

Incompleto

INDICE

	<u>Página</u>
Introducción	
Las perspectivas generales para una futura explotación	
La explotación anterior	
El estado actual de las minas y sus instalaciones	
Los yacimientos	
El mineral extraído	
Concentración del mineral por flotación:	
A. Sobre la flotación en general	
B. El mineral de "La Concordia" y de las minas próximas bajo el punto de vista de la flotación	
Recursos minerales	
Factores económicos	
Conclusiones	
Suplementos: 15 figuras y 7 láminas	

INTRODUCCION

En el presente trabajo se encaran los problemas técnicos y económicos relacionados con una futura explotación de la mina "Concordia" y minas próximas, situadas en el distrito de San Antonio de Los Cobres del territorio nacional de Los Andes y paralizadas ya durante muchos años. Se consideran en particular, la importancia que tendrá para las minas del futuro ferrocarril de Salta a Chile, actualmente en construcción, y las ventajas que ofrece el método de enriquecimiento llamado flotación, aplicado para concentrar los minerales de estas minas.

Se funda este informe en estudios de las minas y excursiones en el distrito, realizadas por el subscripto a fines de octubre y principios de noviembre del año 1928. Han sido de mucho valor los datos que me facilitaron los señores Harold Teasdale y Enrique W. Poor, propietarios de la mina "Concordia" y radicados en la provincia de Salta, como el tercer dueño de esta mina, señor Ernesto Solá.

Han sido consultadas las siguientes obras:

- 1) Luciano Caplain: Informe sobre el estado de la minería en el territorio de Los Andes. Anales del Ministerio de Agricultura. Tomo 7.
- 2) Juan F. Bernabé: Los yacimientos minerales de la Puna de Atacama. Anales del Ministerio de Agricultura. Tomo 10.
- 3) Estadística Minera de la República: Año 1909. Anales del Ministerio de Agricultura. Tomo 6.
- 4) Estadística Minera de la República: Año 1910. Boletín N° 2. Serie A. Minas. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología.

Las muestras de mineral que coleccioné han sido analizadas por los doctores M. Torre, M. Dellepiane, Héctor N. Alvarez y Federico Parodi, y las de agua por el doctor José Camps, todos del Laboratorio Químico de esta Dirección General.

Antes de entrar en materia, debo hacer mención de los prolijos estudios de carácter particular que fueron realizados en el transcurso del año 1928 por la empresa norteamericana American Refining and Smelting Co., en lo concerniente a la explotabilidad de la mina "Concordia", la principal y más trabajada mina en el distrito. Al proceder a estos estudios la empresa desagotó el mismo fondo de la mina, la cual estaba inundada desde el año 1914, y esta Dirección General, con el propósito de aprovechar tal ocasión única para una inspección oficial de la mina, encargó al subscripto en septiembre de 1928, para que la visitara antes de fines de octubre del mismo año, haciéndose esta indi-

cación respecto al tiempo, en vista de que la empresa particular había comunicado su intención de dejar subir el agua una vez vencido el mes de octubre.

A mi llegada a la mina el 22 de octubre, encontré el nivel más bajo, llamado la 5ª galería (véase lámina N° 3), bajo agua desde el mes de junio último y la 4ª galería en iguales condiciones desde pocos días atrás, habiéndose recién levantado de la mina todas las bombas. Estaban todavía accesibles las tres galerías superiores y alcancé a estudiarlas antes que llegara allí el agua.

Los propietarios de la mina han puesto a mi disposición varios planos sobre los laboreos con los datos analíticos obtenidos por la American Refining and Smelting Co., sobre las muestras que fueron extraídas en la 4ª y 5ª galerías, bajo la dirección del Ing. C. W. van Law de dicha empresa norteamericana. Atribuyo todo valor a los planos y datos que me han sido entregados, y los he incluido en este mismo estudio.

Fuera de "La Concordia" y sus instalaciones, dediqué atención también a las otras minas conocidas en la proximidad, visitando así "La Paz", que queda muy cerca de "La Concordia" (lámina N° 2), "La Vicuña" y "El Recuerdo" al N. y "La Esperanza" al SW. de "La Concordia" (lámina N° 1) y varios trabajos pequeños sin nombre, situados en las cercanías de las minas ya mencionadas.

LAS PERSPECTIVAS GENERALES PARA UNA FUTURA EXPLOTACION

Están suspendidos casi totalmente los trabajos en estas minas desde hace 15 a 20 años, a pesar de que un mineral rico está a la vista en varias de ellas y "La Concordia" posee buenas instalaciones mineras.

Son dos las causas principales que hasta el presente han obstaculizado más seriamente el desarrollo de una explotación; primero, la gran distancia que ha separado este distrito minero del ferrocarril, y segundo, las dificultades que se encontraron en lo relativo a la concentración de los minerales complejos de estas minas. Pero en los dos sentidos se ha mejorado mucho la situación últimamente.

Así ofrece otro aspecto ahora la cuestión de transportes y comunicaciones, desde que se está construyendo el ferrocarril de Salta a Chile, cuya línea, como se ve en la lámina N° 1, atravesará el mismo distrito minero, favoreciendo especialmente a la mina "Concordia" con una estación proyectada en las inmediaciones de su pique principal de extracción, el pique "Candelaria" (fig. N° 6) y con la vía pasando muy cerca de su planta de concentración el establecimiento de Pompeya (Nueva Pompeya, en la lámina N° 1).

Hace ya varios años que fué puesta en servicio la primera parte de la línea, desde Salta hasta Puerta Tastil; la segunda parte, que está actualmente en construcción, se extenderá hasta San Antonio de Los Cobres, que dista unos 10 kilómetros de "La Concordia", y no debe durar mucho su terminación. Se ha entrado a trabajar también en la tercera parte y se han realizado preparativos y terraplenes dentro del distrito minero hasta el Abra de Chorrillos (lámina N° 1), pero seguramente pasarán años antes de que llegue hasta aquí el servicio de trenes. Llegados los rieles a San Antonio de Los Cobres, ya tendrán ubicación más favorable las minas que nos ocupan, pero una vez terminado el ferrocarril en todo su trayecto, podrá calcularse un flete de 5 a 10 \$ $\frac{m}{t}$ por tonelada de mineral hasta las estaciones próximas a la ciudad de Salta, en vez de los 50 \$ $\frac{m}{t}$ en tiempos pasados. Igualmente y en la misma proporción se ofrecerán ventajas en lo relativo al transporte de todas las mercaderías necesarias para las minas.

También los problemas relacionados con la concentración del mineral han variado de aspecto desde el año 1914, por ejemplo, época en que se suspendieron los trabajos en "La Concordia". Uno de los motivos de la suspensión era precisamente el escaso rendimiento que había dado la concentración en el establecimiento de Pompeya, y no debe extrañar ello, considerando que en la época señalada no se contaba con métodos eficaces para enriquecer una mena de varios sulfuros, como la de "La Concordia" (galena, blenda y sulfuros de cobre con leyes aproximadas de 9-11 % de plomo, 3-5 % de zinc, 1-2 % de cobre y con 1.000-2.000 gramos de plata por tonelada de mineral), y hacer separación en grado satisfactorio de los sulfuros, uno del otro.

