

# BOLETIN

DE LA

## Sociedad Nacional de Minería

### DIRECTORIO DE LA SOCIEDAD



**Presidente**  
Cárls Bess

**Vice-Presidente**  
Cesáreo Aguirre

**Directores**

Aldunate Solar, Cárls  
Avalos, Cárls G.  
Chiapponi, Marco  
Dorion, Fernando  
Elguin, Lorenzo

| Gallardo González, Manuel |  
| Gandarillas, Javier |  
| Harnecker, Otto |  
| Lecaros, José Luis |  
| Lira, Alejandro |

| Maier, Ernesto |  
| Malsch, Cárls |  
| Pinto, Joaquín N. |  
| Vattier Cárls |  
| Yunge, Guillermo |

**Secretario**

ORLANDO GHIGLIOTTO SALAS

## El estaño en Bolivia

### I.—JÉNESIS DE LOS YACIMIENTOS ESTANÍFEROS DE BOLIVIA

Durante mi estadía en Bolivia, de muchos años, he estudiado la formación de los yacimientos de estaño; su formación a gran hondura parece cada día mas evidente, en tanto que las teorías de secreción lateral no esplican satisfactoriamente los hechos. Para formarse mas clara idea sobre el oríjen de las vetas i particularmente de las de estaño conviene relacionar la estructura jeográfica i jeológica de Bolivia.

*Consideraciones jeográficas.*—La gran cadena de montañas conocida con el nombre de Rocallosa en Estados Unidos, Sierra Madre en Méjico i los Andes en Sud América, al entrar a Bolivia se bifurca en la cordillera del oriente o *Cordillera Real* i la del occidente o *Cordillera Occidental*, formando una elipse irregular cuyo vértice austral está cerca de la frontera Argentina, i cuyo vértice setentrional es ocupado por el Lago Titicaca, de 6,000 kilómetros cuadrados, de 530 metros de profundidad máxima i a la elevacion de 12,500 piés. El área aproximada de esta elipse, así limitada por las dos cordilleras, es de 210,000 kilómetros cuadrados, siendo su eje trasversal de no ménos de 900 kilómetros i su eje menor de 300 kilómetros constituye la altiplanicie de Bolivia, cuya elevacion media es de 13,500 piés. En lo que sigue, designaré las dos ramas de la cordillera de Los Andes por sus nombres locales: *Cordillera Real* i *Cordillera Occidental*.

Los mas altos picos están en la Cordillera Real, como el ventisquero

Illampie o Sorata, de 21,275 piés, el Kaka-aka o Huayna Potosí, de 20,320 piés, el Illimani, de 21,190 piés, todos cubiertos de perfecta nieve. A 100 kilómetros de distancia de Tacna en la costa del Océano Pacífico, se levantan los volcanes Tacora i Sahama, culminando a 19,700 piés de altitud. Sigue despues el altiplano de unos 300 kilómetros de ancho a 13,500 piés de altitud, limitado orientalmente por la Cordillera Real, mas elevada aun. Hacia el Este se levantan todavía cinco espinazos sucesivos.

*Consideraciones jeológicas.*—En Los Andes bolivianos pueden distinguirse a lo ménos dos movimientos orojénicos de dos distintos períodos jeológicos; el mas frecuente de ellos es el de la Cordillera Occidental, que ocupa una zona de dislocacion casi paralela a la costa del Pacífico, con direccion aproximada de NO. de Estados Unidos a Patagonia. Casi todos los volcanes se encuentran en esta débil parte de la corteza terrestre, cuyos principales representantes en Bolivia son el Tacora, el Sahama, el San Pedro. Las dos series pueden todavía distinguirse clasificando la Cordillera Real como tipo de montañas de pliegue debido principalmente a la contraccion terrestre, i la Cordillera Occidental como montañas de acumulacion (volcanes). En cuanto a la edad jeológica de estas montañas, la Cordillera Real parece mas antigua que la Occidental.

*Accion de los hielos.*—Los hielos cubren enormes estensiones de las montañas, especialmente en el lado occidental de Los Andes, i en espesores de miles de piés. Rios trasversales han cavado profundamente estas acumulaciones formando valles trasversales. El rio de La Paz es notablemente interesante por ser uno de los pocos que naciendo en los flancos occidentales de Los Andes vácia sus aguas al Atlántico, como afluente del Amazonas. Naciendo de una pequeña laguna a los piés del ventisquero de Cuninticuta, corre por el valle de La Paz, atraviesa la ciudad de su nombre i, despues de un curso tortuoso, mas o ménos paralelo a la cordillera, llega a La Angostura, por donde cruza Los Andes, en estrecha garganta. El rio de La Paz nace a 15,000 piés i en La Angostura su nivel es de 6,000 piés, corta a lo ménos, 4,000 piés de detritus glacial un camino de 100 kilómetros; antes de profundizar hasta la roca firme en La Junta, a pocos kilómetros sobre La Angostura.

*Estructura jeológica en La Paz.*—A unos 30 kilómetros de las nacientes del rio de su nombre está la ciudad de La Paz, a 12,054 piés de altitud i 1,312 bajo el nivel del altiplano. Sobre el detritus glacial descansa horizontalmente una blanca estrata de tufo traquítico volcánico, el cual a su vez está cubierto por detritus glaciales mas modernos. El tufo volcánico se estiende en gran superficie. Hacia el Oeste, en Coroco (famoso por sus areniscas rojas mesozoicas impregnadas de cobre nativo que se explota desde tiempos inmemoriales). Se encuentran estos tufos interstratificados con las areniscas mesozoicas i arcillas margosas de mas reciente oríjen.

En varias partes, principalmente cerca de la Cordillera Occidental, como Viacha, Patacamaya, se ven corrientes traquíticas que atraviesan pizarras paleozóicas i en otras partes, areniscas mesozóicas. Estas traquitas son las mismas que se ven cerca de La Paz. El detritus glacial se compone de rocas mesozóicas i paleozóicas.

Resulta, pues, que hacia el fin del período cretáceo un movimiento que

se extendia por la costa de Sud América, solevantó la Cordillera Real perpendicularmente a la direccion de la presion, formando una línea de débil resistencia en la costa terrestre, mas hácia el Oeste i paralela al eje principal de la cordillera. En un período posterior, posiblemente post-glacial, en ocasiones sucesivas fueron espelidas las masas que forman la Cordillera Occidental. Yo acepto el hecho de la existencia de varios movimientos orojénicos en ámbas cordilleras, pero en especial en la occidental i que esta jénesis de los diversos depósitos metalíferos ha tenido lugar en diferentes épocas correspondientes a los movimientos sucesivos.

*Importancia de la erosion.*—Después del gran solevantamiento que enjendró la Cordillera Real, el fenómeno mas importante fué la formacion de la sábana de nieves que cubrió estensísimas rejiones en Sud América. La magnitud del fenómeno glacial es estupenda, estendiéndose a cientos de millas por ámbos flancos de Los Andes.

En los costados occidentales de Los Andes la depresion formada por el solevantamiento se ha rellenado enteramente con detritus glacial. Los macizos de la cordillera sin duda ántes de la época glacial se elevaban mucho mas, aunque puede haber sucedido que el solevantamiento gradual haya compensado el efecto de la denudacion. Este fenómeno probablemente tiene lugar actualmente.

*La formacion del estaño.*—Las vetas de estaño en su mayor parte están en los altos dorsos de la Cordillera Real, a grandes altitudes. Se encuentran ordinariamente en pizarras i cuarcitas, rocas ámbas en que la accion metamórfica ha sido activa. De un modo jeneral, la deposicion del estaño se verificó en una zona de fracturas i dislocaciones de direccion casi paralela al eje principal de las montañas. Las fracturas normales a estas líneas de dislocacion, que parecen de mas moderno oríjen raramente o nunca, contienen estaño.

He dicho que ha habido enormes presiones de rocas i que la deposicion del estaño se verificó en condiciones de alta temperatura i presion. Si las teorías de Van Hise, Sandberg i otros no esplican satisfactoriamente muchos fenómenos de deposicion de minerales en jeneral i del estaño en particular, las recientes investigaciones i descubrimientos químicos, como los de Moissan, dan una esplicacion mas satisfactoria.

A elevadas temperaturas, las afinidades de los elementos químicos son mui diferentes que a bajas temperaturas i presiones. A altas temperaturas i, en nuestro caso, bajo enormes presiones, nos acercamos a las condiciones del horno eléctrico, i como a esas temperaturas no son posibles las combinaciones en el oxígeno o los halójenos, los metales en estado gaseoso solo pueden unirse a elementos como el silicio, carbon, fósforo, arsénico, azufre, etc. En nuestro caso, el estaño puede tener notable afinidad al fósforo o silicio. Con esta base, son mas comprensibles muchos fenómenos observados en Bolivia. Un compuesto, digamos, de estaño con fósforo o silicio, al llegar a una zona de temperatura inferior, en que es posible la union del hidrógeno-fluor, puede fácilmente obrar en el ácido fluorhídrico, formando una sal doble de fósforo i estaño. Esta supresion es reforzada por el hecho de que los minerales apatita i fluorita, ricos en fósforos i fluor respectivamente, se encuentran casi siempre en la vecindad de los yacimientos de estaño.

Ademas, a medida que los gases ascienden, se ponen en contacto con vapores acuosos, que reaccionan con la doble sal citada, precipitando óxido de estaño (casiterita), que se deposita en las cajas de la grieta. Deseo insistir en que la casiterita se ha precipitado directamente del estado gaseoso; i, que el estaño invariablemente está asociado a rocas de gran acidez. El origen gaseoso de los yacimientos de casiterita ha sido admirablemente explicado por el gran jeólogo Daubrée. He visto tambien el estaño asociado a magmas ácidos ricos en minerales con fósforo i fluor, no obstante la indicacion contraria del Dr. Stelzner sobre los minerales de Bolivia.

En ciertos yacimientos en las cuarcitas de Los Andes, a altitudes de 17,000 piés, la pureza de la casiterita es tal (a menudo prácticamente exenta de toda impureza) que me inclino a dudar de las teorías corrientes sobre formacion de depósitos metalíferos i particularmente de las de secrecion lateral.

*La teoría de Scrivenor.*—J. B. Scrivenor, jeólogo de los Estados Federales de Málaga, aunque difiere de mi en cuanto al estado orijinal del estaño a altas temperaturas, espone una teoría semejante.

«La experiencia prueba que la casiterita lleva satélites en forma de minerales que contienen ciertos elementos como el fluor, boro i litio. El fluor se encuentra en el topacio i la fluorita (i como constituyente secundario de la turmalina i algunas micas), el boro se encuentra principalmente en la turmalina i tambien en la axinita, en tanto que el litio se halla en la mica i en algunas turmalinas. La caolina se encuentra tambien jeneralmente en el estaño. La asociacion de estos minerales con la casiterita i la presencia de algunos de ellos en inyecciones de rocas, han conducido a pensar que el estaño, boro i litio, procedian de las partes inferiores de un magma granítico no interiormente solidificado, por el ácido fluorhídrico, i que los fluoruros formados escaparon por las fracturas de la masa en enfriamiento, i pasaron a las rocas mas antiguas i calientes que rodeaban a la roca ígnea, a la caida o alterando enérgicamente las paredes de las grietas tanto de la roca ígnea como de la que la rodeaba. El principal resultado de las reacciones químicas que tuvieron lugar fué la formacion de topacio por la accion del fluor sobre el feldspato del granito, la produccion de turmalina en el granito, en que talvez se formó en parte por la combinacion del boro con mica parda ya existente.

... Las reacciones efectuadas a medida que se enfriaba la roca, sin duda, fueron complicadas; pero en lo principal la teoría del origen de los yacimientos del estaño es que gases calientes escaparon del fondo de un magma ácido, cuya parte superior ya estaba sólido i fracturado por la contraccion; que estos gases, entre los cuales predominaban fluoruro de estaño i fluoruro de boro (el estaño i boro fueron disueltos del magma por el ácido fluorhídrico), atesaron las cajas de las grietas de la roca ácida i de las rocas que la rodeaban, siendo el fluoruro de estaño descompuesto por el vapor de agua con formacion de dióxido de estaño i ácido fluorhídrico, i el fluoruro de boro, descompuesto en boro que pasó a la turmalina. Tambien inyecciones del magma, cuando el estaño i boro habrán sido disueltos, invadieron las porciones sólidas superiores de la masa ígnea, pasando a veces a las rocas vecinas.

*Precipitacion de soluciones acuosas.*—Las teorías de Van Hise i de Sanelberg de que la mayoría de los constituyentes metálicos de los minerales proce-

den de rocas ígneas mediante el agua en condiciones especiales, como se enuncia en el laborioso trabajo del último, titulado «Algunos principios que rijen la deposicion de los minerales,» no esplica a satisfaccion la deposicion del estaño; porque sabemos que la casiterita es insoluble como en los ácidos mas activos, i otra vez permítaseme copiar a Schivenor»...

... La insolubilidad de la casiterita en ácidos es bien conocida, i no es de estrañar que no se encuentre ningun yacimiento de casiterita que haya procedido de otro yacimiento mas antiguo por disolucion, o que de razon para creer que el estaño ha sido lixiviado de las partes superiores del depósito i concentrada en hondura. Hai, sin embargo, dos casos descritos que esplican que la deposicion de la casiterita es posible en la naturaleza en un medio puramente acuoso i a la presion atmosférica normal. (Traduccion de Weed del libro de Beck, Naturaleza de los yacimientos metalíferos páj. 422 i 423). El primero es un análisis de Meurier de un aglomerado silicioso de Ayer Panas, fuente termal de Malaca. «Oxido de estaño» en cantidad de 5% se encontró; i Lindgren, en conocido artículo, dice: «Esta observacion es de la mayor importancia para nuestros conocimientos sobre yacimientos de estaño, porque indica que el metal puede estar en solucion, i despues depositado a presion normal por aguas termales ménos conocida es una série de análisis de agua de fuentes termales de Selangor i Malacca, del Dr. Bott. En su artículo, Bott dice que las formaciones de las rocas vecinas a las fuentes son graníticas, i que el mineral de estaño aunque en pequeñas cantidades se encuentra diseminado en la masa de algunas muestras. No se encontró estaño en las muestras de agua, i criticaba desfavorablemente el análisis del agua de Ayer Panas de Meurier. Innecesario es que reproduzcamos aquí la crítica, excepto en lo que respecta a la no declaracion de Meurier de por qué el estaño no se depositó como sulfuro en presencia del hidrójeno sulfurado de aquella fuente. El otro caso es conocido para los que conocen la literatura de las minas de estaño de Cornwall: se trata de un asta de ciervo que contenia óxido de estaño, reemplazando pseudomorfocamiento la materia primitiva del asta. Las astas se encontraron en aluviones i un análisis de ellos dió 2.6% de  $S n O_2$ , que se suponía provenia de disoluciones. Cuando yo era miembro de la oficina jeológica de Gran Bretaña, tuve que examinar dos de estas astas, que figuran en la coleccion del Museo Británico de Historia Natural. Se analizaron las muestras sin encontrar casiterita. La coloracion intensa de las astas se debía probablemente al fierro. Era posible, en cambio por la porosidad del asta que los huecos se hubieran rellenado de óxido de estaño fino. A pesar de esto, se sabe que el estaño se deposita en fuentes termales. Posepny, por ejemplo, en su «Jénesis de los yacimientos metalíferos» da cinco análisis de aguas termales de geysers, una de Rippoldsan, otra de Kissingen, que contienen estaño. Pero el oríjen de este estaño no era necesariamente casiterita, ni tampoco se encontró como casiterita.

En resúmen parece mui probable que la casiterita proviene de gases que la precipitan al ponerse en contacto con vapores acuosos, i que esta precipitacion se verificó a gran temperatura i presion. Ademas, parece que esta deposicion es anterior a otros depósitos minerales, que, lo que no ocurre con el estaño, provienen de aguas platónicas. Para probar lo anterior, he dado una

larga descripción de Los Andes, su denudación i la consiguiente supresión de la enorme presión. También he dicho que la Cordillera Real i las formaciones de estaño que contiene son más antiguas que la Cordillera Occidental. En el sollevamiento de aquélla, se originaron otros yacimientos metalíferos, independientes i sin relación al estaño. En seguida daré una algo detallada descripción de los yacimientos de estaño en Bolivia i mostraré que estos como otros depósitos tienen estrecha relación con rocas ácidas de origen ígneo.

*Presencia de los minerales de estaño.*—Mis observaciones indican que las formaciones de estaño de Bolivia invariablemente se encuentran relacionadas a rocas ácidas, principalmente graníticas. El Dr. Stelzner dice que el estaño en Bolivia constituye una excepción a la regla, i también su declaración de que se producen simultáneamente con minerales de plata, sulfuros de cobre, zinc, fierro i plomo, por precipitación de fuentes termales, no corresponde a los hechos observados.

Las rejiones importantes productoras de estaño en Bolivia i que se extienden desde el Lago Titicaca al Sur, son: Huayna, Potosí Milluni, Araca, Choquetanga, Quimza-Cruz, Santa Vela Cruz Colquiri, Ocavi, Oruro, Morococala, Huanuni, Uncia, Llallagua, Potosí, etc. Al examinar las rocas intrusivas de todas estas minas o su inmediata vecindad, invariablemente encontramos rocas ácidas, como granito, pegmatita, aplita, o microgranulita, etc. Me ocuparé de las minas principiando por el Lago Titicaca, estendiéndome al Sur en una rejion que cubre 300 kilómetros de largo.

No lejos del Titicaca, entre los *glaciers* (montañas cubiertas de nieve) Illampu i Huayna-Potosí (Kaka-aka) está el glacier de Challana, compuesto de una masa granítica con diques de pegmatita rica en muscovita i grandes cristales de casiterita, a menudo del tamaño de una avellana. A veces estos agregados de blanca mica i casiterita en grandes cristales predominan de tal modo que hacen casi desaparecer los otros elementos de la roca.

