo en un poste de mampostería y dispuesto á sostener cerca de su borde una pieza llamada *candelero*, formada por dos aros de fierro separados y sostenidos mutuamente por columnitas del mismo metal. El aro inferior descansa sobre cuatro apoyos fijos al crisol, y el superior recibe un círculo de fierro llamado *plato*, que tiene un agujero en el centro para dar paso á los vapores de mercurio, á medida que se desprenden sobre el plato, se ponen los *bollos* que forman en su conjunto un cilindro, no obstante de no tocarse por sus caras, recibe el nombre de *piña*. Las caras de contacto de los bollos se separan por una capa muy sutil de *copela*. Todo esto se cubre con la *capellina*, que es una campana de bronce, de asiento perfectamente plano, que descansa en una ranura que tiene el crisol, al cual se adhiere mas fuertemente por medio de una mezcla de ceniza y agua, que hace la cerradura hermética é impide la salida de los vapores mercuriales. Alrededor, y dejando un espacio anular de 0.25 metros, se forma una casilla de ladrillos refractarios, colocados de manera que dejen entrada libre al aire para la combustión del carbon que llena este espacio.

El calor se aumenta muy poco á poco, para que el desprendimiento de mercurio no sea violento: los vapores mercuriales se condensan en el crisol por la baja temperatura que conserva en él la corriente constante de agua fría.

La quema dura generalmente veinte horas: al cabo de este tiempo se levanta la capellina, y los bollos depurados de mercurio, pasan al horno de fundición para convertirse en barras, que es la última de las operaciones.

Para esto se emplea un horno de reverbero, en cuyo lecho, formado de copela, se ponen los bollos: de un lado está el hogar donde se pone el combustible 0.60 metros abajo del lecho: del lado opuesto, y al nivel de éste, se eleva la chimenea; la parte posterior está cerrada por la construcción y en la anterior el orificio de salida, y un poco mas arriba una abertura rectangular, cerrada con un ladrillo, que se abre para observar el estado que presenta la fundición. La llama producida por la combustión del ocote (que es el combustible empleado), atraviesa el horno de un extremo á otro, y baña la superficie libre del metal, y cuando éste ha empezado á fundir, se pone plomo para afinar las barras: en esta operación, pasa lo mismo que en la copelación de la plata: el plomo fundido se esparce sobre todo el metal y absorbe el cobre y demas metales que se encuentren en su caso: como la fusión tiene lugar al contacto del aire, el plomo se oxida y forma una capa que cubre la superficie del metal: parte de este óxido se desprende en vapores por la chimenea, y parte es absorbido—juntamente con el cobre que tiene en disolu-

cion—por la copela del fondo. Cuando todo el plomo es absorbido, aparece el fenómeno del relámpago que consiste en la aparición del metal limpio, y entónces se dá una sangría destapando el orificio de salida y recibiendo el metal liquido en el molde de las barras. Para que la barra no se pegue al molde, se pone á éste una lechada de cal y ceniza, y para que se extienda uniformemente sobre él sin solidificarse á medida que va saliendo, se calienta preliminarmente.

Una vez lleno, se trasporta con unas tenazas sobre una plancha de fierro, y se echa agua fria sobre la barra; ésta, por el rápido descenso de temperatura, se contrae violentamente y basta voltear el molde para sacarla.

Tales son las operaciones cuyo conjunto constituye la metalurgia del oro, cada una de las cuales es digna de un estudio particular y susceptible de perfeccionamientos que, haciéndolos más económicos y de mejor efecto en sus resultados, hagan costeable el beneficio de las grandes cantidades de mineral pobre arrojado en los terreros, así como la explotacion de minas abandonadas hoy por la baja ley de sus frutos, con lo cual se aumentarán las fuentes de trabajo, se estimularán las empresas mineras, se aseguraria el bienestar de la mayor parte de nuestros distritos metalíferos, y recibirá un grande impulso la Minería, que constituye uno de los ramos principales de nuestra riqueza nacional.

---