Se lograba y así también en Pompeya, separar la ganga en grado mayor o menor, empleando los aparatos corrientes destinados a la separación hidrogravitacional, "jigs", mesas Wilfley, etc., pero el producto

enriquecido no alcanzó a responder a las exigencias comerciales y económicas. Por ser una mezcla de sulfuros que requería tratamientos posteriores especiales, no obtuvo buen precio en el mercado y por la gran pérdida de metal en la concentración, si se deseaba llegar a un producto rico que soportara los fletes, no rindió lo suficiente.

Ahora, por los métodos de flotación, es una cosa factible la de concentrar los sulfuros que se hallan en una mena de composición compleja y separarlos uno del otro satisfactoriamente con buena recuperación de los metales. Después del año 1925 ha progresado en forma asombrosa la técnica de la flotación y actualmente toda empresa que posee minerales complejos busca en este procedimiento su solución y la encuentra. También en muchos casos de menas con un solo sulfuro, la flotación se impone sobre otros métodos por su rendimiento y economía. En consecuencia, el procedimiento va adquiriendo cada vez mayores aplicaciones industriales y a ello se atribuye la baja notada en los precios de plomo y zinc durante los últimos años.

Requiere molienda hasta un grado fino la flotación, pero en total es un método relativamente barato, sobre todo cuando se trabaja en grande escala. Los productos salen con alta ley y pueden, por lo tanto, soportar largos transportes. Se recuperan en grado satisfactorio el oro y la plata que se hallan asociadas a los sulfuros de las menas. Las empresas fundidoras reclamaron al principio por ciertos inconvenientes relativos al empleo de estos productos pulverizados, pero hoy día, después de modificar sus procedimientos, no lo hacen más.

Por otra parte, se introducen cada día mejoras en la técnica de la flotación y son pocas todavía las normas generales relativas a la aplicación de estos procedimientos. En cada caso y muy en particular cuando se trata de minerales complejos, hay que tener en cuenta tantos factores físicos como químicos relacionados con la composición de las menas y del agua que ha de emplearse y se impone como una necesidad, pasar por investigaciones microscópicas, experimentos, ensayos prácticos, etc., antes de proceder a la compra de maquinarias y a la construcción de una planta.

Lo principal de todo es que los recursos minerales importan lo suficiente para una explotación continua y económica, y a este respecto, como veremos en los siguientes capítulos, alcanza la veta de la mina "Concordia" sólo medio metro de ancho por término medio y da, a lo sumo, 6,000 toneladas de mineral crudo por año o sea término medio unas 20 toneladas por día. Una planta de flotación con su capacidad limitada a sólo estas cantidades, resultaría con costos de tratamiento elevados, por lo cual se hace muy necesario encarar los problemas con miras desde un principio a las otras minas en el distrito. Estas, sin embargo, son poco conocidas todavía, y en procura de más mineral no hay otro remedio que el de tratar de estimular a trabajos de reconocimiento. Socavones hacia el SW. y NE. de la veta Concordia podrían, por ejemplo, descubrir nuevas vetas en las adyacencias de esta mina.

Existen métodos geofísicos que se emplean hoy día por todos lados en el mundo y con buen éxito para buscar minerales o para indicar sobre un terreno limitado, si hay o no esperanzas de encontrar mineral y entre ellos se destacan, muy en particular, los métodos geoelectrónicos

por sus progresos maravillosos en estos últimos años. Puede, y con acierto, recomendarse la realización de búsqueda geoelectrica en el distrito que nos ocupa, pero debemos advertir también que el terreno posiblemente no resultaría muy apropiado para tal investigación, ya sea debido a las irregularidades que demuestran las vetas de esta clase — por ser grandes partes de las minas estériles y, en consecuencia, neutrales como conductores eléctricos, — o la infiltración de agua salada que podría producir perturbaciones por su capacidad de conducir en mayor o menor grado la corriente eléctrica.

Sin duda alguna, tendría un buen efecto estimulante sobre la minería en el distrito, la misma existencia de una planta de flotación que comprase el mineral crudo de las distintas minas y que tuviese buena ubicación, organización en debida forma e instalaciones apropiadas que pudieran ser ampliadas oportunamente.

Sería una cuestión delicada la de elegir el punto adecuado para una planta. En cuanto a su administración, se encontraría una solución acertada si, por ejemplo, la empresa fundidora que tiene su planta en Mojotoro, cerca de la ciudad de Salta, modificando sus procedimientos con el fin de emplear los concentrados de flotación, se hiciese cargo de la concentración, sea colocando la planta de flotación arriba en el distrito minero o sea en otro punto.

Debemos considerar también la cuestión relativa a la fuerza motriz. La mina "Concordia" posee una usina hidroeléctrica llamada "La Turbina", la cual aprovecha el agua del río Chorrillos (lámina N° 1), y tiene una potencia de poco más de 200 H. P. Una planta de flotación de la escala que nos interesa en este caso, necesitaría 2 a 3 H. P. por tonelada - día, según el grado de molienda que requiera el mineral. Suponiendo una planta que trata 50 toneladas diariamente, llegaríamos a precisar hasta 150 H. P., cantidad de fuerza que no podría quitarse de la mina "Concordia" sin perjuicio a ella.

Posible es que la mejor solución sería la de reservar en su totalidad la energía existente en el distrito para las minas, tanto para "La Concordia" como para otras próximas, y situar la planta de flotación en la quebrada del Toro o más cerca todavía de la ciudad de Salta. Son varios los puntos de vista que hablan en favor de ello, pero uno de los factores determinantes será, naturalmente, la tarifa de transporte ferroviario que sea puesta en vigencia para los minerales.

LA EXPLOTACION ANTERIOR

Los dos informes antes mencionados de Caplain y Bernabé, dan la historia de estas minas hasta el año 1910. Comprenden también una descripción completa de todas las instalaciones que realizó la Compañía Minera "La Concordia" durante el año 1905 y siguientes, instalaciones que todavía existen y que se encuentran en buenas condiciones. Contienen varios datos analíticos relativos al mineral extraído,

y transcribimos algunos de ellos en los dos cuadros adjuntos N^{ros.} 1 y 2; pero los informes citados no dan dato alguno referente a las cantidades de mineral que han sido extraídas, producidas o exportadas.

Cuadro N^o 1. — Mineral procedente de la mina Concordia

	AUTOR	COBRE %	PLOMO %	PLATA Gramos por tonelada
Mineral crudo	Caplain	3 - 3,2	6 - 7	1.000 - 2.000
	Barnabé	3	6	2.000
Mineral escogido a mano.	Caplain	4 - 9	15 - 35	3.500 - 7.500
	Barnabé	4	20	3.000
Mineral concentrado en Pompeya.....	Caplain	3,5 - 8	18 - 45	3.000 - 5.500

Cuadro N^o 2. — Mineral procedente de la mina Recuerdo, según Caplain

MATERIAL	COBRE %	PLOMO %	ZINC %	ANTIMONIO %	PLATA Gramos por tonelada	ORO Gramos por tonelada
Mineral crudo	6,80	2,25	6,50	3,30	635	33
Mineral escogido a mano.....	13,60	3,90	1,80	1,60	1.679	41

Tampoco en la estadística se consiguen datos que dan idea sobre la capacidad de las minas que nos ocupan. Recién en el año 1909 empieza a publicarse la estadística minera de la República, pero ya en años anteriores tuvo lugar en lo principal la explotación que se ha realizado en estas minas.