En los flancos orientales, hácia la hoya del Amazonas, en la misma masa granítica, se han encontrado diques de pegmatita con grandes cristales de mica blanca de tal tamaño que han hecho posible la explotación de la mica.

A unos 25 kilómetros al Sur de Challana, el Huayna-Potosí o Kaka-aka está compuesto de granito con transición a sienita.

Más al Sur, a 56 kilómetros del Kaka-aka, está el Illimani, uno de los picos más altos de Los Andes, i en su vecindad están las minas de oro i estaño de Araca. En Illimani las rocas eruptivas son granitos i sus transiciones a masas microgranulares, que encierran cristales de plajioclasacuarso con restos de líneas cristalinas, clorita, mica, zirconio, óxido de fierro, etc.

Un examen microscópico de una muestra del dique de la veta Concordia, en Santa Vela Cruz, muestra una microgranulita típica con sus elementos ordinarios i algo de piroxena. A menudo aparece el cuarzo en inclusiones.

En Colquiri hai una roca intrusiva de una pizarra altamente descompuesta, en su mayor parte caolina, con granos angulares de cuarzo, fluorita, sericita, óxido de fierro, etc.

La misma roca intrusiva descompuesta *in situ* en Colquiri, también se encuentra en Ocavi en Copacabana i vetas núm. 1, mientras en la veta T habia la roca intrusiva, llamada *panizo* por los naturales, parece aplita. A menudo

está interstraficada con pizarras, i como en su proximidad los depósitos de estaño son abundantes, sirve a los aborígenes como guía en su cateo, i recibe el nombre de *criadero de estaño*. Exámenes microscópicos de esta roca por Lacroix del Museo de Historia Natural de Paris, indican que se compone de caolina, cuarzo granular, fierro, etc. Su dureza es media, por lo que algunos injenieros la tomaron por arcilla endurecida.

En Oruro la mayoría de las rocas son riolitas, las que despues de todo, pueden considerarse como transicion entre los microgranitos i riolitas, i como esta rejion no dista mucho de Colquiri, donde solo se ven apófises de la roca ácida subyacente, la símil mineralizacion de ámbos distritos no hace mas que conducir a la hipótesis de una relacion comun por un profundo magma de naturaleza ácida. Avanzando al Sur a las minas de Potosí, tan famosas una vez por su produccion de plata, i ahora tan ricas en estaño, se encuentran dacitas o riolitas. Se sabe lo difícil que es distinguir entre una dacita i una riolita. Con no poca frecuencia se encuentra apatita en esta roca.

De lo anterior claramente se desprende; que todas las rejiones estaníferas de Bolivia están asociadas a rocas ácidas, i en la mayoría de los casos, predomina el granito.

## II.—LOS YACIMIENTOS DE ESTAÑO DE BOLIVIA

Al estudiar la situacion de las minas de estaño de Bolivia se nota que su desarrollo se limita a una superficie de 520 × 100 kilómetros, i que aparentemente hai dos zonas de estaño: la principal ocupa el eje principal de la Cordillera Real, principiando cerca de Illampu (Sorata) cerca del nevado de Challaña, con direccion jeneral NO. i terminando poco mas abajo de Colquiri, dejamos a 250 kilómetros; la segunda zona parte de Oruro i llega poco mas al Sur de Potosí, dejamos 360 kilómetros, i es aproximativamente paralela a la primera zona. Ambas están separadas por solo 60 kilómetros. Hai, pues, una superficie definida, en que las vetas se han rellenado de estaño, mui probablemente de un magma comun, profundamente enterrado, de enorme estension i con estrusiones por aquí i allá.

La primera faja ocupa las elevadas cumbres de Los Andes orientales, a elevaciones entre 14,000 i 17,000 piés. Principiando por el Illampu, las mas importantes minas son: Huayna —Potosí, Milluni, Chocaltaya, Araca, Monte Blanco, Concordia, Colquiri, Ocaví. Los yacimientos de todas estas minas son o en vetas de fractura producidas por la contraccion de la masa eruptiva al enfriarse, como en Challana, o en líneas de dislocacion o fracturas en las antiguas pizarras i cuarcitas sedimentarias i no léjos del subyacente granito o granulita.

*La zona Oruro-Potosí.*—La segunda zona contiene las minas de estaño mas importantes de Bolivia; Oruro, Morococala, Huanuni, Uncia, Pazña, Potosí, Chorolque, etc. Aquí los yacimientos están al parecer asociados con rocas eruptivas mas modernas, como riolitas, aunque parece aceptable la hipótesis de su relacion a un magma ácido profundamente hondo.

*Las minas de Huayna-Potosí.*—Estas minas están en los flancos occidentales del Huayna-Potosí, cuya cúspide culmina a 20,320 piés. Esta masa gra-

nítica con sus variaciones a granulita, etc., está cubierta por rocas sedimentarias paleozoicas, como pizarras i cuarcitas en estratas alternantes, i probablemente de la época Devoniana (*Anoplothea flabellites atrypa*, etc). A unos 30 kilómetros al N. diques de pegmatita de variable espesor contienen casiterita en gruesos cristales, feldspato, algo de cuarzo (parece que la casiterita reemplazara al cuarzo) i mucha mica blanca del tipo de lepidotita, rica en fluor. Estos depósitos son de reciente hallazgo i no se han explotado aun.

Cinco kilómetros al O. del Huayna-Potosí, en rocas sedimentarias, (cuarcitas i pizarras citadas) está la mina Huayna-Potosí. El depósito es de forma lenticular i pasa de un plano de contacto de las esquistas i cuarcitas al otro. Su espesor máximo es de 8 metros. Las cajas de la roca encajante, al microscopio, dejan ver el cuarzo, feldspato, biotita, clorita, mica blanca, zirconio, etc.; en otros términos, minerales que indican un alto grado de metamorfismo. La casiterita es de grano fino i ocupa las cajas de la veta. El relleno de ésta principalmente es cuarzo i piritas.

La particularidad mas interesante de esta mina es que contiene bismuto en forma de bismutina ( $S_3 \cdot Bi_2$ ) i principalmente como bismuto nativo, i cerca de la superficie como pequeñas masas lenticulares entre los planos de estratificación de las pizarras, que en la superficie de contacto a menudo están descompuestas en arcilla. Se han encontrado mas micas de dos toneladas de bismuto casi puro. Cerca de la superficie, se encuentra bismuto como óxido ( $Bi_2 \cdot O_3$ ), con el aspecto de una masa terrosa gris. En hondura, el metal por regla se presenta como bismutina, en placas delgadas entre los planos de estratificación de las pizarras, pero aquí no ha habido descomposición de los esquistos. La veta principal tiene bismuto como óxido, diseminado en toda la masa i los concentrados de estaño contienen hasta 2.25% Bi.

El fenómeno ocurrido en Huayna-Potosí ocurre a menudo con rocas sedimentáreas de gran elasticidad. Las esquistas sometidas a presión lateral, se han llegado formando espacios lenticulares entre los estratas, i se han mineralizado despues. Es evidente que la explotación de estas capas es de naturaleza especulativa como ha ocurrido en Huayna-Potosí. Los minerales explotados dan en promedio 3% de estaño i  $\frac{1}{2}$ % de bismuto. En hondura la masa lenticular se oprime i parece empobrecer en estaño, en tanto que el cuarzo i pirita aumentan. En su máximo de prosperidad la mina dió 30 toneladas de concentrados de estaño por mes, de lei de 58% i 2 á 3% de bismuto.

*Las Minas de Milluni.*—Ocho kilómetros al S. de Kaka-aka están las minas de Milluni, las mas importantes que la compañía francesa de Huayna-Potosí i Milluni explotan. Pizarras endurecidas i cuarcitas del alto Siluriano i bajo devoniano constituyen la roca del cerro, descansando sobre masas graníticas i granulíticas. Las grietas están a ángulo recto con los planos de estratificación de las rocas sedimentarias i están bien mineralizadas. Se han descubierto once vetas buenas, siendo las mas importantes la Salvadora i Concepcion. El rumbo de la última es N. S. i de la primera N. 40.º O. Se han explorado bastante i presentan mineral empuentados. La veta Concepcion, cuyo espesor es 6 piés, se compone de cuarzo, piritas, sfalerita a veces i casiterita, ocupando ésta última principalmente una de las cajas. La casiterita a menudo se presenta en grandes cristales i cristales corroidos de blanco fluospato la acompa-

ñan. En partes el cuarzo es esponjoso, debido a la descomposicion de los sulfuros que incluia. Hai zonas en que la total ausencia del cuarzo es notable.

La veta mas interesante es la Salvadora, debido a una concentracion mecánica natural peculiar del estaño. La matiz del mineral es cuarzo i óxido de fierro; a ciertos niveles grandes cavidades naturales se suelen encontrar revestidas de estalactitas de óxido de fierro. El mineral es esponjoso i completamente exento de estaño. Sin embargo a los 100 piés debajo hai un depósito de limonita i arcilla, tan blando que puede trabajarse a pala i sumamente rico en casiterita, con leyes de 50 i 60% en estaño negro. Los aborígenes lo llaman llampo. Se debe a la infiltracion de aguas meteóricas que disuelven el fierro, desintegran las ya oxidadas piritas i por conductos abiertos por el agua, son arrastradas las partículas de estaño desde arriba i depositadas en las zonas inferiores. Estos llampos a menudo se encuentran en gran cantidad, i lo mismo ocurre en las minas de Colquiri, Ocavi i otras.

En el sexto plan de la Salvadora hai una falla lateral i se encuentra interstratificada entre las capas sedimentarias una roca intrusiva que a menudo forma una de las cajas de la veta. La falla está mineralizada con cuarzo debilmente arjentífero i parece posterior a la mineralizacion de la Salvadora. En el sexto nivel el botamiento es de 30 m. de largo i arriba de 130 m. La roca intrusiva la llaman *panizo* i *criadero de estaño* porque los yacimientos de estaño siempre se encuentran en su inmediata vecindad. Un caso igual se ve en la mina de Ocavi en la rejion de Colquiri, 160 kilómetros al S. de Milluni. Parecen una granulita o aptita eruptiva.

*Chulumani i Chacaltaya.*—Las vetas de Milluni cruzan las montañas de Milluni i en su camino han presentado ricas minas de estaño. La formación no varia. En todas estas vetas sin excepcion se nota que las fisuras mineralizadas, aun contenidas en sedimentos paleozóicos, no están léjos de los granitos. La roca sobreyacente es altamente metamorfoseada, los minerales contienen gran cantidad de fluor i fósforo en combinaciones, i la casiterita ocupa una o ámbas cajas, siendo restrinjida la diseminacion del estaño en el centro de la veta.

*Minas de Araca.*—A 120 kilómetros al S. de La Paz, siguiendo el rio de este nombre están estas minas. Están a 160 kilómetros al S. E. de Illampu i 34, al S. E. de Illimani. Los trabajos están a 15,700 piés i algunos socavones, a 17,000 de altitud, en la vecindad de las nieves.

Se han encontrado cuatro vetas principales. La roca es una pizarra altamente metamórfica. Los cuerpos de mineral son irregulares i en bolsones, con tendencia a la estratificacion.

El solevantamiento aquí ha producido muchas fracturas en todas direcciones; la mineralizacion posterior ha cimentado las grietas. Hai bolsones de rico mineral, ramificado en vetillas en toda direccion imaginable, pero al mismo tiempo hai un rumbo jeneral de las vetas. Se encuentran jeodas con espléndidos cristales de casiterita, libres de toda impureza, lo que tiende a confirmar que la deposicion se ha debido a una accion pneumatolítica. Hai rajos desde el sol hasta 90 piés de hondura.

Las vetas mas interesantes están en la cuarcita a 17,050 piés. Se ha encontrado un crestón de cuarcita enteramente impregnado de casiterita en un espesor de 16 piés, pero de poca hondura. Este mismo modo de presentarse se

ha visto en Quimza Cruz, en la misma corrida a 30 kilómetros al S. E. de Araca. He notado que las vetas en cuarcita hasta con 50 % de estaño desaparecen a poca hondura angostando rápidamente. Cuarcitas en capas con espesor de mas de 30 piés se intercalan a menudo entre las esquistas cristalinas, i como estas cuarcitas son duras i poco elásticas, en el fenómeno de las dobladuras, se fracturan dejando escapar los vapores, sin formar grietas definidas. La continuidad de esas angostas venas es pues posible. Si estos irregulares planos de fractura son numerosos i ricos, el único modo de explotarlos es atacando todas las estratas; pero éstos casos son raros. Partes de la cuarcita, especialmente las contiguas a los planos de contacto, son mas porosas que otras, permitiendo una buena impregnacion. Así, pues, masas de tamaño variables, se han encontrado profusamente impregnadas de casiterita, muchas de ellas con mas de 20 toneladas de mineral de 50 a 60% de estaño. Tal ha sido el caso de Araca, en que la masa media  $16 \times 7 \times 1$  pie, o sea contenía 15 toneladas.

*Choquetanga.*—Cruzando el dorso de las montañas de Araca hácia los flancos orientales de la cordillera, se encuentra una série de yacimientos, algunos bien formados, i algunos diques típicos de granulita intrusiva mui descompuesta, proyectándose sobre la pizarra de los cerros. En los contactos de estos diques se encuentra buen mineral de estaño, especialmente en la veta Esperanza, con rumbo N. 55. E., con espesor de dos piés. El distrito recuerda al de Araca, pero es de difícil acceso, el transporte mui costoso, principalmente en épocas del año en que los caminos se cubren de nieve, i la explotacion de las minas suele paralizarse. Choquetanga está entre Araca i Quimza Cruz, pero en los flancos orientales.

*Quimza Cruz.*—Continuando al E. por la misma cadena de montañas i por el mismo lado de Araca, a unos 30 kilómetros de estas minas está la famosa rejion de Quimza Cruz. El descubrimiento de sus minas de estaño, hace unos 10 años, produjo gran entusiasmo en Bolivia. Jeológicamente, esta rejion es casi igual a Araca, pero las rocas sedimentarias presentan estructura de abanico. Las cuarcitas i esquistos descansan aquí tambien en granito.

El principal depósito es el *Tajo abierto* de Santa Fé, i todo lo que hemos dicho sobre el Tajo núm. 2 de Araca se aplica a éste. Las vetillas de la cuarcita de Monte Blanco no difieren de las de Araca; las de Camelia i San Luis de Quimza Cruz las he citado al describir Araca.

Estas minas se han explotado irregularmente i sin método i como no se comprendió la naturaleza de los yacimientos, se cifraron grandes esperanzas en su futuro. Una compañía chilena se formó con bases especulativas i compró los derechos a precio exorbitante, con capital inflado, en época de quebranto para el estaño en Bolivia.

*Santa Vela Cruz.*—La principal mina de este distrito, que está a 20 kilómetros al S. de Quimza Cruz es La Concordia. Pertenece a capitalistas de Boston, E. U., i es una de las pocas minas en que se han desarrollado trabajos sistemáticos estensamente, durante seis años, i como en Milluni en sentido estricto, puede verse aquí mineral a la vista. Se han gastado mas de 600,000 dolares en ese tiempo i La Concordia tiene ahora 10 niveles reconocidos. Esto permite un mejor estudio de la formacion, que es algo diferente de las descritas.

*La veta Concordia.*—Aparenta ocupar una línea de fractura; arrumba de N. a S. i su espesor varia de 9 a 14 piés. El depósito está brechado. Los fragmentos de la brecha son pequeños, redondeados i de color claro, i se componen de cuarcita típica o de arenisca en transicion a cuarcita, que han sido cementados, no por el mineral, sino por una sustancia que se presume es de oríjen eruptivo. Evidentemente la parte superior de la falla se ha rellenado con el detritus que se cementó con la roca recién citada, dejando espacios vacios en la brecha, posiblemente producido por trituracion posterior del conglomerado, que se rellenaron con casiterita primero i piritas despues. Es interesante notar que posteriormente se han producido movimientos, cada uno caracterizado por una intrusion especial de roca eruptiva, o deposicion de mineral. Las cavidades entre los fragmentos de la brecha están cubiertos con jeodas de casiterita i piritas.

En varios niveles hai intrusiones de diques microgranulíticos, aparentemente posteriores a la época del relleno de la brecha, porque esta roca rodea i corresponde en su forma a la de la brecha. Pizarras i cuarcitas descansan en un granito atravesado por diques de microgranulita.

No creo que esta microgranulita tenga relacion con la deposicion del estaño. En el contacto de la roca eruptiva con la brecha la mineralizacion es intensa, i un poco ménos en el contacto con las cajas de la grieta. En la roca eruptiva se ve pseudomorfosis de casiterita en felpato. Parece, pues, que la deposicion del estaño fué posterior a la intrusion del dique, que forma una falsa caja en la grieta. Si la emanacion hubiera venido de esta roca eruptiva, la mineralizacion no se habria limitado a uno solo de sus lados. Las observaciones de la veta Concordia pueden dar idea sobre la formacion del estaño en Oruro, que podrán ser posteriores a la erupcion de riolitas. Todo el depósito ha experimentado fallas sucesivas. La deposicion del estaño se produjo como en Araca, si se consideran los espacios entre la brecha como numerosas i pequeñas cavidades unidas entre sí por pequeños intersticios.

La mina Concordia es de las pocas en que toda la perforacion se hace con perforadoras eléctricas, posible por la abundancia de fuerza hidroeléctrica a 2 kilómetros de la mina. Al tiempo de mi visita se habia pedido un establecimiento de concentracion de Estados Unidos, con chancadoras Blake, molinos de cilindros i mesas Wilfley.