Para los primeros dos años de estadística, a saber, 1909 y 1910, figuran, sin embargo, como minerales de cobre exportados del territorio de Los Andes, vía Rosario, las cantidades que en el cuadro N^o 3 transcribimos. Las leyes medias correspondientes, según la misma estadística, comparados con las que citamos en los cuadros números 1 y 2, nos indica que la cantidad de 1.058,35 toneladas mandada en el año 1909, podría proceder de la mina "Concordia", e igualmente las 119 toneladas que fueron mandadas en el año 1910, mientras que la otra cantidad de 6,30 toneladas exportadas este último año podría ser mineral de la mina "El Recuerdo".

En todo lo relativo al tiempo después del año 1910, existen muy pocos datos sobre las minas, habiendo sido abandonados los trabajos en su casi totalidad, como ya queda dicho. Sólo en "La Esperanza" se ha hecho de vez en cuando extracción de mineral en pequeña escala,

y al tiempo de mi visita a la mina, el día 30 de octubre, se había hecho parar los trabajos pocos días antes, hallándose todavía guardadas en las casas mineras unas toneladas de mineral que fué extraído y preparado últimamente.

Cuadro N° 3. — Minerales de cobre exportados del territorio de Los Andes durante los años 1909 y 1910

Año	Material según la estadística	Cantidad Kilos	Destino	Ley media
1909	Cobre gris argentífero con galenas.	1.058.350	Alemania	Cobre 4,5 % Plomo 29,6 % Plata 3.750 { gramos Oro 3 { por tone- lada.
1910	Cobre gris	6.300	Inglaterra	Cobre 12,79 % Zinc 1,88 % Antimonio 6,95 % Plata 1.760 gramos por tone- lada.
	Cobre gris	119.000	Bélgica	Cobre 5,57 % Plomo 19,46 % Plata 2.977 gramos por tone- lada.

En cuanto a la mina "Concordia", se paralizó la explotación en el año 1909, pero se siguió con trabajos preparatorios en la mina hasta el año 1914, preparándose, entretanto, la explotación del piso comprendido entre la 4ª y 5ª galerías. Debido al mal rendimiento que había dado la concentración y a otros inconvenientes, no se procedió a la extracción del piso preparado, sino se suspendieron todos los trabajos y la mina quedó inundada todo el tiempo hasta que la American Refining and Smelting Co., como ya sabemos, en el año 1928, hizo desagotarla.

EL ESTADO ACTUAL DE LAS MINAS Y SUS INSTALACIONES

Están bien comunicadas con el camino nacional de Salta a Chile las dos minas colindantes, "La Concordia" y "La Paz", por medio de un camino carretero que se hallaba en buen estado al tiempo de mi visita. En cambio, las otras minas en el distrito quedan un poco más retiradas, desde que su única comunicación con el camino carretero es por sendas a mula (lámina N° 1). Han sido trabajadas estas últimas minas, en consecuencia, hasta ahora solamente en escala reducida y primitiva, y no han llegado todavía sus labores al nivel del agua sub-

terránea. Varias partes no han podido ser estudiadas en debida forma por razones de derrumbamientos y rocas sentadas en los socavones; así, por ejemplo, no fué posible tomar muestra alguna dentro de la mina "Esperanza".

Las medidas que han podido tomarse están reunidas en el cuadro N° 4, igual como las observaciones hechas en lo relativo a la dirección e inclinación de las vetas.

Cuadro N° 4.—Trabajos realizados en las distintas minas con indicaciones relativas a la dirección e inclinación de las vetas

MINA	Dirección de las vetas	Inclinación de las vetas	Labores
Concordia	de N. 40° W. a N. 70° W. mg.	vertical hasta 60° al SW. mg.	Véase lám. N° 2 y 3
La Paz	de N. 30° W. a N. 40° W. mg.	80° al SW. mg.	El socavón principal va 196 metros en dirección horizontal sobre la veta (Lám. N° 2) y tiene un laboreo hacia arriba y otro hacia abajo (pique lleno de agua).
12 distintos trabajos en los alrededores de las minas La Concordia y La Paz.	de N. 25° W. a N. 80° W. mg.	vertical hasta 45° al SW. mg.	Tres trabajos están tapados por derrumbamientos; nueve tienen piques y socavones accesibles que miden de uno hasta 50 metros.
Vicuña	—	—	Tres socavones, en conjunto unos 100 metros.
Nueva Vicuña	—	—	Trabajos derrumbados, pocos metros accesibles.
Recuerdo	N. 42° W. mg.	casi vertical	Un chiflón de 35 metros desde arriba; un socavón y un chiflón abajo de 29 y 8 metros, respectivamente.
7 distintos trabajos en la quebrada de Polvorilla.	de N. 50° E. a N. 70° E. mg.	70° al SE. mg.	Tres trabajos están tapados por derrumbamientos; cuatro tienen piques y socavones accesibles que miden de uno hasta 50 metros.
Esperanza	N. 60° E. mg.	vertical hasta 80° al NW. mg.	El socavón principal va 233 metros en dirección horizontal sobre la veta y tiene muchos labores hacia arriba y abajo, en partes no accesibles.

Extensos son los trabajos en la veta Concordia, donde se han invertido grandes sumas en maquinarias, casas e instalaciones mineras de toda índole. Como lo demuestran las láminas números 2 y 3 existen galerías sobre esta misma veta en cinco distintos niveles y a distancias

verticales de 59, 78, 98, 115 y 136 metros, respectivamente, abajo de la boca del pique Candelaria. Podemos medir hasta 300 metros de socavones en el nivel más inferior, sea la 5ª galería, y más de 400 metros en la 4ª galería. Más arriba de esta última, sea de los 115 metros, se ha explotado la veta en todo lo principal, pero abajo no se ha hecho explotación todavía fuera de los trabajos preparatorios que ya conocemos en el 5º nivel (lámina Nº 3). Debemos hacer notar, por lo tanto, que la mina "Concordia" se halla hasta cierto grado preparada para una explotación de mineral del piso comprendido entre la 4ª y 5ª galerías.

La entrada de agua en esta mina se calcula, según me informaron, en 12 metros cúbicos por hora, o sea alrededor de 200 litros por minuto, y tal cantidad no producirá mayores dificultades en la explotación, disponiendo de los medios adecuados para el bombeo.

Los dos piques que tiene esta mina, "Candelaria", así como "Concordia" (láminas Nºs 2 y 3), se presentan en condiciones de servir; el último, sin embargo, no se ha profundizado sino a nivel de la 4ª galería y poco más (lámina Nº 3) y no está preparado sino para un servicio primitivo con baldes. El verdadero pique de extracción lo es el "Candelaria" (lámina Nº 3), el cual tiene instalaciones completas tanto para hacer funcionar dos jaulas guiadas como para las bombas con sus cañerías y cables eléctricos, para escaleras, etc. La armadura de acero que tiene este pique ha sentido, como es natural, los efectos corrosivos del agua durante los muchos años de inundación, lo que me fué posible apreciar en los niveles que estaban provisionalmente secos al tiempo de mi visita. Hacemos notar que la American Refining and Smelting Company, al efectuar los trabajos de limpieza y desagotamiento para su antedicho estudio en la mina, no dejó de colocar una nueva estrella de tirantes abajo de cada una de las estrellas anteriores en todo el trécho del pique que había sido inundado, con lo cual la armadura ha quedado bien reforzada y en condiciones de servir para otra época.

Las maquinarias, casas y demás instalaciones en la superficie ya tienen más de 20 años de edad. Han sido poco utilizadas y debemos decir que se ha cuidado su conservación hasta ahora, de modo que pueden todavía ser útiles.

Las instalaciones principales, resumiéndolas en forma breve, son las siguientes: un caballete de hierro sobre el pique Candelaria y cerca de él, la casa que contiene las instalaciones de cabrias y el transformador eléctrico (figura Nº 7); una planta para hacer la clasificación del mineral y para escoger los pedazos más ricos igual como los estériles, ubicada esta planta no lejos del pozo Candelaria (figura Nº 6); una planta de concentración hidrogravitacional (figuras Nºs. 8 y 9) llamada el establecimiento de Pompeya y ubicada a distancia de más o menos 8 kilómetros al SE. de la mina al lado norte del río Chorrillos (Nueva Pompeya en la lámina Nº 1), con vía "decauville" que une el establecimiento con la mina; usina hidroeléctrica, llamada "La Turbina" (figura Nº 10) y situada a distancias aproximadas de 5 y ½ kilómetros al SW. de la mina y 8 y ½ kilómetros al W. del establecimiento de Pompeya (lámina Nº 1).

Aprovecha esta usina el agua del río Chorrillos y desarrolla corriente eléctrica de 5.000 volts de tensión con capacidad aproximada de 150 kilowatts; tiene líneas que transmiten la energía a la mina como también al establecimiento de Pompeya con estaciones de transformación en los dos puntos finales.

Debemos mencionar también que la mina "Concordia" posee buenas casas para todos los fines, como para talleres, almacenes, habitaciones, administración, etc. (figuras N^{os}. 3, 4 y 5). Por otra parte resultan de poco valor las maquinarias instaladas en el establecimiento de Pompeya, desde que se impone la necesidad de cambiar el método de concentración. Probable es también que la obtención de repuestos para los motores y demás útiles eléctricos presentará dificultades puesto que estas maquinarias no son más de los tipos modernos o corrientes.

LOS YACIMIENTOS

Estos, o mejor dicho, los ya conocidos en el distrito, son todos vetas angostas, de pocos decímetros de ancho y rectas, por cuanto su manto es generalmente casi vertical. Aparece el mineral que se busca en estas vetas como columnas ricas, es decir, cuerpos bien mineralizados aunque irregulares tanto en su grado de mineralización como en su forma (en inglés llamados "ore shoots", "pay streaks", etc.), los cuales muy en general demuestran aumento en el ancho de la veta y también a menudo presentan grandes extensiones a lo largo de la misma, hasta 100 metros y más todavía, tanto en la dirección horizontal como en la vertical, siendo pobres en general, las partes intermedias de las vetas y hasta estériles.

A título ilustrativo se agregan las láminas N^{os}. 6 y 7, demostrando ellas, numérica y gráficamente, las variaciones relativas al ancho de la veta y relativas a los tenores correspondientes de metales en la 4^a y 5^a galerías de la mina "Concordia", según los resultados que obtuvo la American Refining and Smelting Company. Con el mismo objeto se ha señalado en la lámina N^o 3 las partes de esta misma veta que, siguiendo lo indicado por dicha empresa podrían formar las columnas "shoots" de mineral rico no explotado.

Refiriéndose a estas columnas de mineral superior en ley, la empresa calcula el término medio del ancho que les corresponde en 50 centímetros y da como promedios relativos a los contenidos de plata, plomo y zinc que puedan esperarse en el mineral extraído, las leyes que transcribimos en el cuadro N^o 5, agregando que las cifras calculadas han sido ligeramente rebajadas por considerar que la mena siempre sale algo entremezclada con la roca adyacente.

Cuadro N^o 5. — Términos medios de los resultados analíticos relativos a las columnas ricas, los "shoots", en las 4^a y 5^a galerías de la mina Concordia, según la American Refining and Smelting C^o.

	Galería	Longitud Metros	Ancho Cm.	PLATA Gramos por tonelada	PLOMO %	COBRE %	ZINC %
Total «Shoots» ..	4. ^a	140	49	1.345	8,4	2,00	4,86
» » ..	5. ^a	156	51 1/2	1.238	10,8	1,43	4,50
Término medio			50	1.280	9,9	1,62	4,65

Son de interés muy particular estos promedios calculados que se citan en el cuadro N° 5, en vista de que muestran buena concordancia con las leyes obtenidas sobre un común grande extraído por la empresa minera que trabajó la mina antes de suspenderse los trabajos, el año 1914. Según me informaron, provino este común grande de todas partes de la mina y era en el principio alrededor de 100 toneladas. A la época de mi visita quedaban todavía guardadas unas 100 bolsas conteniendo en total más o menos 5 toneladas de este mismo común y de veinte de estas bolsas extraje la muestra que figura en el cuadro N° 6.

Cuadro N° 6. — Muestra de mineral embolsado, que forma un común grande extraído de la mina Concordia por la empresa minera que trabajó la mina antes de suspenderse los trabajos el año 1914. Término medio de dos análisis.

Número de la muestra	PLATA	PLOMO	COBRE	ZINC
	Gramos por tonelada	%	%	%
52 { A. C. O. 2.725	1.342	11,72	1,86	3,37
	» 2.739	1.620	12,21	1,50
Término medio.....	1.481	11,97	1,78	3,61

Tomé de las tres galerías superiores en la "Concordia" las muestras que están reunidas en las láminas N°s. 4 y 5, donde figuran también todos los detalles relativos al ancho de la veta y a las leyes correspondientes. Los promedios que han sido calculados para cada uno de los tres niveles en la forma indicada en las mismas láminas, se resumen en el cuadro N° 7, y hacemos observar que estos resultados, a pesar de referirse únicamente al poco mineral que queda restante en ciertas partes aisladas donde no alcanzó la explotación anterior, se ajustan bastante bien a las leyes citadas en el cuadro N° 1 y correspondientes al mineral crudo que fué explotado en los tiempos pasados de estos mismos pisos.

Cuadro N° 7. — Promedios de los resultados analíticos obtenidos sobre muestras del mineral restante en la primera, segunda y tercera galerías de La Concordia. Véanse los detalles en las láminas N°s. 6 y 7.