*Colquiri.*—En los flancos occidentales de la Cordillera i hácia la altiplanicie, á unos 100 kilómetros al S. E. de Illimani, está el famoso distrito de Colquiri. La rejion se compone de pizarras duras con capas de cuarcita intercaladas irregularmente. Aunque en la vecindad inmediata de Ocavi i Colquiri no hai manifestaciones de granito subyacente, no es difícil verlo porque se presenta en forma de diques.

En el distrito de Colquiri, una gran falla que se estiende a 5 kilómetros ha sido fuertemente mineralizada, formando el depósito principal, en tanto que grietas laterales de igual mineralizacion, constituye cuerpos secundarios, como Ocavi, 2 i  $\frac{1}{2}$  kilómetros al N. Un exámen detenido de estos cuerpos tiende a mostrar que están íntimamente relacionados; en efecto, el oríjen de los dos es el mismo. En ambos se ve la misma roca intrusiva fuertemente descompuesta. En ambos se presentan enormes masas de materia

caolinizada, abundante en cuarzo angular, mica sericítica i fluospato. Este como los cristales de apatita se encuentran en la inmediata vecindad de esta roca intrusiva descompuesta. El estaño se ha depositado en la vecindad de estas masas en bandas, i ocasionalmente los gases han obrado sobre la roca del cerro i despues de descomponerla en una sustancia talcosa, la han impregnado hasta cierto punto con casiterita, como se ve en las vetas San Andres i Copacabana de Colquiri i Ocavi. A veces estas porciones impregnadas de las cajas se trabajan con provecho. En otras vetas, como la Thalia de la mina Ocavi, la roca intrusiva, mui probablemente aplita, encontré su salida por la veta i en partes ha penetrado entre los planos de estratificacion de las pizarras. Es el mismo *panizo* ya descrito.

*Minas primero explotadas por plata.*—El descubrimiento de estos depósitos data de los tiempos de la conquista española, hace 400 años, época en que los españoles la trabajaron por plata. Colquiri en aimará significa «lugar de plata». El trabajo debe haber sido estenso a juzgar por los inmensos desmontes. Los crestónes, ricos en cloruros y bromuros de plata se trabajaron a rajo abierto i despues por métodos subterráneos complicados; en tanto que el estaño, sin valor entonces se abandonó. La guerra de la independencia paralizó estos trabajos. En los últimos 20 años se han trabajado estas minas por estaño, i los minerales de plata se reservan para un futuro mas próspero.

Hasta llegar a Colquiri todas las minas pasadas en revista son simplemente estaníferas, con solo pequeñas cantidades de galena i blenda.

En Colquiri, encontramos una rejion parecida a Oruro, en que los sulfuros parecen íntimamente ligados a la casiterita. En Oruro, como en Colquiri, la explotacion primitiva se concretó a los cloruros i bromuros de plata, i a sulfuros de plomo i zinc platosos. La famosa mina de Potosí pertenece a la misma categoría.

La única diferencia entre Colquiri i Oruro es que la mineralizacion del primero está relacionada a una roca ácida del tipo del granito, i el último, aparentemente a la riolita o a una transicion entre ésta i aquél. Creo, sin embargo, que los yacimientos de Oruro están en relacion a una roca ácida profunda, que mui probablemente seria el magma de Colquiri i no las riolitas de las grietas de contraccion en que se produjo la deposicion, primero del estaño i despues de otros minerales. En Colquiri i en Oruro mis observaciones tienden a demostrar que el relleno de las vetas tuvo lugar en varias épocas i que las vetas se reabrieron varias veces. En las minas de Colquiri i Ocavi hai vetas posteriores a las principales de estaño, de manteo i rumbo opuesto a estas, i mineralizadas abundantemente con sulfuros complejos, pero sin rastros de estaño.

*Los yacimientos de Colquiri.*—Para mejor claridad, dividiré estos yacimientos en tres secciones: la central (chojna-Socavon), la setentrional (cerro Villacollo) i la austral (San Andres). La seccion central está en las pertenencias Colquechaca. Aquí los españoles cortaron la veta a 360 piés debajo del afloramiento mediante un socavon de 1,115 piés. La veta tiene muchos clavos. La caja del lecho es una roca intrusiva descompuesta i caolinizada que contiene estaño en su superficie; despues vienen zonas sucesivas de blenda arjentífera, galena, fajas interpuestas de pizarras, otra vez casiterita, blenda, piritas grises

con plata, indicios de oro, i algo de casiterita, etc., hasta llegar a la caja del piso, en un espesor total de 141 piés. Es interesante notar que las fajas interpuestas de pizarra son tambien seguidas de la roca intrusiva descompuesta la que, ademas de casiterita, en su cara es acompañada de bandas de fluospato. Aproximativamente se han corrido 3,000 piés de labores, ademas del socavon, en la pertenencia Colquechaca, i en la propiedad contigua de San Antonio, cerca de 1,200 piés. A medio kilómetro al sur de Colquechaca está San Andres. Aquí la mineralizacion es magnífica, pero todos sus trabajos están en la zona de oxidacion. En la caja de patilla, una banda de pizarra descompuesta está impregnada con partículas de casiterita con 25% de estaño. La estremidad sur (pertenencia Guillermo) de la veta se ramifica en vetillas paralelas que varian en espesor en buena lei de  $\frac{1}{2}$  centímetros a 10 centímetros. Se presenta tambien aquí el fenómeno de concentracion mecánica natural descrito al tratar de Milluni.

En la seccion norte la veta principal se ramifica en cuatro de espesor entre 3 i 5 piés i que probablemente representan las ramas de un dique de magma intrusivo, muy descompuesto, con bastante estaño en la periferia de estas masas caolinizadas.

*Las minas de Ocavi.*—Aparentemente hai 8 vetas, 4 en la propiedad del sur, Anjélica, i 4 en la propiedad del norte, San Lucas. Considerando la direccion de estas 8 vetas, probablemente las unas son continuacion de las otras, siendo en realidad 4 vetas. El espacio intermedio está cubierto con detritus glacial, cubriendo los afloramientos i dándoles apariencia de discontinuidad.

No me atreveria a decir que todas estas vetas se unen en profundidad formando una sola. Al examinar la formacion se nota primero que las vetas ocupan una zona de limitada anchura, 120 metros al norte i 150 a 170 metros al sur en un largo total de un kilómetro. Considerando que el manteo de cada veta tiene tendencia a acercarse al de las otras en hondura, no sería extraño su reunion en profundidad.

Todas estas vetas cortan las estratas del terreno, de pizarras casi a ángulo recto. Es notable la semejanza entre las vetas de Ocavi i Colquiri; ambas contienen masas esponjosas i cavernosas de óxido de fierro enteramente desprovisto de estaño, el que se concentra mas abajo. Las vetas Copacabana i N.º 1 contienen grandes masas de roca intrusiva caolinizada con bastante casiterita que las rodea.

Las minas de Ocavi pertenecen a una compañía anglo-americana que le ha erijido un moderno plantel de concentracion con pisones de California de 950 libras, harneros planos vibratorios i Callow, molino Huntington, mesas Wilfley, buddles Sperry, etc. Ha hecho 50 millas de camino carretero hasta la estacion del ferrocarril, i ha podido trasportar piezas de  $7\frac{1}{4}$  toneladas de peso. Posee un estanque de agua de 3 millas. Actualmente la compañía trabaja la zona oxidada de las vetas i pronto tendrá que explotar la de los sulfuros, rica en estaño, pero con las partículas de casiterita incluidas en las piritas. La compañía tendrá entónces que hacer una concentracion preliminar para separar la ganga i despues calcinar los concentrados, volverlos a moler i concentrarlos nuevamente. La lei media de los minerales es de  $3\frac{1}{2}$ % de estaño i a veces 4.

La veta española contiene minerales de plata; según la tradición un pique vertical hecho en la veta tomó roscleres de plata. El mineral se compone de cuarzo esponjoso con mispiquel, galena, blenda i algo de estaño.

*La zona estanífera de Oruro.*—Esta zona paralela a la primera estudiada, se estiende algunos cientos de kilómetros e incluye algunas de las mas ricas minas de estaño de Bolivia, entre las que descuella Potosí. Oruro, en la dominacion española, alcanzó altísimo grado de prosperidad, i a pesar de la antigüedad del lugar ha sido uno de los principales centros de la plata de Bolivia, aventajado solo por Potosí i Colquechaca. Hoi un ferrocarril de 928 kilómetros lo une a Antofagasta. La elevacion de Oruro es 12,116 piés.

A través de las primeras esquistas se produjo una erupcion de riolitas. La contraccion de éstas produjo fracturas con rumbo N. i NO. que se han mineralizado en diversos períodos. La matriz del mineral es cuarzo i la mineralizacion es compleja. Los reventones de las ventanas tenian ricos bromuros, cloruros i yoduros de plata i plata nativa. Debajo de la zona de oxidacion, los minerales citados se sustituyen por ricos sulfuros i antimoniatos de plata i cobre gris i mayor hondura predominan peritas i compuestos de arsénico i antimonio, i venillas de sulfuro de plata.

En ciertas vetas «Colorada, Otocha, etc.» cerca de los crestones se han encontrado notables cantidades de estaño i la explotacion de este metal ha sido continua durante 20 años, mientras que la de plata disminuia considerablemente. En Oruro, como en otras rejiones semejantes, la deposicion del estaño es anterior a la de los sulfuros. No he visitado las minas al S. de Oruro, escepto Morococala, si bien Huanuni, Uncia, Negro Pabellon i Llallagua son importantes productores de estaño.

*Potosí.*—Sus minas se descubrieron en 1545. Los afloramientos eran enormemente ricos en cloruro de plata i plata nativa, i su produccion ha excedido a 2 millones de onzas. En los últimos 20 años el estaño ha sido el producto principal de ese maravilloso distrito.

Segun A. Wendt la formacion se compone de pizarras i areniscas a través de las cuales se han producido estrusiones de riolita. Las mejores vetas están en esta roca eruptiva i tienen forma de abanico, producido al enfriarse el magma. En seguida se mineralizaron.

Las vetas son silicosas, especialmente cerca de la superficie i son ricas en plata nativa i cloruro de plata; en hondura hai pirita, algo de galena, blenda i calcopirita. La plata está en tetrahedritas. Los antiguos españoles no aprovecharon el estaño. La lei de estos minerales en estaño es  $3\frac{1}{2}\%$ .

*Resúmen del modo de deposicion del estaño.*—En los yacimientos enumerados, el estaño ocupa preferente una o las dos cajas de las vetas, i a menudo no hai estaño en el relleno de éstas. Si la formacion de las fracturas fué acompañada de una trituracion de la roca i consiguiente produccion de falsas cajas, como en Ocavi i Colquiri, el estaño se encuentra tambien en estas falsas cajas.

La accion pneumatolítica a gran hondura, presion i temperatura, explica a satisfaccion el modo de deposicion. Es característica la asociacion de las rocas ácidas a los yacimientos estaníferos de Bolivia.

Debe insistirse en que las vetas de casiterita son anteriores al relleno de las vetas con otra materia mineral precipitada por las aguas circulantes, se

reabrieron i rellenaron en varios períodos coincidentes con el solevantamiento de las montañas de la costa. Aun la estanita ( $S\ Cu_2 S\ Fe_2 S_2 S_n$ ) se ha depositado ántes que los demas sulfuros. Con mayor frecuencia, sin embargo, el estaño se encuentra en los sulfuros nó en combinacion con ellos sino como pequeñas partículas de casiterita incluidas en aquéllos.

### III. LA ESPLOTACION I EL LAVADO DEL ESTAÑO EN BOLIVIA

Bolivia, pais mediterráneo, necesita de sus vecinos para comunicarse con el exterior. Sus salidas naturales al O. o al Pacífico, son Perú, via Mollendo i Chile, vias Arica i Antofagasta.

Los puertos nombrados tienen líneas férreas hasta La Paz: el ferrocarril Antofagasta-Oruro-La Paz (1,161 kilómetros); el de Arica-La Paz (438 kilómetros), i el de Mollendo-Arequipa-Puno-Lago Titicaca-Guaqui-La Paz (856 kilómetros, de los que 237 kilómetros se recorren por el lago). Se construyen ramales a Cochabamba i Potosí-Sucre. Desgraciadamente falta mucho por hacer, principalmente en cuanto a caminos mineros.

El Gobierno de Bolivia estimula en cuanto puede a las empresas privadas en la construccion de caminos. La dificultad de los trasportes a menudo impide el trabajo de las minas maravillosas de este pais. Con frecuencia tiene que abandonar propiedades que resultan por esto sin valor.

*Brazos i salarios.*—La densidad de la poblacion boliviana es escasa; solo 10% de sus habitantes es blanca, siendo el resto compuesta de mestizos o cholos e indios. El operario boliviano es bien adaptado a su tierra, pero mui dado a las fiestas. Cuando tiene suficiente alimento i bebida especialmente no trabaja mas que lo absolutamente necesario. El ingeniero se ve obligado a permanecer en la inactividad i a perder el tiempo debido a estas fiestas, i tiene ocasion de comprobar el efecto de la creencia de los aboríjenes de que Dios los ha creado para descansar en el dia i dormir en la noche. Sin embargo, los indios, acostumbrados a la vida de las grandes altitudes del pais, son indispensables para el trabajo de las minas.

Hace cuatro años, durante la baja del precio del estaño i cuando mucho capital chileno se invirtió en estos negocios, la construccion de ferrocarriles aumentó los salarios mas de lo necesario; el minero que ántes ganaba 1 a 1.20 (1) bolivianos, en 1907 llegó a ganar 2.80 bolivianos. En estas circunstancias muchas minas no pudieron trabajar. Por fortuna, las condiciones han vuelto a su estado normal.

*Fuerza motriz.*—Pocas son las minas que tienen fuerza hidráulica. Están situadas en el corazon de Los Andes cerca de las nieves i por otra parte sufren de la dificultad de los trasportes. La mayoría de las minas i las mas productivas, léjos de poseer fuerza hidráulica, apénas tienen el agua necesaria para la concentracion. En estas minas la fuerza se produce con *taquia* o guano de llama i de plantas resinosas como la *yarata*, *tola* i *quenua*, que son poco abundantes i crecen lentamente en las altitudes.

(1) 1 Boliviano equivale a 19½ peniques.—N. del T.

La hulla al presente cuesta de 90 a 120 bolivianos la tonelada. El rendimiento de la *taquia* como productor de vapor es de 1:6 comparada con el carbon. El precio medio de la *taquia* es de 9 a 12 bolivianos la tonelada.

Ultimamente, en muchas minas se emplean motores de gas i petróleo. El gas aventaja al petróleo por la dificultad del transporte de este último i la facilidad de robarlo. El gas se produce con antracita i ha dado buen resultado. A 15,740 piés en las minas de bismuto de Chorolque, un motor que al nivel del mar rendía 60 caballos desarrolla 48, con 330 gramos de antracita por caballo hora; en ciertas condiciones se consumen hasta 450 gramos de este combustible.

*Proteccion al capital.*—Las leyes mineras de Bolivia son liberales; con igual libertad se hacen concesiones a ciudadanos i extranjeros i sin las dificultades i formalidades europeas. La lei de concesion minera descansa en el principio de prioridad de la peticion i protege al minero i al capital. Hai imperfecciones que dan oríjen a pleitos; pero con buenos títulos en mano puede encontrarse seguridad.

*Trabajo de las minas de estaño.*—Pocas minas en Bolivia pueden exhibir un trabajo preparatorio, esto es un reconocimiento del yacimiento, mostrando macizos de cuatro caras. El minero, en jeneral, sigue las ricas manchas de mineral en todas sus caprichosas sinuosidades, estrayendo lo rico con hombres i niños que lo apirean con extraordinaria ajilidad. Inconscientemente así reconocen la mina i la prepara en forma que pueda estudiarse la formacion, pero sin poner mineral a la vista en el sentido europeo. Sus medios son mui limitados para una explotación i desarrollo regulares, aun si reconoce su necesidad. Ni entre las mas prósperas i ricas minas se ve mineral enfrentado. El reconocimiento solo precede pocos meses a la explotación.

Muchas minas de Oruro se despreciaron hace 10 años por falta de mineral a la vista, pero sin embargo han estado dando buenos productos i están léjos de agotarse.

*Lei del estaño en sus minerales.*—Es frecuente en Bolivia decir que hai minas que dan minerales de 10, 15 i 20% de estaño. Esto es inexacto i a lo que aquellas cifras corresponden es a la palla o mineral escojido i separado de mas de la mitad o de las tres cuartas partes de broza. Los propietarios de algunas de las minas mas productivas, como Huanuni i Llallagua, difícilmente saben la lei media de sus minerales.

Mi experiencia i la de expertos ingenieros que han estudiado la mayor parte de la rejión de Oruro, como Llallagua, Huanuni, Negro Pabellon, Uncía, Morococala, etc., me permite decir que no hai mina con minerales de mas de 4% de estaño escepto una que en realidad es un alcance o bonanza.

*La concentracion primitiva.*—La concentracion de los minerales de la zona oxidada, que no contienen sulfuros, es sencilla, pero se complica cuando éstos se encuentran presentes, en cuyo caso el estaño se encuentra como estanita o casiterita en pequeñas partículas incluidas en piritas. Si los minerales tienen muchos sulfuros, se hace un lavado preliminar para oxidarlos o para transformar al sulfuro de estaño en óxido.

Si la tuesta es necesaria, primero se tritura el mineral i se elimina toda la ganga posible por lavado, despues se tuesta el concentrado, se vuelve á moler para libertar la casiterita del óxido de fierro o finalmente se reconcentra en

mesas u otros aparatos. El producto se llama *barrilla* i contiene de 55 a 70% de estaño. En esta forma se esporta en sacos de 50 a 100 libras.