	Galería	Ancho em.	PLATA Gramos por tonelada	PLOMO %	COBRE %	ZINC %
Mineral restante	1. ^a	41	1.184	6,37	1,29	0,93
» »	2. ^a	48	1.255	4,35	2,06	1,16
» »	3. ^a	33	2.370	9,55	3,15	2,66

Comparando los niveles superiores (cuadro N° 7) con los inferiores (cuadro N° 5), se observa que la ley de plomo igual como la de zinc ha tomado incremento hacia la profundidad, mientras que las leyes de cobre

Cuadro N° 8. — Análisis sobre una roca cuarzosa que en unas partes aparece y forma la transición entre la veta y los conglomerados

Número de la muestra	Galería	Ancho de la roca cm.	PLATA Gramos por tonelada	PLOMO %	COBRE %	ZINC %
14/ A. C. O. 2.698	2. ^a	62	480	0,42	0,20	no
16/ » 2.720	2. ^a	40	980	5,96	1,31	2,41
19/ » 2.721	2. ^a	50	60	0,34	vestigios	0,32
22/ » 2.703	1. ^a	35	40	0,79	no	1,38
23/ » 2.708	1. ^a	60	140	0,86	0,16	0,34

y plata llegaron a un máximo en la 3ª galería, demostrando además estas últimas leyes, subidas y bajadas más o menos en la misma proporción, y de ahí podría deducirse que un mineral de cobre es el principal portador de la plata.

La roca adyacente a la veta Concordia se compone de conglomerados grisáceos hasta colorados. En algunos puntos apareció una roca muy cuarzosa de poca mineralización entre la misma veta y los conglomerados, y el cuadro N° 8 da algunos datos relativos al ancho de esta roca y sus leyes correspondientes.

En las minas "La Paz" y "El Recuerdo" aparecen también partes bien mineralizadas de las vetas, columnas ricas, y el suscripto tomó las muestras comunes que figuran con sus análisis correspondientes en

Cuadro N° 9. — Muestras comunes de las minas La Paz y El Recuerdo. Los términos medios han sido calculados en la siguiente forma:

EL ANCHO DE LA VETA: La suma de las distintas medidas relativas al ancho, ha sido dividida por el número de las medidas.

LAS LEYES: Cada medida sobre el ancho de la veta se ha multiplicado con las leyes que corresponden a los diversos metales, y luego fueron sumados los productos. Estas diversas sumas han sido divididas por la suma de las medidas sobre el ancho.

MINA	Número de la muestra	Ancho de la veta	PLATA Gramos por tonelada	PLOMO %	COBRE %	ZINC %
La Paz	30/ A. C. O. 2.710	32	160	11,31	0,14	1,62
	31/ » 2.711	62	258	18,61	0,26	1,54
	32/ » 2.722	19	220	7,34	no	6,02
	33/ » 2.712	32	40	1,43	no	1,44
	34/ » 2.713	16	720	36,64	0,25	4,91
	Término medio...	32	237	14,21	0,15	2,40
El Recuerdo	47/ A. C. O. 2.717	68	140	2,31	0,38	12,05
	48/ » 2.724	62	138	1,72	1,12	5,66
	49/ » 2.704	38	100	1,11	0,27	5,54
	Término medio...	56	130	1,82	0,63	9,35

el cuadro N° 9. Observamos que las leyes de plata son todas muy inferiores a las que hemos encontrado en "La Concordia", llegando los promedios para esta última mina hasta más de 2.000 gramos por tonelada de mineral crudo, mientras que para aquellas minas no suben sino a unos cientos de gramos. También son inferiores las leyes de cobre y el mineral de "El Recuerdo", se destaca, además, por su baja ley de plomo con alguna elevación en la ley de zinc. Ciertamente es, que todavía son pocos los laboreos en estas minas y que nuevos trabajos más profundos pueden muy bien mostrar mejoras en las leyes.

En la mina "Esperanza", como ya queda dicho, no fué posible entrar a estudiar las partes mineralizadas de la veta por derrumbamientos, etc.; en cambio, se ofreció la oportunidad de tomar muestras de un depósito de mineral recién extraído, preparado y embolsado, vale decir, listo para ser mandado a la fundición. Los análisis correspondientes figuran en el cuadro N° 10 e indican que se trata de una veta de la misma naturaleza, que ya conocemos, de las otras minas.

Cuadro N° 10. — Muestras de mineral preparado procedente de la mina Esperanza

Material	Número de la muestra	PLATA Gramos por tonelada	PLOMO %	COBRE %	ZINC %
Mineral en pedazos....	39/A.C.O. 2.716	2.160	54,26	1,62	no
Llampo concentrado en maritatas.....	38/ » 2.715	1.660	57,88	0,92	0,34

En "La Nueva Vicuña" eran accesibles solamente pocos metros de un chiflón y el único mineral encontrado fué un nido de galena en parte oxidada, del cual una parte fué sometida a análisis (46/A.C. 0,2763) y dió 64,76 % de plomo, con 4.780 gramos de plata por tonelada de mineral.

En la mina "Vicuña" no aparecieron sino vetas insignificantes y lo propio puede decirse en lo relativo a todos los otros trabajos pequeños que eran accesibles y fueron visitados (véase el cuadro N° 4) en los alrededores de la mina "Concordia" y en la quebrada de Polvorilla. Se tomó una muestra en un trabajo que queda en la misma línea de la veta Concordia, al N. 50° W. del pique Candelaria y a distancia de unos cientos de metros, y el análisis (35 - A.C.O.2714) dió: plomo 6,28 %, nada de cobre, zinc 0,96 % y plata 60 gramos por tonelada (ancho de la veta 50 centímetros en el punto correspondiente).

EL MINERAL EXTRAÍDO

El valor de estas leyes lo determinan la plata, el plomo, el cobre y el zinc, estando las leyes de estos metales sujetas a las variaciones que ya conocemos de los cuadros N°s. 5, 6, 7 y 9. Sobre varios otros componentes, el cuadro N° 11 da algunos datos y observamos que el contenido de oro es nulo en cuanto a "La Concordia" y "La Paz", y de poca importancia en "El Recuerdo".

Cuadro N° 11. — Datos analíticos sobre mineral de las minas Concordia, La Paz y El Recuerdo

	La Concordia	La Paz	El Recuerdo
Número de la muestra y del análisis	52/A. C. O. 2725	31/A. C. O. 2711	48/A. C. O. 2724
Oro, gramos por tonelada	no contiene	no contiene	6
Arsénico %	0,01	0,69	0,02
Antimonio %	0,51	0,18	0,06
Hierro %	5,12	10,49	18,05
Azufre %	5,33	14,22	6,63
Cal, CaO %	0,18	0,15	0,22
Sílice, SiO ₂ %	48,08	27,56	17,86
Insoluble en ácidos %	63,45	46,27	23,29
Cantidad de sales solubles en agua %	1,01	5,52	3,35

De los minerales principales, la galena ocupa el primer lugar, luego vienen la tetraedrita y la blenda. La calcopirita yace escasamente y la pirita de hierro se encuentra sólo en proporciones muy reducidas. En cuanto a la plata surge de los análisis expuestos, como ya queda dicho, que el contenido de este metal se halla en relación estrecha con la ley de cobre, y transcribimos a continuación lo que manifiesta el citado informe de Caplain al respecto:

“El mineral de plata es la tetraedrita o cobre gris antimonial con una ley elevada en plata, cuyo análisis, según informe de la dirección de la mina “Concordia”, es el siguiente: Ag 2,36 %, Cu 27,38 %, Pb 2,32 %, Fe 4,05 %, Zn 3,9 %”.