La molienda se hacia en *quimbalates* que se hacen de piedra o fierro; en su forma semejan una pirámide truncada de base convexa, debajo de la que se muele el mineral en un piso de piedra o fierro, mediante la accion de un hombre que le da un movimienro oscilatorio i de rotación.

El mineral molido, se harnea a mano por mnjeres i se lava, en cribas movidas a mano, obteniéndose dosclases de concentrados. Se remuelen otra vez, se laban en cribas nuevamente i los productos finos se lavan en largos canales inclinados, en que se harnean i se rasquetean en direccion opuesta a la de la pequeña corriente de agua usada, la cual gradualmente arrastra las partículas de relave, miéntras que las pesadas de casiterita adhieren al fondo. Repetidas estas operaciones dan productos de 58 a 65% de estaño. Las pérdidas a menudo llegan a 50% i solo el mineral rico i bien escojido resiste este tratamiento con provecho.

*Planteles modernos de concentracion.*—Las compañías extranjeras i las minas ricas de bolivianos cuentan con planteles modernos de concentracion, con máquinas europeas i norteamericanas de gran variedad de clases. En la eleccion de la maquinaria es de importancia la cuestion del trasporte i puede motivar la eleccion de una maquina que no es la mejor.

La clase de maquinaria depende naturalmente de la clase de mineral. En la mayoría de los casos la casiterita se presenta en gruesos cristales i a menudo se la ve en pequeñas partículas encerradas en una ganga ferrujinosa. No pocas veces la casiterita está incluida en una masa de pirita o forma el centro de un agregado de minúsculos cristales de pirita. Hai minas que tienen estanita o sulfo antimoniuro de estaño, plata i plomo (andorita) u otros compuestos complejos. La ganga a menudo es cuarzo i óxido de fierro de dureza media, pero a menudo, como en las impregnaciones de cuarcitas, etc., el mineral es mui duro. En Araca, por ejemplo, en que el mineral es mui duro, el molino de bolas Grūson dio malos resultados por su gran desgaste i pequeña capacidad. Los pisones han tenido mas éxito.

Aunque no soi partidario de los pisones en un lejano pais en que el operario diestro es escaso, he visto que el pison ordinario de California es aceptable, pues su sencillez i capacidad de soportar el manejo grosero, da buenos resultados en la molienda fina.

*Concentrador de Ocavi.*—Este plantel tiene pisones de 950 libras. El mineral despues de un escojido cuidadoso a mano, se chanca en máquinas Blake de 7 por 10 pulgadas i en seguida pasa a los pisones. Las máquinas concentradoras son Wilfley núm. 5, buddles Sperry ademas de los buddles ordinarios de superficie de cemento; ademas de los demas aparatos accesorios, como cribas de Harz de 3 secciones, un molino Huntington para remoler, Harneros Callow, estanques cónicos desaguadores, harneros planos vibratorios, etc. La particularidad del buddle Sperry o buddle de oscilacion para légamos es que combina el movimiento circular con el de oscilacion, con una inclinacion variable i ajustable segun el mineral. La superficie de la mesa es de goma. Se obtienen dos clases de concentrados. El aparato es algo complicado i fácil de inutilizarse. Habia un motor de petróleo Hornsby que se reemplazó por un motor de vapor

mas económico. Las lamas finas van a los buddles de cemento donde se tratan en sucesion, esto es, los concentrados de un buddle se tratan en otro i los productos medios en un segundo, repitiéndose la operacion. Las primeras lamas van a estanques de decantacion i se lavan por indios contratistas.

En Oruro los mejores establecimientos emplean pisones, mesas Wilfley o Ferrari i buddles redondos para los légamos finos. En muchas minas los motores de gas han sustituido con buen éxito a los de vapor o petróleo.

*Molino de Araca.*—Han tenido aquí que resolverse grandes dificultades por el aislamiento del plantel para su ereccion. Se dispone de un andarivel para los minerales que bajan de 17,000 a 15,500 piés. Hai fuerza hidráulica, un molino de bolas Grúson, cribas, clasificadores, mesas Ferrari i buddles Linkenbach. Estas últimas trabajan mui bien con los légamos de casiterita su diámetro es 7 metros, su capacidad 600 a 800 kilogramos de légamo seco por hora, su consumo de agua 3 litros por segundo i la fuerza que gastan  $\frac{3}{4}$  de caballo.

Los minerales se escojen preliminarmente a mano, elevándose su lei a 6 i 8% de estaño. La lei del concentrado es 64% de estaño metálico.

Cien libras de barrilla cuestan en el establecimiento 7.40 dollars. La barrilla se trasporta a La Paz en llamas o mulas.

*Los ingenios de Milluni i Huayna Potosí.*—Ambos tienen fuerza hidráulica. El agua procede de lagunas del deshielo, que tienen mas de un kilómetro de diámetro. Ambos planteles tienen pisones neumáticos Cornish. Cada pison muele 32 toneladas en 24 horas a 18 mallas por pulgada de fuerza. El costo de reparacion especialmente de los tamices es elevado. Despues de clasificados los productos van a mesas Wilfley i buddles. Las piritas se calcinan i remuelen en trapiches Reynolds de 15 toneladas de capacidad en 24 horas i se reconcentran.

En Huayna-Potosí la mayor parte del bismuto está incluido en el fierro; el mineral despues de tostado i de que el óxido de fierro se vuelve magnético, pasa por separadores magnéticos. Los concentrados de Huayna-Potosí tienen 50% Sn i se remiten al Havre (Francia), donde se les estrae el bismuto. El concentrado de Milluni no tiene bismuto i su lei en estaño es 65%. El concentrado de Huayna Potosí lleva plomo, antimonio i azufre.

*Costo de explotacion i beneficio.*—Varia mucho en las distintas regiones i para dar una idea daré dos ejemplos de minas mui distantes, sin mencionar nombres.

*Mina núm. 1.*—Con fuerza hidráulica. Costo por tonelada de mineral:

Explotacion.....	8.60 Bs.
Trasporte de la mina al plantel.....	0.12
Salarios del Jefe i ayudantes.....	1.00
Material de mina, dinamita, etc.....	2.55

Total de explotacion.....

12.27

Escojido a mano i apaleo.....	1.23 Bs.
Concentracion.....	0.95
Pesada, secamiento, ensacado, etc.....	0.20
Materiales i reparaciones.....	1.44
Ensayes.....	0.04
Jefe del plantel i ayudantes.....	1.24
<hr/>	
Total de concentracion.....	5.10
Jerente, ayudantes, oficina, etc.....	0.78 Bs.
Cargas o impuestos de minas.....	0.14
<hr/>	
Total de gastos jenerales.....	0.92
<hr/>	
Costo total.....	18.29 Bs.

El concentrado contiene 64% de estaño metálico. En Bolivia se calcula por quintal español de 100 libras i el quintal de barrillas cuesta en la mina alrededor de 17 bolivianos.

El transporte de la mina a Europa por quintal de barrilla se divide así:

De la mina a Guaqui, por mula o ferrocarril... ..	4.60 Bs.
De Guaqui a Mollendo, por vapor i ferrocarril..	1.30
De Mollendo a Europa.....	1.00
Derechos de esportacion, en promedio.....	2.00
Comisiones, seguros, etc.....	1.40
<hr/>	
	10.30 Bs.

*Mina núm. 2.*—Sin fuerza hidráulica. Combustible, petróleo o taquia.  
Costo por tonelada:

Explotacion.....	4.13 Bs.
Materiales, fierros, dinamita, etc.....	1.26
Fortificacion i relleno.....	1.60
<hr/>	
Total de explotacion.....	6.99
Combustible.....	1.00 Bs.
Concentracion.....	2.46
Secamiento de barrilla, ensacado, etc.....	0.80
Materiales, reparaciones, etc.....	0.50
Ensayes.....	0.10
<hr/>	
	4.86

Carpintería, albañilería, herrería, ingeniero.....	1.20 Bs.
Contaduría, gastos de almacen.....	0.40
Reparacion de caminos, servicios legales.....	0.30
Varios gastos.....	0.40
<hr/>	
Total de gastos jenerales.....	2.30
Administrador i ayudante.....	1.60 Bs.
Jefe de la mina.....	0.25
Varios.....	0.15
<hr/>	
Total de administracion.....	2.00
<hr/>	
Costo total.....	16.15 Bs.

Los fletes i derechos desde la mina a Europa, incluyendo seguros i comisiones, por 100 libras de barrilla, ascienden a 9 bolivianos.

*Derechos de esportacion.*—Bolivia cobra un derecho de esportacion por cada 10 libras de barrilla (reconcentrados de estaño), independientemente de su lei en estaño. Este derecho varia con el precio del estaño en Lóndres del modo siguiente:

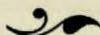
Cotizacion del estaño en Londres en £ por tonelada de 2,240 libras		Derechos de esportacion. Bolivianos por 100 libras de barrilla
£ 100	.....	0.90
100	110.....	1.00
110	120.....	1.15
120	130.....	1.30
130	140.....	1.45
140	150.....	1.60
150	160.....	1.75
160	170.....	2.00

La mayor parte de las minas están en la altiplanicie a altitudes de 12,000 a 16,000 piés. En estas rejiones, no obstante estar en la zona tórrida, el clima es frio i saludable. Naturalmente las fiebres, los mosquitos, etc., son desconocidos. El aire es tan puro que las personas de pulmones débiles se curan fácilmente. La enfermedad que debe temerse es la neumonía. El vestido debe ser de lana i grueso. Los enfermos del corazon no deben subir a la altiplanicie, porque la altitud les es peligrosa o fatal.

MILTIADES ARMAS,

Jerente de La Paz Mining Company,  
La Paz (Bolivia).

(De The Eng. & Min. Jour).



## Estadística Minera de España

Bajo la dirección del Consejo de Minería se ha publicado últimamente en España la Estadística Minera correspondiente al año 1909, contenida en un volumen de poco más de mil páginas.

En su preparación se ha seguido el plan señalado por el Real decreto de 3 de enero de 1908, que reorganizó el Consejo i fijó los puntos principales que debería abarcar la Estadística.

Analizando la obra en sus detalles se ve que el Consejo de Minería ha logrado llegar a un trabajo completo i exacto que, espuesto en cuadros claros i ordenados, permite formarse una idea precisa del desarrollo de la industria minera de España i de su capacidad productiva.

Los primeros capítulos comprenden los cuadros jenerales de producción de la minería i metalurjia i el estado i movimiento de la propiedad.

Enseguida viene una reseña de cada provincia en particular i de los establecimientos del Estado.

El trabajo práctico ha corrido a cargo del Cuerpo de Ingenieros de Minas, para lo cual se ha dividido el Reino en ocho rejiones mineras, subdivididas en 29 distritos i éstos en 49 provincias. Cada rejion está a cargo de un ingeniero jefe i cada distrito a cargo también de un ingeniero.

Concluye la obra con el Catastro Minero o Padron de Minas detallado por provincias, clasificado por sustancias i con especificación del nombre de las concesiones, superficie, situación i propietario.

Los datos que se dan en la obra asignan a la producción minero-metalúrgica del año 1909 un valor total de 454.750.992.79 pesetas. Esta cifra adolece del defecto de haberse sumado conjuntamente los valores correspondientes al ramo de laboreo i al de beneficio, sin hacer en el último deducción alguna por los minerales ya valorizados en el primero; pero ha habido que obrar así a fin de facilitar la comparación con años anteriores, siguiendo la práctica ya establecida.

La descomposición de esta cifra en los dos ramos de trabajos, es la siguiente:

Laboreo.....	200.555,171.91 pesetas
Beneficio.....	254.195,820.88 »

La propiedad minera está dividida en 26,003 concesiones o pertenencias i 4,210 demasías con un total de 947,204 hectáreas. De éstas son productivas 1,741 pertenencias i 277 demasías con un total de 252,839 hectáreas.

Los operarios ocupados en minas i establecimientos fueron 156,782 entre hombres, mujeres i niños. Los accidentes del trabajo ocasionaron 282 muertos, 503 heridos graves i 14,229 heridos leves.

La producción por sustancias, concesiones productivas, superficie, operarios, valor de los productos en la mina, número de establecimientos de beneficio, maquinaria, operarios, productos beneficiados i su valor en las fábricas se ven en los dos cuadros que siguen.

## PRODUCCION MINERA DURANTE EL AÑO 1909, CON EL NÚMERO DE CONCESIONES

Sustancias	Concesiones productivas		Superficie			Obreros
	Minas	Demasías.	Hectáreas	Áreas	Centiáreas	
Aguas subterráneas.....	39	..	496	35	25	92
Antracita.....	13	..	3,561	85	48	1,515
Arcilla (1).....	1	..	30	..	..	?
Arsénico (pirita).....	6	..	339	..	..	170
Asfalto.....	8	..	172	..	..	49
Azogue.....	16	3	196,449	15	40	1,373
Azufre.....	8	..	1,074	32	55	602
Barita (sulfato).....	5	..	53	..	..	14
Bismuto.....	2	..	26	..	..	52
Cinc.....	84	1	1,002	07	79	4,864
Cobre.....	145	7	4,194	31	57	25,448
Estaño.....	7	1	785	28	61	316
Esteatita.....	4	..	80	..	..	84
Espato fluor.....	3	..	58	..	..	27
Fosforita.....	8	..	76	..	..	355
Granate.....	2	..	54	..	..	221
Hierro.....	503	60	10,212	41	28	36,804
Hierro arjentífero (2).....	..	..	..	..	..	64
Hierro (pirita).....	7	..	41	42	19	842
Hulla.....	447	145	24,006	72	70	21,956
Kaolin.....	2	..	24	..	..	47
Lignito.....	58	..	3,520	69	97	1,494
Magnesia (carbonato de).....	2	..	40	..	..	40
Manganeso.....	6	..	48	19	34	203
Ocre.....	1	..	7	..	..	12
Oro.....	1	..	163	..	..	8
Plata.....	3	..	40	19	24	349
Plomo.....	184	3	4,135	72	33	14,233
Plomo arjentífero.....	133	57	1,371	27	50	10,138
Sal comun.....	35	..	643	66	67	346
Sosa (sulfato).....	3	..	72	31	96	16
Tierras aluminosas.....	2	..	21	..	..	14
Wolfram.....	3	..	41	..	..	118
<b>TOTALES.....</b>	<b>1,741</b>	<b>227</b>	<b>252,839</b>	<b>99</b>	<b>83</b>	<b>121,866</b>

(1) Se trabaja con intermitencia.

(2) Procede de minas de hierro i plomo arjentífero.

(3) Las 13,200 toneladas de arenas auríferas han producido 5,016 gramos de oro, cuyo

NOTA.—En las minas improductivas hai empleados 6,101 obreros, que sumados a los de laboreo.

**LABOREO**

PRODUCTIVAS I SU SUPERFICIE I EL DE OBREROS I MÁQUINAS EN ELLAS EMPLEADOS

Máquinas						Produccion	
HIDRÁULICAS		DE VAPOR		ELÉCTRICAS		Toneladas	Valor a boca mina — Pesetas
Número	Fuerza en caballos	Número	Fuerza en caballos	Número	Fuerza en caballos		
....	....	3	620	....	....	29.314,738	1.603.779,86
....	....	24	567	2	203	198,802	3.004.194
1	200	....	....	....	....	150	187,50
....	....	1	15	....	....	3.234,300	56.492
....	....	9	291	....	....	5.283,500	52.835
....	....	4	44	....	....	37.397,639	5.082.425,55
....	....	....	....	....	....	21.749,900	149.127,05
....	....	1	10	....	....	422	3,220
....	....	35	695	20	435	78	40.531,08
3	317	265	31,898	11	1,835	163.521,514	7.388.293,35
3	355	3	75	1	300	2.955.253,958	35.407.191,79
3	125	1	25	....	....	1.554,850	19,550
....	....	1	12	....	....	5.583,100	17.114,80
....	....	3	94	....	....	245,860	3.747,40
....	....	....	....	....	....	1.386,500	42.245
6	77	302	8,085	57	1,699	200	2.000
....	....	2	23	....	....	8.786.020,627	45.503.256,22
....	....	12	458	....	....	3.812,590	22.539,48
....	....	221	8,689	12	655	258.931,240	1.215.010,70
....	....	....	....	....	....	3.662,573	47.345,231
1	200	15	592	2	50	570	6.350
1	75	1	4	....	....	265.019	3.269.094,90
....	....	7	470	....	....	850	2.550
....	....	5	120	1	4	7.826,500	134.886
2	220	9	290	7	218	418	4.180
9	77	295	10,390	23	920	13.200	(3) 335.226,04
4	130	206	5,422	24	786	388,168	18.780.025,61
2	7	6	77	1	50	137.049,976	30.619,076,78
....	....	....	....	....	....	161.496,135	378.510,60
....	....	....	....	....	....	23.044,900	1.075,20
1	45	1	8	....	....	141	1.225
....	....	....	....	....	....	35	64.000
....	....	....	....	....	....	129	....
36	1,828	1,432	68,974	161	7,065	....	200.555.171,91

valor figura en el ramo de beneficio.

121,866 que trabajan en las minas productivas hacen un total de 127,967 operarios en el ramo

PRODUCCION POR SUSTANCIAS DE LAS OFICINAS DE BENEFICIO EN ACTIVIDAD CON  
BENEFICIADA I VALOR CREADO

Sustancias	Fábricas en actividad	Máquinas en actividad					
		HIDRÁULICAS		DE VAPOR		ELÉCTRICAS	
		Núm.	Fuerza en caballos	Núm.	Fuerza en caballos	Núm.	Fuerza en caballos
Aglomerados de carbón mineral.....	13	..	....	12	950	6	330
Arsénico.....	1	..	....	1	30	..	....
Asfalto.....	3	1	30	2	45	1	25
Azogue.....	6	..	....	5	43	..	....
Azufre.....	2	..	....	1	60	4	80
Calburo de calcio.....	4	10	4.250	..	....	14	4.400
Cemento natural.....	59	34	798	28	1.925	11	470
Cemento Portlánd.....	7	12	2.800	10	912	10	615
Cinc.....	1	..	....	3	190	..	....
Cobre.....	21	..	....	53	4.879	7	302
Hierro.....	16	40	3.105	338	32.933	39	4.962
Hulla (coke).....	18	..	....	..	....	3	70
Minio de hierro.....	2	..	....	3	99	1	40
Oro.....	1	..	....	4	100	..	....
Plata (2).....	4	3	52	2	30	..	....
Plomo.....	19	..	....	21	314	54	1.081
Plomo arjentífero.....	12	..	....	19	555	..	....
Sal comun.....	167	2	47	11	299	..	....
Sosa cáustica i otros productos químicos.....	1	6	2.500	..	....	..	....
<b>TOTALES.....</b>	<b>357</b>	<b>108</b>	<b>13.582</b>	<b>513</b>	<b>42.634</b>	<b>150</b>	<b>12.375</b>

1. No se asigna valor a una gran parte de la producción por haber sido transformado en

2. Una gran parte de la producción procede del plomo arjentífero.

3. No hai datos mas que de la fábrica electro-química de la provincia de Tarragona. Las estado correspondiente.

**BENEFICIO**

EL NÚMERO DE ÉSTAS I EL DE MÁQUINAS, OPERARIOS, CANTIDADES DE MENA EN EL AÑO DE 1909

TOTAL DE OBREROS	Mena Beneficiada Toneladas	Produccion		
		Clase del Producto	Toneladas	Total Valor A pié de fábrica Pesetas
562	91.955	Aglomerados.....	478.690	6.735.458,61
94	?	Acido arsenioso.....	506	129.789
46	?	Asfalto.....	6.502	396.720
710	32.701,512	Azogue.....	Ks. 1.392.510	9.407.890
196	19.020	Azufre de segunda fusion.	3.429	294.570,50
108	?	Carburo de calcio.....	4.245	1.478.500
1,197	?	Cemento natural.....	319.569	3.926.359,35
943	?	Cemento Portland.....	152.340	6.181.800
431	16.873	Cinc.....	9.625	6.313.208
		Mata de cobre.....	2.077,220	851.350,96
		Fondos de cobre.....	31,790	31.793
4,262	?	Acido sulfúrico.....	8.732	864.000
		Cáscara de cobre.....	16.547,115	19.843.557,13
		Papucha de cobre.....	76,854	36.347,39
		Cobre Blister.....	17.519	28.906.350
		Hierro colado.....	428.622	(1) 8.798.384
		Hierro dulce.....	24.187	8.125.078
11,446	800.105	Acero.....	161.261	19.529.467
		Hierros i aceros laminados i elaborados.....	218.409,500	34.897.815
261	645.406	Cok.....	500.909	15.060.521,80
48	2.510	Minio de hierro.....	2.450	141.500
8	13.200	Oro fino.....	Gs. 5.016	15.048
33	155.972,200	Plata.....	Ks. 143.403	12.843.976
1,689	?	Plomo.....	136.441	43.217.108,20
1,235	?	Plomo argentifero.....	43.552	20.416.610,80
5,427	.....	Sal comun.....	800.702,500	4.156.411,14
189	.....	Sosa i otros productos qui- micos (3).....	7.748,500	1.596.125
<b>28,815</b>				<b>254.195.820,88</b>

hierro o acero en la misma fábrica.

diferentes clases de productos obtenidos, asi como sus cantidades i valores, se detallan en el



## Especificaciones del Gobierno yanqui para la compra del petróleo combustible

Hasta hace pocos años los combustibles se compraban solo bajo las indicaciones del vendedor. El consumidor se esmeraba poco en comprobar la calidad del combustible. Recientemente, la compra de carbon segun su calidad, especialmente segun su poder calorífico se ha jeneralizado. Debido al éxito de esta medida con el carbon, se ha introducido tambien semejante medida en la compra de los petróleos combustibles. Estas especificaciones, para que sean satisfactorias, deben consignar no solo el poder calorífico del petróleo, determinando el número de calorías por unidad de cantidad del combustible por un precio dado, sino tambien sus caractéres físicos, su punto de inflamacion i de ignicion i la cantidad de impurezas que contenga.

El Bureau de minas ha recibido muchas preguntas de las oficinas gubernamentales i de muchas privadas referentes a especificaciones i muestreo de compra-venta del petróleo combustible. En respuesta aquella oficina ha publicado un informe que, aunque con el objeto primordial de guiar a las oficinas del gobierno, puede servir a las personas que compran o vendan petróleo combustible.

1) Para determinar las condiciones de un contrato, habrá que considerar la calidad del combustible i el precio, en forma que podria resultar mas conveniente comprar el de mas alto precio.

2) El petróleo combustible deberia ser un petróleo homogéneo natural o un residuo homogéneo de un petróleo natural; si se trata del último, todos los constituyentes de bajo punto de inflamacion deberian haberse separado por destilacion; no deberia el combustible ser una mezcla de petróleo liviano con residuos pesados, mezcla que tendria una densidad deseada.

3) No debiera haber sido destilado a una temperatura tan elevada como la de combustion ni tanto como la de disociacion de los carburos con produccion de materia carbonácea.

4) No debiera inflamarse a ménos de 60° C. (140° F.) en el aparato cerrado de Abel-Pensky o de Pensky-Martens.

5) Su peso específico debiera oscilar entre 0.85 i 0.96 a 15° C. (59° F.); i debiera rechazarse si este peso a esta temperatura excede a 0.97.

6) Debiera ser móvil, exento de cuerpos sólidos o semi-sólidos, i escurrirse fácilmente a la temperatura atmosférica ordinaria i con la presion de un pié de petróleo, por una cañería de 4 pulgadas de diámetro i 10 piés de largo.

7) No debiera conjelarse ni correr mui despacio a 0° C. (32° F.).

8) Su poder calorífico no debiera bajar de 10,000 calorías por gramo (18,000 B. T. U.), considerando 10,250 calorías el tipo. Se pagaria un premio o descontaria una multa segun el método indicado en el número (21), segun si el petróleo tenga mas o ménos calorías que las del petróleo tipo o normal

9) Debiera rechazarse cuando tuviera mas de 2% de agua.

10) Debiera rechazarse si tuviera mas de 1% de azufre.

11) No debiera tener sino indicios de arena, arcilla o tierras.

12) El vendedor debiera presentar exactas indicaciones sobre el petróleo.

Estas indicaciones se referirían: a) al nombre comercial del petróleo; b) al nombre del distrito de procedencia; c) a la clase, en cuanto a si es petróleo crudo, residuo refinado o producto destilado; d) al nombre i situacion de la refinería, si el producto ha sido refinado completamente.

13) El combustible se entrega libre embarcado en carros o naves, segun el caso, en tal punto, a tal tiempo i en tal cantidad.

14) Si por cualquiera razon, el contratista no cumpliera su compromiso escrito de la entrega, el Gobierno queda en libertad de comprar el petróleo en el mercado libre i de hacer pagar al contratista el exceso de precio sobre el del contrato del petróleo así comprado.

15) Las entregas de petróleo serán muestreadas por un representante gubernativo. Siempre que sea practicable, el muestreo se hará a medida de la recepcion del combustible. La muestra final se formará con muestras parciales tan grandes como se pueda.

16) La muestra final se sellará y remitirá al Federal Bureau of Mines, Pittsburg, Pa., para su análisis.

17) Si el contratista lo desea, se le permitirá a él o a su representante, presenciarse el muestreo i la preparacion de la muestra parcial.

18) La muestra final se analizará, i con ella se experimentará, inmediatamente después de recibida en Pittsburg.

19) Un contrato hecho en estas condiciones no podrá anularse si el combustible no da resultados satisfactorios en un servicio práctico de duracion razonable.

20) Queda entendido que el petróleo entregado durante el término del contrato será de la cualidad especificada. El fracaso frecuente o continuo del contratista para entregar petróleo de la cualidad especificada, será suficiente causa para la cancelacion del contrato.

21) El pago por entregas se hará sobre la base del precio indicado en la propuesta, correjido segun las variaciones del poder calorífico determinado por análisis, positiva o negativamente respecto del petróleo tipo fijado por el contratista. Esta correccion es a *pro rata* i el precio se fijará por la fórmula siguiente:

$$\frac{(\text{Calorías por gramo}) \times (\text{precio de contrato})}{\text{Calorías tipo por gramo}} = \text{precio por pagar.}$$

El agua que se acumule en el estanque de recepcion se extraerá i medirá periódicamente, haciendo la correspondiente deducccion del peso.

Estas especificaciones establecen la compra del petróleo al peso. Como el combustible se entrega frecuentemente por volúmen, importa anotar la tempe-

ratura de la entrega para conocer el aumento de volúmen, del cual se deduce el peso. Se calculará como en seguida se indica el volúmen a 15° C.

El coeficiente de expansion de un petróleo ordinario, resdiuo con base de asfalto, es aproximadamente 0.0006 por 1° C.

Por consiguiente si la temperatura de la entrega es de N° C. sobre 15° C., la correccion equivale a  $(N-15) \times 0.0006$ . Esta correccion debe agregarse al peso específico a N° para obtener el peso específico típico a 15° C.

Si la temperatura del petróleo es de N°, inferior a 15°, la correccion es de  $(15-N) \times 0.0006$  i debe restarse del peso específico a 15° C.

Como un galon de agua a 15° C. pesa 8.3316 libras, el peso en libras de un galon de petróleo a 15° es 8.3316 veces el peso específico del petróleo a esa temperatura.

Igualmente, como un pié cúbico de agua a 15° C., pesa 62.3425 libras, el peso en libras de un pié cúbico de petróleo a 15° C., es 62.3425 veces su peso específico a esa temperatura.



## El oríjen del salitre en Chile (\*)

Desde el primer descubrimiento del salitre en las provincias del Norte de Chile ha sido una cuestion interesante la referente a la causa de su existencia aquí en tanta abundancia i segun nuestros conocimientos-actuales, en ninguna otra parte del mundo en tales cantidades.

Se han establecido muchas teorías tratando de esplicar la presencia de estos depósitos de nitrato. La teoría mas popular i que tambien se ha aceptado en obras científicas, es que las pampas salitrales en épocas pasadas eran playas marinas i que una cantidad enorme de algas marinas se habia amontonado en ellas. En el trascurso del tiempo se elevaron estas playas sobre el nivel del mar, i las algas al descomponerse dejaron su ázoe en forma de nitrato i su pequeña cantidad de yodo como yodato.

El oríjen de esta teoría de mar i algas se debe principalmente al hecho de que en aquellos tiempos, ántes de elaborarse el yodo del agua vieja, la única fuente de yodo era el «kelp» o sea las algas marinas reducidas a cenizas.

La descomposicion de las algas marinas así como de todas las materias orgánicas en ciertas circunstancias, produce salitre.

La presencia de vastos salares en las pampas en la proximidad del caliche tambien favorece la idea de la presencia anterior del mar.

Pero debe tenerse presente que aun la sal del mar se deriva originalmente

---

(\*) Traducido del «South Pacific Mail» de Valparaiso del 5 de abril de 1911.

de lo que arrastra el mar de la tierra. No hai mayor razon para suponer que los salares sean agua del mar evaporada, que para creer que cualquiera de los lagos salinos del mundo han estado orijinalmente en comunicacion con el mar. Los lagos del interior obtienen su sal de lo que arrastran del suelo que los rodea. El agua que entra a lagos puede no ser mui salada, pero no teniendo salida el lago, la evaporacion constante, especialmente en climas cálidos, gradualmente concentra la sal que contiene, evaporándose a veces toda el agua i quedando solo un salar. Tambien se forma los salares subiendo el agua debajo de la superficie por medio de la atraccion capilar i, evaporada constantemente, dando lugar a que suba mas agua i siga la evaporacion.

En contra de la teoría de la formacion del salitre por medio de las algas marinas hai a lo ménos tres objeciones insuperables. La primera es que las algas marinas contienen así bromo como yodo. La mayor parte del caliche en la provincia de Tarapacá no contiene bromo, lo que deberia ser el caso si trajera su orijen de las algas. No existe ningun procedimiento en la naturaleza que podria separar completamente los bromuros de una mezcla de yodatos, cloruros i nitrato.

En segundo término, raras veces se encuentran conchas marítimas ú otros restos marinos en ó cerca de los yacimientos salitrales. Tendria que haberlos forzosamente si se tratara de un depósito marino.

En tercer término, las piedras en el caliche i su vecindad, son afiladas i ásperas no demostrando ninguna señal de haber sido pulidas por el agua, lo que habria sucedido si hubieran estado en una playa.

Hai otra insinuacion que encuentra mucho apoyo, es la de que el salitre proceda de la descomposicion de antiguos depósitos de guano.

Como prueba de ello se señala la presencia de pájaros i de sus restos en el caliche.

Estos pájaros han sido siempre insignificantes en número. Los mismos pájaros existen en la actualidad, tienen sus nidos en las hendiduras del suelo, i a veces se han volado vivos en las calicheras. Su guano, aunque en unos cuantos sitios de la pampa bastante bien aparente, no es en realidad nada mas que una mancha, i la cantidad de salitre que con él podria producirse, debe ser aun mas insignificante que la del albañal de una aldea.

La gran refutacion de la teoría del guano, sin embargo, es que no encontramos ninguna acumulacion de fosfato que tendria que ocurrir necesariamente en cantidad correspondiente al salitre si fuera verdad esta idea.

Tambien se han espuesto otras teorías para esplicar los yacimientos salitrales, que apénas merecen discutirse, entre ellas hai una que atribuye la presencia del caliche vagamente a alguna accion volcanica.

La conocida regla en las investigaciones científicas de «no inventar teorías escepcionales miéntras los procedimientos ordinarios de la naturaleza sean suficientes para esplicar el hecho», deberia aplicarse en este caso.

Salitre existe en pequeñas cantidades en todo suelo fértil. Sin él no puede haber vejetacion. ¿Cómo, pues, se produce en suelos ordinarios? Se forma mediante la oxidacion del suelo. Esta oxidacion se efectúa mediante la accion de organismos microscópicos llamados «jérmes nitrificantes».

El profesor Warrington ha demostrado por sus experimentos que las condi-

ciones mas favorables para la vida i labor activa de estos organismos nitrificantes consisten en un suelo poroso que contiene en abundancia cal vegetal o animal i una base alcalina como los carbonatos de potasa, sosa o cal. En un suelo de esta naturaleza la cantidad de salitre producida por la accion de estos micro-organismos será variable segun la temperatura. La proporcion de la produccion de salitre será mas rápida con una alta temperatura de verano, disminuyendo cuando resulta mas frio el tiempo.

En suelos agrícolas corrientes, a no ser que estén sin sembrar, este salitre es absorbido con vehemencia por la planta tan luego como se forma.

En efecto, salvo el caso de las leguminosas (trébol, habas, guisantes, etc.), es casi seguro que la planta no puede absorber el alimento azoado necesario para su desarrollo sino en forma de nitrato.

Ahora en la enorme pampa del Tamarugal tenemos un suelo poroso aluvial que contiene materia orgánica principalmente de antiguo oríjen vegetal. El suelo contiene tambien sulfato de cal i es de carácter básico, conteniendo carbonato de sosa el agua que se filtra a través de él.

La temperatura es alta i en efecto tenemos todas las condiciones que el profesor Warington ha señalado como favorables para la trasformacion rápida del ázoe de la materia orgánica en salitre.

Gracias a la falta de lluvia en esta rejion no se desarrolla actualmente ninguna vejetacion que absorba el salitre, i este último tiene por consiguiente que acumularse.

Ahora examinemos la configuracion i situacion de la pampa del Tamarugal. Por un lado tenemos las altas cordilleras que se estienden de Norte a Sur, luego tenemos esta pampa aluvial de mas o ménos treinta o cuarenta millas de ancho con un declive mui suave hácia el Oeste, donde es nuevamente encerrada por la cadena de los cerros de la costa prácticamente paralelos a las cordilleras.

Las aguas del lado Oeste de las cordilleras no tienen otro escape sino pasando por el suelo de la pampa. El lado Oeste de la pampa las detiene la cadena de cerros de la costa que forman una muralla completa de Norte a Sur. Al pié del lado Este (hácia el interior) de esta muralla de cerros, a unas treinta millas del mar i en la parte mas baja unos dos mil quinientos piés sobre el nivel del mar, estas aguas de filtracion de la pampa se reunen i se evaporan abandonando todas las sales que han disuelto en su largo trayecto por el suelo.

A lo largo de la cadena, al pié de estos cerros, están situados todos los terrenos salitrales.

Su situacion, siempre al lado del interior, indica que el caliche proviene de la tierra i de por sí es casi una refutacion de las teorías del guano i de las algas marinas.

La presencia del caliche tan frecuente sobre las primeras lomas de los cerros parece estraña a primera vista. Pero por un sencillo experimento podemos ver cómo puede haber ocurrido eso. Si se coloca un poco de nitrato o sal disuelta en agua en un plato i se deja evaporar, se verá que inmediatamente despues de haberse evaporado hasta el punto de resultar una solucion saturada, el depósito de salitre o sal empieza a trepar por los lados del plato i aun a subirse i bajar por el otro lado.

Exactamente así ha trepado el caliche por las lomas mas bajas de los cerros atravesando los estratos terrosos i porosos conocidos aquí bajo el nombre de *cova i conjelo*.