“La galena es argentífera, la de Concordia tiene 0,23 % de plata y 76,84 % de plomo”.

“La blenda se encuentra con la galena, en poca cantidad, no tiene valor, su composición es: Ag 0,012 %, Cu 0,53 %, Fe 0,83 %, Zn 61,93 %”.

Contienen naturalmente una buena proporción de minerales secundarios las menas que vienen de las partes oxidadas de las vetas. En cuanto a la ganga, ésta es muy cuarzosa y lleva algo de carbonatos. Entra además en la mena siempre mayor o menor cantidad de las rocas adyacentes.

Al concentrar estos minerales de composición tan compleja por los métodos hidrogravitacionales se hace muy difícil llegar a productos que responden a las exigencias económicas. A continuación van los principales minerales que intervienen en el procedimiento, colocados en orden según su densidad:

	Densidad
Galena	7,2 — 7,6
Pirita de hierro	4,9 — 5,2
Tetraedrita	4,5 — 5,0
Calcopirita	4,1 — 4,3
Blenda	3,9 — 4,2
La ganga (cuarzo, etc.)	2,6 — 3,1

y se entienda que los corrientes aparatos destinados a separación por gravedad bien pueden, siempre que sean cargados de un material suficientemente molido, apartar como desperdicios mayor o menor proporción de la ganga, pero ésta, si se desea llegar a un producto de alta ley va acompañada por una gran parte de los minerales más livianos. Aun ménos eficaz resultaría la concentración por gravedad, si se tratase de separar los diversos sulfuros, uno del otro.

A título ilustrativo hago referencia a los resultados obtenidos en el mismo establecimiento de Pompeya durante su época de trabajo hace más o menos 20 años con mineral extraído de la "Concordia". Como se nota en el cuadro N° 1, esta planta que hizo la concentración con "jigs" y mesas Wilfley, no elevó las leyes de cobre y plata en igual proporción como lo hizo con la ley de plomo, significando ello pérdidas mayores de aquellos metales que de este último metal, y si se tiene en cuenta que el precio de plata es 120 veces mayor que el de plomo, considerando además la alta ley de plata que llevaba la mena entrante, es fácil imaginarse lo que importaban económicamente esas pérdidas.

CONCENTRACION DEL MINERAL POR FLOTACION

A. *Sobre la flotación en general.* — El sistema de enriquecer menas por flotación, se funda en el hecho de que partículas de distintos minerales, producidas, por ejemplo, pulverizando una mena a tal grado hasta dejar en libertad a las diversas especies, demuestran diferencias en lo relativo a su flotabilidad al ser suspendidas al agua bajo ciertas condiciones.

Comprenden estas condiciones que la mezcla de agua y mena llamada la pulpa, sea mantenida en agitación mediante algún dispositivo mecánico o neumático, y que, al mismo tiempo, se le añada un aceite de espumación o algún otro medio que produzca burbujas dentro de la pulpa, agregándose además uno o varios reactivos especiales. Tiene importancia la proporción en que la mena toma parte de la pulpa, siendo la corriente un 25 a 30 % sobre el peso. El medio espumante como los otros reactivos necesarios, se agregan sólo en pequeñas proporciones determinadas, según las exigencias en cada caso.

Se entiende con flotabilidad, la característica que tienen las partículas minerales al ser sometidas al procedimiento indicado arriba, de adherirse a las burbujas, subir con ellas a la superficie de la pulpa e incluirse allí en la espuma, de donde pueden ser conducidas a otro aparato y otras operaciones, sea una segunda flotación o un tratamiento final de limpieza, etc.

Ahora bien, por el distinto grado de flotabilidad que caracteriza a los diversos minerales que integran una mena, se logra así extraer y separar uno de los minerales o varios, dejando a otros permanecer en la pulpa. En una mena con un solo sulfuro útil, por ejemplo, se hace flotar a este mismo mineral, separándolo, por consiguiente, de la ganga, la cual queda en la pulpa por ser menos flotable o no flotable.

Tratándose de minerales complejos, a saber: los que contienen varios sulfuros útiles, hay dos alternativas a seguir, la flotación colectiva y la selectiva. No existe diferencia fundamental entre las dos alternativas; el primer procedimiento hace flotar colectivamente a dos

o más de los sulfuros útiles, separándolos por lo tanto, juntos de la ganga y de la pulpa para luego someterlos a otras operaciones que los dividan uno del otro. En cambio, según la otra alternativa se extrae los diversos sulfuros uno por uno de la pulpa, aprovechando desde un principio las diferencias que les caracterizan en lo relativo a su flotabilidad, diferencias éstas que bien pueden ser aún más acentuadas y marcadas haciendo intervenir los reactivos especiales que indicamos abajo. Propiamente debe llamarse flotación "diferencial" al sistema a que hacemos referencia, pero más comúnmente es llamado flotación "selectiva".

En cuanto a los reactivos de flotación, mencionamos primero los espumantes. Buenos medios de espumación son los aceites obtenidos destilando madera o hulla, varias clases de alquitrán, etc. El aceite de la madera de pino "pine-oil", es muy usado. Luego son espumantes, el aceite de eucaliptos, la creosota, el ácido cresílico y otros.

Los reactivos especiales, añadidos a la pulpa, además del agente de espumación, con el objeto de producir un efecto de diferencia más marcado entre el mineral a extraer y el que no debe flotar, pueden ser de dos categorías:

1) Reactivos establecedores o colectores que tienen por objeto dar mayor tenacidad a la espuma, quiere decir establecerla, aumentando así su capacidad de reunir y levantar las partículas flotables de la pulpa, hasta dando preferencia a ciertos minerales.

Los aceites animales y vegetales en común, establecen la espuma igual como ciertos derivados de petróleo, pero mejor resultado dan los modernos reactivos especiales por su capacidad de hacer flotar preferentemente a uno o ciertos sulfuros. Tal propiedad muestran varias mezclas orgánicas conteniendo azufre y conocidas en el mercado bajo los nombres: thio-carbanilido; orto-toluidina; los agentes Y, X, Z; las mixturas XY, TA, TT; xanthato; ácido-fosfo-cresílico (aerofloat), etc.

2) Reactivos de acondicionamiento o modificadores que hacen papeles muy importantes en la flotación selectiva, aunque en muchos casos se ignora todavía cómo influyen realmente estos agentes. En la práctica hacen sentir sus efectos de tal manera que uno o varios de los sulfuros presentes se ponen "muertos" y quedan detenidos en la pulpa mientras que en un otro sulfuro no resulta afectado y por consiguiente se deja flotar y separar de los otros. Un nuevo reactivo agregado luego puede bien producir efecto en sentido contrario, haciendo "revivir" y reactivar a un mineral que estaba provisionalmente "muerto" o detenido, de lo cual resulta factible flatarlo en un siguiente turno.

Reactivos modificadores son varios ácidos, álcalis y sales inorgánicas como el ácido sulfúrico, el hidrato de sodio, la cal, el sulfato de cobre, el sulfato de zinc, el cianuro de sodio, el carbonato de sodio, el silicato de sodio, el sulfuro de sodio, etc.