Este oríjen del salitre es importante, entre otras razones porque uno de los mayores inconvenientes para la venta de esta materia es que muchos agricultores la consideran con cierto prejuicio calificándola de abono artificial o químico. Debía aumentar su venta si se les demostrara que en vez de ser un abono artificial es en realidad la fertilidad concentrada de miles de millas cuadradas de tierra entre la vertiente de la cordillera i la cadena de cerros de la costa.

La pampa del Tamarugal es un depósito de salitre inmenso, prácticamente inagotable. I este salitre ha sido gradualmente arrastrado hácia su lado occidental o mas bajo. El aluvion de esta zona del pais es en escala enorme la misma cosa que los montones de lodo, desperdicios orgánicos i cal que se obligó a crear por lei a los agricultores franceses en el tiempo de Napoleon I, a fin de que estos montones fermentaran i lavándose proporcionaran salitre para pólvora.

Del hecho espuesto surjen algunas cuestiones mui importantes para Chile i las oficinas salitreras. Entre ellas se presentan las siguientes: ¿Hasta qué punto tiende la provision actual de agua a depositar nuevamente salitre en los mismos terrenos? ¿Puede apoyarse i acelerarse esta accion por medios artificiales? Tales medios serian por ejemplo poner en descubierto el terreno hasta llegar a los estratos porosos convenientes permitiendo que el sol produzca su accion de evaporacion con toda su fuerza reuniendo el salitre como en los terrenos salitrosos de India i Burmah.

WILLIAM NEWTON, Ph. D.



## El tungsteno o wolfram en California

El tungsteno se encuentra en el distrito de Rand en California, excepto en Atolia, en forma de scheelita, compuesto al que solo últimamente se le ha dado importancia. El tungsteno se encuentra en todas partes del distrito, asociado al oro o independientemente. La scheelita ( $WO_4Ca$ ) es el único mineral de tungsteno encontrado allí en cantidad comercial, aunque mantos de wolframita o wolfram (tungstato de fierro y manganeso) se han descubierto últimamente.

Se ha observado que donde los minerales de tungsteno son ricos el contenido de oro es pequeño. Esto no es regla, pues en las minas Gold Coin, Baltic, Wickard y Sydney, mineral con bastante tungsteno tiene 50 i 60 dollars de oro por tonelada.

*Primeros trabajos del tungsteno.*—Los primeros trabajos se hicieron en Atolia, donde se descubrió el tungsteno en 1904. La veta se descubrió en 3

piés de ancho, encajada en granito descompuesto. Aunque la veta es constante, el tungsteno está mui irregularmente distribuido en ella, presentándose en lentes. En las partes estériles, la veta lleva solo cuarzo, que es la principal impureza de la mayor parte de los minerales de tungsteno.

*Los primeros embarques.*—Entre 150 i 200 piés se dice que el tungsteno desapareció en la mina Papoose. Los trabajos en gran parte se han reducido ahora a las vetas Churchill i Weatherbee.

Al principio se empleó el escojido a mano, determinando por su peso el mejor mineral. La demanda principal de tungsteno en 1905 procedió de las industrias manufactureras de Alemania, a donde se mandaron los primeros carros de estos minerales. Actualmente, los minerales se chancan en quebrantadoras Blake, se muelen en un molino Huntington de 6 piés i se concentran en Frue vanners. Se aprovecha del 72 al 82% del contenido. Hai 30 operarios en la mina i la molienda. El mineral se dice que tiene 6 á 8% de ácido túngstico, siendo el concentrado de 67 a 68. La produccion mensual es de 10,000 dolars.

*Datos jeológicos.*—En la parte N. del manto de tungsteno se ven granitos intrusivos que cortan esquistos en una distancia de varias millas. El tungsteno se ha encontrado al norte de esta intrusion, miéntras que en los esquistos es escaso; los principales cuerpos de tungsteno se presentan en una antigua masa granítica al SE. del manto.

En gran parte del llamado distrito de Stringer el granito presenta fracturas irregulares, lo mismo que los esquistos, i éstos en muchos casos contienen oro i a veces tungsteno. Las vetas pueden valer por ámbos metales ó solo tener uno de ellos. Esto se nota en la mina Baltic i vecindades que se han explotado minerales de oro-tungsteno, oro, i tungsteno.

*Minerales tungsteno-auríferos.*—El hecho de que el oro del distrito contenía tungsteno fué notado hace varios años i se instalaron cuatro mesas Standard para concentrarlo. Se notó, despues de esperimentos, sin embargo, que la cantidad de tungsteno en esa mina era mui pequeña para soportar el costo de operacion, i ésta se abandonó.

En otra mina se concentró el tungsteno aurífero en una mesa Woodbury. Habiendo encontrado un caso comercial de trabajo de minerales de oro i tungsteno, la Standford Mining & Reduction C.<sup>o</sup> que es dueña de la molienda i amalgamación de Red Dog, ha instalado recientemente un plantel en que beneficia minerales comprados de oro i tungsteno.

*Bosquejo del método de concentracion.*—Los minerales se muelen en pisones con tamices de 50 mallas, usando 6 pulgadas de descarga i 5 i media de golpe; se amalgaman en placas i despues se concentran. Este tratamiento ha dado mucho que hacer. Debido a la excesiva densidad del tungsteno, las placas se gastan mucho, siendo difícil retener la amalgama. Aunque en las mesas de concentracion se ven partículas de amalgama no se pueden usar tazas para recojerlas debido a la densidad del concentrado que ahí se deposita. La amalgama que se reúne en los pisones es mui dura i quebradiza. La pérdida de tungsteno se calcula en 20 a 30%. Parte de esta se debe a falta de suficientes estanques de asentamiento, pero la pérdida principal está en los relaves i probablemente podria desminuirse con más mesas de concentración i vanners.

*Placeres o lavaderos de tungsteno.*—El tungsteno se presenta en lavaderos

de orijen reciente i glacial. Los lavaderos mas modernos inclínanse jeneralmente al sudeste, en tanto que los canales, ahora rellenos con *débris* sólidamente unido, se inclinan hácia el Sur.

En 1898 se ocuparon mas de 100 obreros en estos lavaderos, esperiméntandose gran dificultad por la acumulacion en los *riffles* de lo que entónces se suponía era espato pesado o sulfato de bario. De los riffles, el oro se separó por amalgamacion i el tungsteno se abandonó por ignorancia. Se acumuló así bastante tungsteno que últimamente se benefició.

*Ignorancia del valor de la scheelita.*—En los primeros tiempos la scheelita aun en trozos de varios kilos se abandonó en los trabajos de estraccion del oro. Estos trozos se usaron para construccion de pilares i muros. Se dice que también se encontraron capas o mantos de scheelita, cuyo lugar nadie recordó por considerarlos sin interes. Muchos de estos antiguos laboreos están hoi aterrados i son inaccesibles.

Se intenta trabajar las partes vírjenes de estos lavaderos por oro i tungsteno. Con propósito experimental se instaló una pequeña criba de dos secciones en una de las cuales está la caja de la criba con tamices de  $3/32$  pulgadas de claro. De este modo el oro i el tungsteno fino atraviesan el tamiz i el material grueso queda arriba. El material que aquí se concentra pasa por arneros de  $5/8$  miéntras que el producto grueso se escoje a mano. El material grueso de la criba se muele en pisones i amalgama en placas, como ya se ha descrito. El material fino de la criba no requiere otro tratamiento.

El tungsteno de lavaderos o aluviones se presenta en trozos de 1 mm. a varias pulgadas de tamaño. En la mayoría de los casos estos trozos son redondeados i nodulares, indicando que han sufrido un largo trasporte, o que mucho material ha sido arrastrado sobre ellos.

En las inmediaciones de las minas de Atolia, en que la circa estaba a 4 o 5 pies de la superficie, se encontraron grandes trozos de tungsteno que se recojian a mano.

*Ensayes usados en el terreno.*—El mineral de tungsteno de lei suficiente para hacerlo comercial jeneralmente puede determinarse por su peso, que en estado de pureza es de doble peso que el cuarzo. Los ensayes empleados por los cateadores en esta rejion, aunque sencillos, son, sin embargo, exactos.

Se muele un poco del mineral, se pone en un tubo de ensaye i se le agrega una pequeña cantidad de ácido clorhídrico. Se hace hervir el líquido un momento i se le añade un pedazo de zing o estaño (éste es preferible). Si hai tungsteno la solucion toma inmediatamente color azul celeste.

Otra reaccion mui delicada se hace fundiendo el polvo con sal de fósforo en la llama reductora. En la llama oxidante no se obtiene color; pero en la reductora la perla se pone azul, que se torna en rojo con la adición de *sulfato ferroso*.

Para una determinación cuantitativa, se usa el método del profesor R. C. Benner de la Universidad de Arizona, que es satisfactoria con propósitos comerciales.

*Método cuantitativo de Benner.*—Fúndese el mineral con una mezcla de carbonato de sodio i potasio i se disuelve la masa fundida en agua caliente. El tungsteno queda en solucion con silicato de sodio, como tungstato de sodio. Se

filtra i lava con agua caliente, i si queda algun residuo que no se ha descompuesto por la fusion, se refunde otra vez del mismo modo, se trata con agua caliente, se filtra i lava con agua caliente. Este tungstato alcalino se evapora a sequedad con ácido nítrico, se humedece con ácido nítrico i se repite la operacion, calentando a 120° C. para deshidratar la sílice. La masa seca se humedece con ácido nítrico i se deja en reposo varios minutos. Se trata despues con nitrato de amonio en solucion diluida, sobre la cual se hecha la masa para evitar la formacion de una pseudo solucion de ácido tungstico. Se filtra i lava con una solucion salina débilmente ácida hasta quitarle todas las sales alcalinas. El precipitado se traspasa a un crisol de platino i se calcina con libre acceso de aire. Se obtiene así óxido tungstico impuro, que contiene la sílice. La sílice se separa con ácido fluorhídrico, evaporando a sequedad i calcinando.

SAMUEL H. DOLBEAR.

(Extracto de *The Eng. & Mining Jour.*)



## La refina del cobre en Michigan <sup>(1)</sup>

La práctica del distrito consiste en fundir i refinar separadamente el cobre de lago superior. Los hornos de fusion tienen laboratorios bajos i anchos; los de refina profundos i angostos. Se funde una gran carga en un horno i se traspasa en seguida al horno de refina en que se ha fundido una carga pequeña. El horno de fusion se vuelve a cargar inmediatamente i se ocupa en fundir el mismo tiempo que el otro horno en refinar. Terminada la refinacion se vacia el cobre por el sistema de las ruedas de Walker, i se pone una carga de «mineral» en el horno de refina, suficientemente pequeña para que se funda ántes de recibir la carga del horno de fusion.

Las escorias producidas por estos reverberos de Michigan, contienen de 15 a 30 por ciento de cobre i pueden ser ácidas, conteniendo 40% de  $\text{SiO}_2$  i 20 por ciento de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , cuando proceden de mineral amigdaloides o básicas, con 20% de  $\text{SiO}_2$  i 45% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , si provienen de conglomerados. En ámbos casos la escoria se funde en cubilotes con cal i fierro ó sílice, segun el caso i con una mezcla de hulla i antracita como reductora. Son hornos con crisol interior i trabajan con presion de viento de solo 4 onzas por pulgada cuadrada, porque se ha visto que así es mas económico a fin de no perder mucho cobre en la escoria. Los hornos son rectangulares, de 40 a 48 pulgadas de ancho i de 12 piés de largo, i tienen alturas de 7 a 10 piés.

La escoria corre continuamente i el cobre se sangra intermitentemente.

(1) *The Eng. & Min. Jour.*



## El bismuto

Punto de fusion, 264°C; peso específico, 9.83; punto de ebullicion, entre 1.090°C i 1.450°C; peso atómico, 206.54; calor específico, 0.0308.

*Propiedades.*—El bismuto es un metal blanco lustroso, parecido al antimonio, pero con textura foliácea i matiz rojizo. A temperaturas ordinarias i en el aire seco no se oxida, pero se cubre de un polvo púrpura al aire húmedo. El bismuto fundido i vuelto a solidificarse aumenta 2.35 veces de volúmen. A la temperatura del rojo arde con llama azulada formando óxido amarillo,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ . Cristaliza el bismuto en el sistema exagonal, i los cristales tienen apariencia de cubos. El metal que es de estructura cristalina gruesa, tiene dureza de 2 a 2.5, i es tan quebradizo que puede molerse fácilmente. El bismuto tiene la menor conductibilidad térmica entre los metales, siendo 18 si la de la plata es 1000. Su conductibilidad eléctrica es 1.98 si la de la plata es 100.

El bismuto es la sustancia mas diamagnética (repelada por el magnetismo). El ácido clorhídrico concentrado lo disuelve con dificultad, i el mismo ácido diluido no lo ataca. El ácido nítrico i el agua réjia lo disuelven lijero. El ácido sulfúrico frio lo afecta poco, pero si es concentrado, lo ataca.

Los metales alcalinos precipitan al bismuto de sus soluciones, como tambien los alcalinos terrosos bario, calcio i estroncio. Los metales zinc, manganeso, fierro, níquel, cadmio, cobre, estaño i plomo precipitan al bismuto de sus soluciones salinas.

*Presencia en la naturaleza.*—El bismuto se encuentra a veces nativo en pequeñas cantidades en los granitos i rocas cristalinas de las antiguas formaciones. Ordinariamente se le encuentra como sulfuro i telururo, asociados a sulfuros, telururos i arseniuros de otros metales. Bismuto nativo se encuentra en los depósitos cobalto níquelíferos de Temiskaming, Ontario, donde las rocas son de oríjen precambriano. Se le encuentra en vetas de cuarzo que abren en calcita cristalina; en Barrie Township, Frontenac, Comby, E. Ontario.

En Altenberg, Sajonia, el bismuto se presenta asociado a la casiterita en rocas de granito.

Frecuentemente se le halla en pequeños bolsones en las vetas de cobre, plata i oro, pero no se conoce ninguna veta que lo haya tenido en cantidad explotable. El bismuto se explota en los siguientes países: Bolivia, Bohemia, Cornwall, Inglaterra, Méjico, Nueva Gales del Sur, Noruega, Perú, Portugal, Queensland, Sajonia, Escocia, España, Tasmania, Canadá, Colorado, Arizona, California i otros estados yankis. Es probable que el bismuto procedente de los minerales del distrito de Cobalt i el limo de las refinerías electrolíticas produzcan en el futuro bismuto como producto accesorio.

El bismuto metálico es la principal fuente del bismuto i con el precio de 1.25 dolars por libra, hai incentivo para trabajar sus minas.

*Ensayes cualitativos.*—El bismuto en polvo i mezclado con 3 veces su volúmen de carbonato de sodio se reduce sobre el carbon. Los glóbulos de metal así obtenidos se funden fácilmente. Bajo la accion de la llama el metal es brillante, pero al aire se cubre con una capa de óxido. Los glóbulos son quebra-

dizos i no pueden achatarse como el plomo con el martillo. El bismuto se volatiliza al soplete i da una mancha amarillo limon o anaranjada sobre el carbon, que es blanca a mayor distancia del fuego. La reaccion de von Kobell consiste en mezclar el mineral con 3 a 4 veces su volúmen de flujo de bismuto (azufre i potasio en partes iguales) i calentarlo en el carbon a la llama oxidante se produce así una mancha amarilla que en los bordes es de brillante rojo.

Sobre una placa de yeso humedecido con ácido yodhídrico i calentado a la llama oxidante el mineral, deja una mancha pardo-chocolate de yoduro de bismuto, que se torna en rojo brillante despues de una corta esposicion a los humos de amoniaco concentrado.

El flujo de bismuto sobre yeso de Paris da una mancha escarlata brillante que en sus bordes es pardo chocolate. El pardo se pone rojo con el amoniaco. El mismo resultado se obtiene fundiendo sal de fósforo con la muestra. Si el antimonio i el plomo perturban, el primero se disuelve con bórax i el segundo con sal microcómica i despues se trata la muestra con el flujo de bismuto.

Si el mineral se disuelve en  $\text{Cl H}$ , el agua precipita  $\text{Cl O Bi}$ , blanco que se recoje en un filtro i se ensaya al soplete. Si se disuelve en  $\text{NO}_3 \text{ H}$ , se añade un exceso de  $\text{Cl H}$ , se concentra por evaporacion i se diluye en agua; el precipitado se filtra i ensaya al soplete. Si hai plomo se disuelve en  $\text{NO}_3 \text{ H}$ , se agregan 2 a 3 centímetros cúbicos de  $\text{SO}_4 \text{ H}_2$ , se evapora a humos blancos, se enfria, añade agua i filtra el insoluble sulfato de plomo blanco. Al filtrado se agrega amoniaco i el hidróxido de bismuto producido se ensaya al soplete.

El hidrójeño sulfurado o el sulfuro de amonio precipitan  $\text{S}_3 \text{ Bi}_2$ , pardo oscuro, soluble en  $\text{NO}_3 \text{ H}$  concentrado.

De la solucion de cloruro de bismuto el agua precipita  $\text{Cl O Bi}$ , soluble en  $\text{Cl H}$  i  $\text{NO}_3 \text{ H}$ .

El cloruro estañoso  $\text{Cl}_2 \text{ Sn}$ , en presencia de hidróxido de sodio o potasio (estaño de sodio o potasio) precipita  $\text{Bi}_2 \text{ O}_2$  negro.

*Minerales de bismuto.*—Por lo que se ha dicho se deduce que no hai minerales definidos de bismuto i que aparte del metal nativo, existe como minerales.

*Montanita.*— $\text{Bi}_2 \text{ O}_3 \text{ TeO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Es un telurato de bismuto encontrado en Montana i Carolina del Norte. Es un mineral terroso, amarillento con estructura cristalina.