A uno de los agentes modificadores se les atribuye influencia química sobre la composición de la pulpa, puesto que en varios casos tiene importancia el carácter alcalino o ácido de ella; otros reactivos ejercen su influencia sobre las mismas partículas minerales. A título de un ejemplo consignamos que el cianuro de sodio, solo o mejor en conjunción con el sulfato de zinc, retarda la flotabilidad de la blenda mientras que el sulfato de cobre produce un efecto muy marcado en la revivificación del mismo mineral. Se atribuye la influencia de estos reactivos a su propiedad de depositar sobre las partículas de blenda, en el primer caso

una película que reduce la flotabilidad y en segundo caso una película que la aumenta, y siendo el aumento producido por una película de cobre sulfurado, es fácil dar la explicación pertinente, dado que los sulfuros de cobre son más flotables que la blenda.

Cada día se están probando nuevos reactivos de flotación, por lo cual va siempre creciendo la lista de los que han resultado útiles. Cuáles reactivos son los más apropiados en cada caso, lo determinan varios factores relacionados con la composición del mineral y del agua que ha de emplearse. En cuanto a los minerales sulfurados se llega, sin embargo, en la mayoría de los casos, a soluciones acertadas al someter el mineral a estudios especiales, ensayos prácticos, etc. En cambio, ofrecen mayores dificultades los minerales secundarios que vienen de las zonas oxidadas de los yacimientos, por no ser directamente recuperables en la flotación común, pero se abrigan esperanzas de poder resolver también estos problemas con el empleo de algún reactivo especial, como el sulfuro de sodio, capaz de producir una sulfuración artificial, es decir, depositar una película de sulfuro sobre las partículas del mineral oxidado, originando o aumentando así su flotabilidad.

Actualmente se estudian enérgicamente los procedimientos de flotación, y muy en especial en los Estados Unidos de Norte América. Se ha comprobado que el grado de concentración de los iones de hidrógeno en la pulpa o sea la intensidad con que ésta se muestra ácida o alcalina, es uno de los factores determinantes para tener buen éxito y que la introducción de un control permanente relativo al efecto de los reactivos modificadores con la debida corrección en caso de necesidad, resulta a menudo ser medida eficaz, igual como toda atención para mantener constantes las otras condiciones del procedimiento.

Se entiende que el agua que ha de emplearse para operaciones tan delicadas, requiere atención muy particular en lo relativo a las sales que se hallen en solución o puedan ser disueltas de la mena.

B. El mineral de La Concordia y de las minas próximas bajo el punto de vista de la flotación. — Como ya hemos manifestado, resulta menos ventajosa la flotación de los minerales oxidados, pero en este sentido no darán mayores preocupaciones las minas que nos ocupan en este estudio, dado que el mineral de "La Concordia" viene más o menos libre de productos oxidados y las otras menas los llevan sólo en proporciones reducidas.

Ya hemos nombrado en la página los minerales principales de nuestras menas, puestos en orden según su densidad; colocándolos según su flotabilidad, resultaría como sigue:

Galena	(92,0)
Calcopirita	(66,0)
Blenda	(87,0 — 62,0)
Pirita de hierro	(32,0)
Cuarzo	(10,7)

Llevar también tetraedrita las menas, y probablemente se acerca este mineral a la calcocita en su grado de flotabilidad, debiendo figurar entre la galena y la calcopirita. Las cifras expuestas entre paréntesis son las que determinaron Mitchell y otros (Theodor F. Mitchell: Some flotative properties of common gangue minerals. Bull. 17 Utah Engineering Expedition Station. Este trabajo es citado por H. Carlborg:

Om differentialflotation. Teknisk Tidskrift, 14 juli 1928) al someter una cantidad de minerales a ensayos de laboratorio, y si bien son datos que otros ensayos modificarán algo, se les puede atribuir un buen valor relativo y comparativo en cuanto al grado de flotabilidad que caracteriza a estos minerales.

La pirita de hierro — generalmente el sulfuro de menor flotabilidad en las menas — se presenta en nuestro caso sólo en cantidades reducidas que no pueden ser extraídas económicamente. Posible es que lo propio vale con respecto a la blenda, pero puede llegar a tener importancia la cantidad de plata que saldría con la blenda de la flotación, y tal asunto debe averiguarse por investigación especial o mejor por ensayos prácticos.

Los productos valiosos serían un concentrado de galena y otro de los sulfuros de cobre, ambos con alta ley de plata. Posible es que el mejor procedimiento será el de extraer los dos concentrados juntos (flotación colectiva) y luego separarlos sobre mesas. En todo caso, para llegar a la solución más acertada es indispensable recurrir a un laboratorio moderno con equipos apropiados o empezar con una planta pequeña, instalada a título de ensayo experimental.

En cuanto al consumo del agua en la flotación, se requiere hasta 4 y 5 metros cúbicos por tonelada de mineral, pero acumulando el agua que sale de la planta y usándola de nuevo, alcanzará 1 a 2 metros cúbicos de agua nueva por tonelada de mineral crudo que entra en la planta. Cuenta con suficiente cantidad de agua para una planta de flotación el distrito minero que estudiamos, sea tamándola de la misma mina "Concordia" o del río Chorrillos, pero las dos aguas, como lo

Cuadro N° 12. — Análisis del agua de la mina Concordia y de la del río Chorrillos

	Agua de la mina Concordia — Análisis: A. G. O. 2706/2	Agua del río Chorrillos — Análisis: A. G. O. 2705/1
Color	Incolora	Incolora
Olor	Inodora	Inodora
Tacto	Normal	Normal
Reacción al tornasol, en frío	Neutra	Alcalina
» » » » caliente	Déb. alcalina	Alcalina
» a la fenolftaleína, en frío	Neutra	Alcalina
» » » » caliente	Neutra	Alcalina
Materia orgánica de la materia en suspensión	0,0132 ‰	0,0150 ‰
Residuo a 110°C (residuo seco)	1,2410 »	0,7400 »
Alcalinidad en SO ₄ H ₂	0,0147 »	0,1568 »
» » » después de ebullición	0,0098 »	0,1372 »
Cloruros en NaCl	0,0717 »	0,3107 »
Sulfatos en SO ₄	0,6172 »	0,0898 »
Sílice en SiO ₂	0,0030 »	Vestigios
Hierro y aluminio en Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃	0,0960 »	»
Calcio en CaO	0,2075 »	0,0673 ‰
Magnesio en MgO	0,0970 »	0,0282 »
Anhidrido carbónico en CO ₂ total	0,0132 »	0,1408 »

demuestra el cuadro N° 12, están cargadas de sales, circunstancia que debe tenerse bien en cuenta. Debe observarse también, que las mismas menas contienen sales solubles en agua, y el cuadro N° 11 da algunos datos al respecto.

RECURSOS MINERALES

Refiriéndose al piso comprendido entre la cuarta y quinta galerías en la mina "Concordia", la American Refining and Smelting Co., señala una longitud total de las columnas ricas (shoots) de más o menos 150 metros y calcula el ancho en término medio 50 centímetros, como se ve en el cuadro N° 5. La distancia vertical entre las dos galerías es 21 metros; y de ahí calculamos una cantidad aproximada de mineral comprendido en este piso de 6.000 toneladas. Abajo de la quinta galería no se han realizado trabajos exploratorios, y arriba de la cuarta quedan para explotar sólo muy reducidas cantidades de mineral en unos puntos donde no alcanzó la explotación anterior. Con todo acierto podemos afirmar que el **mineral a la vista** no debe estimarse en cantidad mayor de 8.000 toneladas.