*Bismutita.*— $2 (\text{CO}_2)_3 (\text{Bi}_2 \text{ O})_4 + 9 \text{HO}$ . Se conoce como espato de bismuto e hidro-carbonato de bismuto. Su peso específico es de 7 a 7.5 i su dureza de 4 a 4.5. Su color es blanco a amarillo, su lustre, mate, se funde fácilmente i es amorfo. Fundido con azufre y yoduro de potasio en el carbon da un fino sublimado rojo de bismuto. No jeliniza con ácidos i se disuelve en efervescencia.

*Bismutina.*— $\text{S}_3 \text{ Bi}_2$ , sulfuro de bismuto, mineral gris de plomo, de rayadura gris i de fractura prismática. Se funde fácilmente en la llama reductora, efervesciendo i dando un glóbulo de bismuto i una mancha de bismuto en el carbon. Se disuelve en ácido nítrico. Su densidad es 6.4, su dureza 2; cristaliza en el sistema ortorómbico. Se funde con yoduro de potasio en el carbon i da un sublimado rojo de yoduro de bismuto. Calentado en un tubo abierto da ácido sulfúrico que enrojece el tornasol.

**Bismita.**— $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , llamado tambien ocre de bismuto, es un óxido de bismuto, impuro, terroso. Tiene color gris, verde o amarillo blanco i se encuentra con bismuto nativo. Se reduce fácilmente al carbon. Mezclado con azufre i yoduro de potasio i reducido al carbon da el sublimado rojo característico del yoduro de potasio.

**Chiviátita.**— $\text{Sr}_2\text{Bi}_6\text{Pb}_2$ , sulfuro de plomo i bismuto. Su color es gris de plomo, i su rayadura gris. Tiene estructura foliácea que muestra planos de clivaje. Su dureza es variable, su densidad es 6.92. Su cristalización es indeterminada, encontrándose ordinariamente en forma corrosiva. Se disuelve en ácido nítrico i da un precipitado blanco de sulfato de plomo con ácido sulfúrico. Con esta última escepcion da las mismas reacciones que la bismutina.

**Eulyta.**— $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Bi}_4$ , silicato de bismuto que jelatiniza perfectamente con ácido clorhídrico. Su color es pardo oscuro a amarillo, con lustre resinoso. Se funde fácilmente, su peso específico es 6.1 i su dureza 4.5.

**Pucherita.**— $\text{VO}_4\text{Bi}$  vanadato de bismuto con color rojo-pardo i lustre vítreo, adamantino. Se ha encontrado en Sajonia. Se funde fácilmente i con sal de fósforo en la llama reductora da una perla verde. Dureza 4, densidad 5.91, cristalización ortorómbica.

**Walpurgita.**— $\text{As}_4\text{O}_6\text{Bi}_{10}\text{U}_3\text{H}_{24}$ , arseniato hidratado de bismuto i uranio, de lustre adamantino, color amarillo de seda, que cristaliza en el sistema triclinico. Tiene fractura escamosa; densidad 5.8 i da humos arsenicales en el carbon. Con sal de fósforo da una perla verde, con azufre i yoduro de potasio da un sublimado rojo al carbon. Es soluble en ácido clorhídrico.

**Usos.**—El uso principal del bismuto es en aleaciones, aunque mucho óxido de bismuto se usa en medicina.

Hai una aleacion natural de bismuto i oro, llamada bismutaurita i maldonita. Este mineral no se amalgama.

Las aleaciones de bismuto se funden a baja temperatura i se espenden al enfriarse. Por consiguiente, encuentran aplicacion en la manufactura de tapones de seguridad en los calderos i estinguidores automáticos de incendios. Su bajo punto de fusion de gran valor a sus aleaciones para tapones de seguridad, para fusibles, para corrientes eléctrica, para soldaduras, para amalgamas de dentística, para impresiones de monedas, etc., i como baño para templar en las usinas de acero. El bismuto está principalmente aleado al plomo, estaño i cadmio, en las siguientes aleaciones:

Metal fusible de Newton, que se funde a  $94.5^\circ\text{C}$ . Tiene 20% Bi, 50% Pb i 30% Sn.

Metal de Darcet, se funde a  $93^\circ\text{C}$ .

Metal de Rose, se funde a  $93.75^\circ\text{C}$ . Se dice compuesto de 50% Bi, 25% Sn i 25% Pb.

Metal de Wood, se funde a  $71^\circ\text{C}$ . Su composicion es 50% Bi, 25% Pb; 12.5% Sn, i 12.5% Cd.

Metal de Lipowitz, se funde a cerca de  $60^\circ\text{C}$ . Contiene 3% Cd; 4% Sn; 27% Pb, i 50% Bi.

*Análisis volumétrico del bismuto*

*Método de C. Richards.*—Trátase 0.5 gramo de mineral con 10 c. c. de  $\text{NO}_3 \text{H}$  concentrado i hiérvase casi a sequedad. Agréguese 5 c. c. de  $\text{Cl H}$  concentrado o mas si es posible, i 10 c. c. de  $\text{SO}_4 \text{H}_2$  concentrado en seguida, espe- liendo los ácidos volátiles por hervor. Enfríese i agréguese 25 c. c. de agua i hiér- vase para convertir todo el bismuto en sulfato. Se agrega alcali en exceso i el líquido se trata con cloro gaseoso o agua de cloro, o la oxidacion se produce con hipoclorito de sodio i sosa cáustica. Se hierve hasta que el precipitado pase del anaranjado al rojo oscuro.

El exceso de soda i cloro se separan despues por lavado i decantacion.

El precipitado se hierve en una solucion de ácido arsenioso en sosa cáustica (que tenga 0.01 gramo  $\text{As}_2 \text{O}_3$  por c. c.) hasta que quede convertido en  $\text{Bi}_2 (\text{OH})_6$ . Despues de completa la reduccion el líquido se acidifica con un exceso de ácido sulfúrico, se filtra caliente, i el ácido arsenioso residual en el filtrado se titula con permanganato. Como la reducciones lenta, debe operarse sobre pequeñas cantidades.

*Método de Miller i Frank.*—Tómese 0.5 gramo de mineral i trasfórmese el bismuto en sulfato soluble, como se ha descrito, fíltrese i precipítase el bismuto como sulfuro con hidrójeno sulfurado. Fíltrese i lávese con hidrójeno sulfurado. Póngase el precipitado en una cápsula con 4 gramos de cianuro de potasio i caliéntese suavemente. El sulfuro de bismuto no se disuelve, fíltrese i lávese i colóquese el precipitado en un vaso de 200 c. c. i caliéntase con 10 c. c. de  $\text{NO}_3 \text{H}$  al 1 por 1 hasta que el azufre separado quede limpio i el filtro destruido. Dilúyase, fíltrese i lávese, con  $\text{NO}_3 \text{H}$  de 1 por 2.

Al filtrado agréguese 30 c. c. de solucion saturada de ácido tartárico, i con papel tornosal hágase la solucion débilmente alcalina con hidróxido de potasio.

Anádase algo de cianuro de potasio para disolver algun precipitado i precipítase bismuto con hidrójeno sulfurado, fíltrese i lávese con agua fria. El sulfuro de bismuto se disuelve en  $\text{NO}_3 \text{H}$  i se filtra la solucion, para obtener nitrato de bismuto con cerca de 5% de ácido libre. Se añade un exceso de ácido molébdico i algunas gotas de solucion roja de Congo i despues se deja escurrir de una bureta amoniaco, deluido, revolviendo lentamente. Se formará un precipitado blanco i al fin el indicador se pondrá rosado.

Añádase despues algunas gotas de  $\text{NO}_3 \text{H}$  deluido dilúyase a 200 c. c. i caliéntese, mientras se revuelve, a 60° C. El precipitado de molibdato de amonio i bismuto  $(\text{Mo O}_4)_2 \text{Bi NH}_4$  aparece rosado por el indicador. Fíltrese en caliente i lávese con una solucion al 3% de sulfato de amonio. Disuélvase el precipitado i fíltrese en un vaso de 200 c. c.; añádanse 5 gramos de zinc granulado puro de 100 mallas i déjese reposar hasta que la solucion se ponga verde. Caliéntese a 40° C. i titúlese con permanganato.

De la fórmula  $(\text{Mo O}_4)_2 \text{Bi NH}_4$ ,  $\text{Bi}=2 \text{ Mo}$ , i como  $6 \text{ Fe}=2 \text{ Mo}$ , luego  $6 \text{ Fe}=\text{Bi}$ , o el factor de fierro del permanganato multiplicado por 0.6216 da el bismuto.

*Método analítico de Vanino i Treuberts* —Una solucion débilmente ácida de bismuto se mezcla con formaldehido alcalino i con un gran exceso de sosa cáus-

tica al 10%. Se calienta al baño de vapor revolviendo continuamente hasta que el precipitado de bismuto metálico se haya asentado i el líquido se ponga claro. Se añade mas formaldehido i sosa cáustica i la mezcla se calienta al mechero directo algunos minutos.

El precipitado se lava repetidamente con agua por decantacion i se aprensa con una varilla de vidrio. El bismuto se pesa en un filtro Gooch: se lava con alcohol i se seca a 105° C. Esta reaccion se aplica a la separacion del bismuto de otros metales

G. Frerichs emplea la reaccion del sulfuro de bismuto sobre el nitrato de plata para determinar aquél. El sulfuro recién precipitado se ajita con una solucion decinormal de nitrato de plata medida i en exceso i 10 c. c. de ácido nítrico haciendo un total de 100 c. c.

El exceso de plata en 50 c. c. de solucion se titula con sulfocianuro de amonio usando alumbre de fierro como indicador. 1 c. c. de la solucion decinormal de nitrato de plata equivale a 0.00642 gramo de bismuto.

*Método de la compañía Ledoux.*—Para ensayar al plomo refinado por su contenido en bismuto: Disuélvase 25 gramo del plomo con 250 c. c. de agua i 40 c. c. de  $\text{NO}_3 \text{H}$  de 1.42. Neutralícese con amoniaco i agréguese 1 c. c. de  $\text{Cl H}$  al 30%. Caliéntese, sin hervir, por 1 hora, tiempo en que el oxiclورو de bismuto se habrá asentado. Filtrese i disuélvase con  $\text{Cl H}$  deluido i caliente. Lávese el filtro en agua caliente i precipítese el bismuto con hidrójeno sulfurado. Disuélvase el sulfuro con  $\text{NO}_3 \text{H}$  al 1 por 4 i hiérvase para desmenuzar el papel. Dilúyase con agua caliente i filtrese; neutralícese con amoniaco, i añádase agua caliente hasta el volúmen de 300 c. c. Agréguese  $\text{Cl H}$  para precipitar  $\text{Cl O Bi}$ . Sequése a 100° C., i multiplíquese por 0.8018 para obtener bismuto.

### *Metallurgia del bismuto*

Hai varios métodos para reducir el bismuto de sus minerales, como la licuacion, reduccion en crisoles, reduccion en reverberos, método de precipitacion, via húmeda i precipitacion electrolítica.

La licuacion se hacia en Alemania colocando el mineral en tubos de fierro puestos inclinados en un horno. El residuo era rico en bismuto i speiss de cobalto i se licuaba por segunda vez.

El método se abandonó por las pérdidas del metal i se sustituyó por el método en crisol o de fundicion directa.

La fundicion en crisol consiste en mezclar mineral calcinado con carbon, fierro i escoria de operacion anterior en un crisol i fundir la mezcla. El metal se reune en el fondo del crisol en dos capas, la superior de speiss i la inferior de bismuto. Cuando el speiss se ha solidificado el bismuto se separa de aquél. El metal resulta impuro i se licua en una placa de fierro. El metal puro se recoje en un receptáculo caliente de fierro.

Otro método es usar una escoria monosilicato, mezclada con soda, cal, mineral de felpato, escoria, sílice i carbon de madera; la mezcla se funde en un crisol.

*Fundicion en reverbero.*—Hornos de manga se han usado para fundir el bismuto, pero las escorias alcalinas destruirán rápidamente las paredes. W. Bor-

chers, recomienda un reverbero con plan movible (Vol. VIII, Mineral Industry). La escoria para este horno seria un síngulo o bisilicato i de igual composicion con escepcion del carbon de madera, que la mencionada para el crisol.

El método de precipitacion se aplica a minerales con sulfuros de antimonio i arsénico.

Ademas de los flujos usuales, se agregan soda, cal, escoria, sílice i fierro para descomponer el mineral de bismuto. A veces se encuentran pedazos de eje i speiss en el bismuto de este tratamiento.

La via húmeda se usa para separar: 1) el bismuto del litarjirio de los fundidores de plomo, i 2) el bismuto del  $S_3 Bi_2$  (1). El bismuto se concentra por oxidaciones repetidas i reducciones en un horno. Se trata despues con Cl H i el cloruro obtenido se disuelve en agua. El bismuto se precipita como óxido por neutralizacion parcial i se recoje en un filtro i lava. El resto se trata en el crisol.

2) El mineral se tuesta para quitarle el azufre i arsénico. Todavía caliente se trata con Cl H en depósitos de madera. Despues de 6 horas se vacia la solucion i se añade agua hasta enturbiamiento debido al oxicloruro. El precipitado lavado se disuelve en Cl H i se vuelve a precipitar igualmente. Se puede esta precipitacion hacer por tercera vez i por fin se mezcla el precipitado con soda i se funde en un crisol.

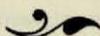
La reduccion electrolítica del bismuto del plomo es propuesta por Borchers, pero no se ha realizado.

La produccion del bismuto está en manos de Johnson, Malhey & Co., London, Eng. i el gobierno sajón, aunque en 1906 una nueva refinería se erijió en Alemania.

Low, da un método para el ensaye electrolítico del bismuto.

E. B. WILSON.

(De *Mines & Minerals*).



## El Buddle como concentrador de lamas cobrizas

Para el antiguo beneficiador el *buddle* es bien conocido, pero entre los nuevos se le considera jeneralmente como anticuada máquina que figura solo en los libros. En gran parte es esto verdad, pues ha desaparecido de la mayoría de los modernos planteles, pero no es ménos cierto que muchas de las nuevas máquinas para el lavado de las lamas son ménos eficientes que el *buddle*.

El fracaso del *buddle* viene del hecho de que muchos beneficiadores no comprendieron su verdadero objeto i trataron de emplearlo en el lavado de arenas i de lamas. El *buddle* no sirve para el lavado de arenas.

El plantel de Ohio Copper en Lark, Utah, durante los 8 meses que trabajó ha mostrado que el *buddle* tiene un campo de aplicacion. Creo que este plantel es uno de los pocos que hoi usan *buddles* en gran escala.

El mineral de Ohio es una cuarcita impregnada, quebrajeadá probablemente por intrusiones de monzonita. El mineral que la impregna es el bronce plateado. Al molerse la cuarcita, el mineral se presta al lavado en mesas Wil-

fleys. Pero tambien hai parte del bronce que está finamente dividido i que constituye lamas, con éxito lavado en buddles.

El buddle recoge cerca de 20% del cobre de las lamas, lo que es un buen resultado. Se ha experimentado i comparado el trabajo del buddle i de la mesa *Isbell vanner*, i se ha visto que el primero trabaja tan bien como la última, en tanto que su costo inicial i el de conservacion i operacion es mucho menor.

La mesa *Isbell vanner* es el último aparato para el lavado de lamas. Es del tipo del Frue, perfeccionada en el sentido del apoyo de la mesa. Esta mesa se usará en la Ray Consolidated i en el plantel de Chino para recoger los sulfuros de las lamas de los trapiches. Que el buddle haya podido luchar con esta mesa tan complicada i cara es suficiente recomendacion.

El buddle tambien se ha comparado con la mesa Wilfley para lamas con ventajas para aquélla.

Las principales ventajas que invitan a usar el buddle son: su bajo costo, su gran capacidad i su pequeño costo de mantenimiento. La máquina se puede construir en el plantel a un tercio del costo de la mesa Wilfley. Un buddle de 20 piés tiene igual capacidad que tres mesas de lamas. Es una máquina equilibrada i la fuerza que exige para su rotacion es pequeña, ménos de un tercio de caballo. Las reparaciones son casi nulas.

Los buddles del plantel de Ohio tienen un tablero reforzado de metal cubierto por una capa de cemento. La superficie tiene una pendiente de 1/4" por pié. El buddle en cuestion da una revolucion en 72 segundos i trata cerca de 12 toneladas de material seco por dia.

El material que se lava en estas mesas es el rebalse de conos de Callow. Se ha visto, sin embargo, que la dilusion de la alimentacion tiene poco efecto sobre el lavado. La mesa da concentrado, producto medio i relave; el segundo se lava en mesas Wilfley cuyo relave (de seis mesas) va a un buddle despues de pasar por un cono de Callow de 9'. Se trata de relavar los relaves del buddle en un segundo i en un tercero.

CLAUDE T. RICE.

(De *The Eng. & Min. Jour*).



## Notas mineras

**La capacidad** de una quebrantadora de mandíbulas depende del ángulo de las dos mandíbulas i de la lonjitud del golpe. Cuanto mayor es aquél tanto menor es la cantidad chancada i tanto mayor la cantidad de llampo producida. En cuanto a la lonjitud del golpe, la cantidad chancada aumenta con ella.

**La grasa** es mejor lubricante que el aceite para los descansos i excéntricos de las chancadoras.

**Resortes** de espiral, son preferibles a los resortes de goma en las chancadoras; las últimas pierden pronto su elasticidad. Para máquinas de mediano tamaño bastan espirales de 12 mm., de 10 vueltas espaciadas 25 mm. i con un diámetro exterior de 100 mm. Sin embargo, en climas frios los resortes se quebran fácilmente.

**Los nuevos ingenieros**, con poca práctica todavía, no deben abusar del uso

del teodolito, que en muchos casos puede reemplazarse por la brújula, de mas sencillo manejo.

El teodolito mal manejado da márgen a errores que el mismo ingeniero no cometeria con la brújula. En un caso un jóven ingeniero, usando teodolito, trazó la continuacion de un pique de estraccion, que se perforaba por partes desde distintos niveles o planes, con un error de verticalidad de 5 metros. El error se notó cuando esta parte del pique tenia 30 metros i habia costado mas de 8,000 pesos.

**Escalas** para la perforacion de piques de estraccion deben ser mui livianas para quitarlas con rapidez al estallar los tiros. Las de cable de cáñamo o de manila con travesaños de fierro o de madera, fijas en su parte superior solamente, son ventajosas, cuando los operarios tienen la necesaria destreza para trepar. Naturalmente, si la prosecucion del pique se hace sin escudo o entre puente, el movimiento de los operarios puede hacerse con la máquina de estraccion, debajo de cuyos baldes se cuelga una cadena o cabo.

**Fraguas** para afilar barrenos se colocan con ventaja dentro de las minas, sobre todo cuando éstas son profundas, la roca es dura i gasta mucho la herramienta, i cuando hai lugares adecuados en cuanto a ventilacion. Carboncillo o coke serán los combustibles que de preferencia se usen para este objeto.

Las fraguas dentro de las minas evitan la estraccion i posible pérdida consiguiente de los barrenos, ahorrando tambien a los operarios el trabajo de traerlas afuera.

**La supresion** de mayordomos u otros empleados es muchas veces una pobre economía en las minas i ántes de efectuarla debe ser bien estudiada. Trátándose de operarios bolivianos indios esta medida es mas peligrosa que en el caso de operarios chilenos.

**El costo de concentracion** varía con el tamaño del establecimiento i la fineza de la molienda.

**El agua** necesaria para la concentracion puede calcularse en 5 toneladas por tonelada beneficiada al dia.

**Bajo costo de produccion** no significa siempre gran utilidad, porque la reduccion del costo exige a veces fuerte capital para modernas instalaciones i el valor de la amortizacion e interés disminuye la utilidad.

**Palas** de punta son preferibles a las palas cuadradas en trabajo sobre terreno disparejo. En piso plano la pala cuadrada es mas eficaz hasta el punto de que un hombre puede con ella hacer 20% mas de trabajo.

**El cobre nativo** de Corocoro, Bolivia, se beneficia por molienda en trapiques, clasificacion hidráulica, lavado en cribas i una pequeña parte, la mas fina, en mesas vibrantes.

**Las mesas vibrantes** son de numerosos tipos que presentan cada uno sus características ventajosas. La mesa Overstrom es recomendable por la forma diagonal de su tablero, la mesa Ferrari, Krupp, lleva un mecanismo sencillísimo de excéntricos para el movimiento i el linóleo que la cubre es de espléndida calidad. Si las patas de madera que la sostienen fueran mas resistentes i no se quebraran tan a menudo, seria la mesa recomendable por su sencillez. La mesa Standard tiene la ventaja de que está suspendida de ganchos, haciéndola mui sencilla, i de que su movimiento vibratorio es diferencial de golpes. La mesa

Willfley usa varillas o *riffles* de madera de mas resistencia i duracion que las de cobre de la Overstrom. Creemos que la mesa Overstrom con mejor material de construccion, que a veces es de inferior calidad, aventajaria a todas las demas. Instalando una Overstrom he anotado lo siguiente: su tablero de madera era débil i necesitaba refuerzos; sus descansos de metal blanco no estaban bien pulidos; su tela era de mala calidad; no traia los clavos de cobre i de bronce en suficiente cantidad; tampoco tenia canales para el derrame del material. A pesar de todo, recomendamos la Overstrom como una buena mesa de lavado. La mesa Ferrari lava mui bien el material fino, pero no así el grueso porque sus listones, formados en la misma tela, son mui bajos.

**El convertidor esférico** o de Cerro de Pasco, como tambien se le llama por haberse allí usado por primera vez, tiene 3.30 m. de diámetro i produce de 2 a 2½ veces mas cobre por calza que el convertidor tipo barril, usando el mismo eje i calza o forro. Se pueden tratar en él cargas iniciales i siguientes mas grandes. El receptáculo del eje, en vez de seccion rectangular la tiende circular o elíptica i el forro tiene forma de arco como en el convertidor vertical.

**Las nuevas máquinas** eléctricas de estraccion, movidas con motores trifásicos, a fin de evitar las partidas continuas que exige este trabajo i que producen un gran gasto de fuerza, reciben el movimiento por transmision de cable o de correa desde el motor, movimiento que recibe un eje horizontal perpendicular al de los tambores, i al cual le comunica la accion por dos engranajes cónicos, destinados a jirar en distintos sentidos segun engrane el uno o el otro. En este dispositivo, el motor eléctrico jira permanentemente en un solo sentido, gastando, cuando marcha en vacío ménos enerjia que la excesiva de las partidas.

**El precio** del platino continúa subiendo i ahora vale 2½ veces el del oro.

**El transporte de concentrados** desde las máquinas hasta el depósito puede hacerse en casos con mucha ventaja por un andarivel monoriel, cuyos carros cuelgan a la altura conveniente, por ejemplo a 1.50 m. del piso.

**Los baldes** de piques deben descansar durante la carga sea sobre rieles de fierro, vigas de madera o sobre cadenas, a fin de que el cable de estraccion no quede sometido a los golpes producidos por el material al caer al balde i tambien para ganar tiempo en dejar el balde en su posicion exacta al término de su viaje. Esta práctica se hace molesta cuando se trabaja de distintos niveles a un mismo tiempo, pero aun en este caso el empleo de la cadena, de fácil colocacion, es de ventaja.

**Las minas** no son para los planteles de beneficio, sino éstos para aquéllas. Aunque parezca inútil decirlo, conviene recordarlo, pues al olvido de esta verdad deben atribuirse algunos descalabros mineros. Merece al respecto citarse una mina que se estaba trabajando apresuradamente debajo del último plan del pique de estraccion, mediante tornos i apires, i cuyos puentes, en vez de fortificarse con el relleno de broza se sostenian con marcos de madera. Cuando al administrador se le interrogó por el motivo de tan estraño i caro método de explotacion, contestó que la mina tenia que alimentar una fundicion de 100 toneladas diarias. Esta, sin duda, se habia erijido ántes que la mina pudiese alimentarla. Pocas semanas despues, la mina i la fundicion estaban paralizadas.

**Los operarios i empleados** pueden clasificarse en dos; los unos dejan sus herramientas al primer toque del pito; los otros concluyen de poner el clavo i hacen mas si es necesario; aquéllos se declaran en huelga para exigir mayores salarios; para los últimos, esto no es necesario, porque la recompensa viene por sí sola.

**El wolfram i la casiterita** tienen pesos específicos de 7.3 i 7 respectivamente, de modo que es imposible separarlos por el lavado. La separacion se efectúa sobre el concentrado misto por métodos electromagnéticos o por tratamiento químico.

**El salitre** se cotiza en nuestra costa por quintal español de 46 kilogramos, pero en Inglaterra i el continente europeo se cotiza por quintal ingles de 50.8 kilogramos. Esto último es la veinteava parte de la tonelada inglesa (long ton) de 2,240 libras o 1,016 kilogramos.

**La tonelada** es una medida que tiene varios significados: la tonelada inglesa (long ton) tiene 1,016.05 kilogramos o 2,240 libras; la tonelada yanqui (short ton) tiene 2,000 libras o 907.19 kilogramos; la tonelada métrica tiene 2,204 libras o 1,000 kilogramos; la tonelada llamada en Estados Unidos «miner's ton», tiene 2,352 libras.

**El gasto de sacos** para el transporte de concentrados es en muchas minas bolivianas excesivo, porque los sacos son muy pequeños, con capacidad de 25 kilogramos. Solo como sacos para 50 o 100 kilogramos cuestan mucho menos en proporcion al peso que llevan i a veces lo mismo, se comprende la magnitud de la economia en usarlos. Así por ejemplo, en vez de que una llama cargue dos sacos de 25 kilogramos puede cargar uno de 50 kilogramos.

**Los relaves** procedentes de la concentracion, lixiviacion o amalgamacion en cuanto sea posible deben acumularse i no ser entregados a las corrientes de agua, teniendo presente que los métodos de extraccion progresan continuamente, que los relaves llevan siempre algun porcentaje del mineral beneficiado i que con mas altos precios puedan hacerse valiosos. Hai muchos casos en que esto ha ocurrido.

**Mayor rendimiento** de extraccion en el lavado de los minerales, no significa siempre mayor utilidad, ni tampoco la mayor lei del producto concentrado, pues los gastos de operacion pueden aumentar desproporcionadamente.

**Las pruebas de beneficio** de minerales, especialmente por métodos de concentracion i químicos, en pequeña escala, dan resultados en jeneral mas favorables que las pruebas en escala industrial. Sobre las primeras no deben descansar los resultados definitivos, i ántes de erijir planteles debe esperimentarse en grande escala. Los métodos de laboratorio sirven de guia para los esperimentos subsiguientes i su resultado es mas favorable porque la esperimentacion resulta mas cuidadosa i perfecta obrando sobre pequeñas cantidades.

**Los buddles** o mesas de esta categoría son usadas en Bolivia para la concentracion de las lamas finas producidas en el beneficio del estaño. Este aparato concentrador tiene la gran ventaja sobre las mesas vanners, como la Frue e Isbell que es de muy sencilla construccion, lo que es importante en esos distritos de escasos elementos.

F. A. SUNDT,  
Ingeniero de Minas.



# Indice del Boletin de la Sociedad Nacional de Minería

Enero a diciembre de 1911

## A

	Pájas
Abonos azoados artificiales similares al salitre de Chile, Los.....	39-51
Adkinson H. M. ....	57
Aller F. D. ....	184
Alto Horno de Prudhomme, El.—El empleo de la leña cruda como combustible en los Altos Hornos para fundicion de minerales de fierro.....	237
Altos Hornos, Uniformidad en las operaciones de los.....	18
Amonio, El sulfato de.....	229
Análisis técnicos, Métodos rápidos.....	184
Aprovechamiento de las Fuerzas Hidráulicas de la Suiza.....	24
Ascotan, Una visita a las Borateras de.....	116
Avalos Carlos G. ....	325
Azufre industrial, Ensaye del.....	479

## B

Baldes de estraccion i jabas.....	409
Balde de vuelco automático.....	480
Balde de vuelco automático en pique inclinado.....	482
Balde de vuelco automático, Nuevo.....	533
Baldes, vuelco automático de.....	596
Bibliografía.....	47
Bismuto, El.....	691
Blanco, P. Aniceto.....	475
Boletin de precios de minerales, productos metalúrgicos, salitre, combustibles, fletes i tipo de cambio internacional. 49-98-147-227-275-355-422-511-559-607-655	116
Borateras de Ascotan, Una visita a las.....	330
Borato, Impuesto al.....	121
Briquettes de carbon, La Industria de.....	696
Buddle como concentrador de lamas cobrizas.....	246-345-412
Bureau de Minas de los Estados Unidos, El.....	246-345-412

## C

Caliche, El procedimiento Mourgues-Cortés para el beneficio del.....	310
Capitales en las minas, El riesgo de los.....	390
Caracoles, Mineral de.....	94
Carbon en 1910, Estadística del.....	145
Carthaus, Emilio.....	83
Close F. ....	592
Cobre, Espectativa para el.....	101
Cobre, La industria del.....	109-377
Cobre, la fundicion de.....	166
Cobre en Chile, Sobre el costo de produccion del.....	310
Cobre, Cotizacion del.....	325
Cobre, Progresos en la Metalurgia del.....	501

Cobre en Michigan, La refina del.....	690
Compañía Minera Poderosa de Chuquicamata en 1910, La.....	115
Concentracion, Cálculo del rendimiento en la.....	522
Concentracion, Proyecto de un plantel de.....	599
Construccion de Chimeneas de ladrillos.....	595
Convertidor de cobre, Variacion de la llama de un.....	519
Cornwall.....	243
Cribas de mano, ñeclcs o maritatas.....	382
Criba de Hancock, La.....	645

## CH

Chancadora mecánica i a mano, Comparacion entre la.....	386
Chañarcillo, El Mineral de, Mocion de los diputados señores Oyarzun i Pleiteado.....	43
Chimeneas de ladrillos, Construccion de.....	595
Christensen Charles C.....	599

## D

Decreto que crea varios Consejos encargados de reorganizar la enseñanza profesional en el pais.....	197
Demostracion metalújica esperimental, Valuacion minera i.....	410
Desarrollo de la hidrometría, en Suiza, El.....	199-424
Diaz Ossa Belisario.....	39-51-229-310
Diaz Ossa Ignacio.....	1-47-109-377
Dictámen del Promotor Fiscal. Peticion de una gran estension de playa.....	342
Dinamita comparada con la pólvora, La.....	474
Douglas Osborne F.....	320

## E

Escojido a mano de los minerales, Importancia del.....	597
Ensaye del azufre industrial.....	479
Epper J.....	199
Especificaciones del Gobierno yanki para la compra del petróleo combustible.....	682
Espectativas para el cobre.....	101
Explotacion de minas, Principios sobre.....	482-535-601-632
Estadística del carbon en 1910.....	145
Estadística Minera de España.....	677
Estaño, El.....	83
Estaño, El mercado de.....	105
Estaño, Mercado del.....	244
Estaño de la Península de Málaga, Los depósitos de.....	320
Estaño en 1910, Produccion de.....	327
Estaño en las tres Américas, La explotacion de las minas de.....	400
Estaño en Bolivia, Produccion de.....	472
Estaño en Bolivia.....	657
Estudios sobre escorias procedentes de fundiciones de cobre.....	171

## F

Fierro de Minnesota, Los yacimientos de.....	383
Fórmulas útiles.....	592
Fuerzas Hidráulicas de la Suiza, Aprovechamiento de las.....	24
Fundicion de cobre, La.....	166

## G

Gruner H. E.....	24
------------------	----

## H

	Páginas
Hancock, La criba de .....	645
Hidrometría en Suiza, El desarrollo de la .....	109-424
Hoover, Theodoro J. ....	522
Horno de manga eléctrico de Domarfvét, Suecia. ....	6-70
Horno eléctrico para la reduccion de minerales de fierro .....	60
Horno, Carro para recibir las sangrías de un .....	388

## I

Impuesto al Borato, El .....	330
Industria Minera de Chile en 1910, La .....	1
Industria del Cobre, La .....	109-377
Industria de Briquettes de carbon, La .....	121
Industria de los morteros, cales, cementos, yeso y puzzolanas, La .....	584
Informe sobre la siderurjía en Chile .....	561-614

## J

Jabas i baldes de estraccion .....	409
Jeolojía boliviana .....	609

## L

Labastie Felipe .....	94
Lahaye Eujenio .....	121
Leña cruda como combustible en los Altos Hornos para fundicion de minerales de fierro, El empleo de la.—El Alto Horno de Prudhomme .....	237
Levy Donald M. ....	519
Lyón P. ....	330

## M

Maier Ernesto .....	149
Malacates i máquinas de estraccion .....	392
Mercado de estaño El .....	105
Metal i mineral .....	319
Metalurjía del cobre, Progresos en la .....	501
Métodos rápidos de análisis técnicos .....	184
Minas de los Estados Unidos, El Bureau de .....	246-345-412
Minas, El riesgo de los capitales en las .....	390
Minas, Principios sobre explotacion de .....	482-535-601-632
Mineral de Chañarcillo, El.—Mocion de los diputados señores Oyarzun y Pleiteado .....	43
Mineral de Caracoles .....	94
Minería primitiva en la Serena, La .....	525
Minerales, Importancia del escojido a mano de los .....	507
Morteros, cales, cementos, yeso i puzzolanas, La industria de los .....	584

## N

Negociaciones mineras .....	340
Notas mineras .....	373-465-513-650-697

## P

	Páginas
Patentes mineras, Reglamento relativo al pago de las.....	557
Peinecillos.....	394
Peinecillo de madera.....	499
Perforadora de aire comprimido i la perforadora electro-neumática en las minas, La.....	334
Perforadoras a mano.....	393
Plantel de concentracion, Proyecto de un.....	599
Petróleo en 1909, El.....	77
Petróleo en Magallanes, El.....	149
Petróleo para calderos.....	387
Peters Edward D.....	171
Peticion de una gran estension de playa.—Dictámen del promotor fiscal..	342
Pirquinero, El.....	316
Pólvora, La dinamita comparada con la.....	474
Procedimiento de Clancy para beneficiar minerales auríferos i arjentíferos, El.....	166
Procedimiento Mourgues-Cortes para el beneficio del caliche, El.....	310

## R

Reglamento relativo al pago de las patentes mineras.....	556
Rendimiento en la concentracion. Cálculo del.....	522
Richards J. W.....	18-60

## S

Salitre en Chile.—Oríjen del.....	684
Sangrías de un horno, Carro para recibir las.....	388
Santa Cruz Joaquin.....	525
Siderurjia en el Japon, La.....	561-614
Siderurjia en Chile, Informe sobre La.....	229
Sulfato de amonio, El.....	57-115-116-309-316-373-382-386-392-409-465-474-480-513-650
Sundt F. A.....	501
Sundt Lorenzo.....	501

## T

Tarifa de fletes de minerales a Europa, via Estrecho de Magallanes.....	318
Tolvas para minerales en la mina Panizo de Chuquicamata.....	57
Tungsteno o wolfram en California.....	687

## U

Uniformidad en las operaciones de los Altos Hornos.....	18
---	----

## V

Valuacion minera i demostracion metalúrgica esperimental.....	410
Vanadiun en Bolivia, datos para la busca del.....	475
Vattier. Cárlos.....	237

## Y

Yacimiento de fierro de Minnesota, Los.....	383
---	-----