Hablando del **mineral probable**, podemos admitir en los cálculos que la veta sigue unos 50 metros hacia la profundidad en iguales condiciones y, por lo tanto, sumamos más de 20.000 toneladas. Posible es, naturalmente, que la veta tenga aún mayores extensiones, pero toda cantidad que se calcule a base de tales suposiciones debe señalarse como **mineral posible**.

En todo caso, por lo visto hasta ahora, podemos calcular sólo 300 toneladas de mineral, aproximadamente, por cada metro hacia la profundidad. De ahí que la capacidad de una continuada explotación quedaría sujeta a la marcha que será factible en lo relativo a la preparación de pisos nuevos, cada vez en mayores profundidades. Deben reducirse en lo posible estos trabajos preparatorios y con tal fin es dable pensar en pisos de 30 metros de altura o más, en lugar de 20. Pues, comprende la preparación de cada piso, nada menos que 500 metros de socavones, pozos, etc. y, necesariamente, el tiempo de un año y medio. Deducimos, por lo tanto, que la extracción de mineral de esta mina quedará forzosamente limitada y no pasará 9.000 toneladas en un año y medio, vale decir, 6.000 toneladas anuales o sea un término medio de 20 toneladas por día.

Bien es cierto que una planta de flotación debe empezar en escala muy reducida por razones técnicas, pero también es seguro que los factores económicos requerirían pronto ampliaciones y con toda probabilidad a una escala mayor de la arriba señalada para la mina "Concordia". En consecuencia, todo proyecto relativo a una planta de flotación debe hacerse con miras de servir también a otras minas en el distrito y hasta estimular a la búsqueda de nuevos yacimientos. De las minas ya conocidas, "La Concordia" es la única con trabajos suficientemente adelantados como para calcular en cifras los recursos minerales.

FACTORES ECONOMICOS

En cuanto a los costos de una planta de flotación, lo más barato sería cambiar las maquinarias instaladas en el establecimiento de Pompeya (fig. 8 y 9) por nuevas, apropiadas a la flotación, dado que el mismo edificio es utilizable. Pero un examen amplio relativo a los recursos de fuerza motriz en el distrito, a la calidad del agua allí disponible y a la cuestión más importante, sea la de la provisión permanente de minerales, arroja como lo más indicado que una empresa aparte, independiente de las minas pero con preferencia asociada a una empresa fundidora, debe hacerse cargo de la flotación, buscando un sitio central y apropiado para la planta, por ejemplo, en las proximidades de una estación ferroviaria cerca de la ciudad de Salta.

En tal caso, el costo aproximado de instalaciones puede estimarse en \$ 250.000 $\frac{m}{n}$ para una planta con capacidad diaria de 50 toneladas de mineral crudo, inclusive la planta de fuerza necesaria. El costo de flotación, es decir, el costo de tratamiento, no asciende sino a \$ 5 $\frac{m}{n}$ por tonelada de mineral crudo, pero una planta de esta índole debe ser amortizada en pocos años (5) y capaz de distribuir buenas ganancias (mínimo 10 %); en consecuencia, no estaría demás calcular el costo total de flotación en \$ 10 $\frac{m}{n}$ por tonelada de mineral.

Suponemos que una planta como la que hemos indicado, adquiere sus minerales crudos de varias minas en las proximidades y abona el mineral entregado como lo hacen las empresas fundidoras, en base a las leyes y a las cotizaciones corrientes de metales, descontando lo justo para las pérdidas de metal y para los costos de flotación y fundición. Según Homer L. Johnson (Homer L. Johnson: Analyzing Complex - Ore Settlements Graphically, Engineering and Mining Journal Press, August 18, 1928), las normas que transcribimos abajo están en uso en plantas de flotación situadas en el oeste de Norte América para la valuación y la adquisición de los minerales complejos de plata, plomo y zinc que les son ofrecidos.

PAGAS

Oro: Se abona el 65 % del contenido cuando hay más que 0,01 onzas por tonelada, a 19 dólares norteamericanos por onza.

Plata: Se abona el 65 % del contenido según la cotización de Nueva York. Si el tenor no pasa una onza por tonelada, no se abona el contenido de plata.

Plomo: Se abona el 65 % del contenido (determinación húmeda menos 1,5 %) cuando hay más de 3 %, según la cotización de Nueva York, menos 2 centavos norteamericanos por libra.

Cobre: Se agrega al contenido de plomo y se paga como plomo.

Zinc: Se abona el 65 % del contenido cuando hay más de 6 % a 40 % de la cotización de Prime Western zinc en East. St. Louis.

DESCUENTOS

El costo total de flotación. — Suponiendo que una empresa flotadora — trabajando en la provincia de Salta y con gastos, según lo indicado arriba, de \$ 10 $\frac{m}{n}$ por tonelada de mineral — pagara de acuerdo a estas normas para menas puestas al lado de la planta, podremos entonces hacer el cálculo que va resumido en el cuadro N° 13, tomando como base los promedios de leyes que figuran en los cuadros N°s. 5 y 8, admitiendo para el mineral de "El Recuerdo" los 6 gramos de oro por tonelada que figura en el cuadro N° 10 y tomando las siguientes cotizaciones de metales:

Plata: 58,6 centavos norteamericanos por onza "troy" (término medio de los precios durante los 10 años, de 1908 a 1913 y de 1924 a 1927); **plomo** 7,05 y **zinc** 6,54 centavos de la misma moneda y por libra de "avoirdupois" (términos medios correspondientes a los 9 años, desde 1919 a 1927). Un dólar norteamericano lo igualamos a \$ 2,36 $\frac{m}{n}$; Una onza "troy" equivale a 0,0311 kilogramos y una libra de "avoirdupois" a 0,4536 kilogramos. La ley de plomo se ha determinado por método húmedo.

Como se desprende del cuadro N° 13, la planta de flotación podría dar valores de 44,02; 18,81 y 7,65 pesos $\frac{m}{n}$ a las menas de "La Concordia", "La Paz" y "El Recuerdo", respectivamente, puestas al lado de la planta o sobre vagón en la estación próxima, vale decir, que estos mismos

Cuadro N° 13. — Cálculo sobre el valor del mineral proveniente de las minas La Concordia, La Paz y El Recuerdo

		La Concordia	La Paz	El Recuerdo
Ley por término medio	Oro, gramos por tonelada..	no	no	6
	Plata, » » » ..	1,280	237	130
	Plomo %	9,9	14,21	1,82
	Cobre..... »	1,62	0,15	0,63
	Zinc »	4,65	2,40	9,35
Pagas por cada tonelada de mineral	Oro \$ m/n	—	—	5,62
	Plata » »	36,91	6,85	3,76
	Plomo y cobre..... » »	17,11	21,96	—
	Zinc » »	—	—	8,27
	Total » »	54,02	28,81	17,65
El descuento, o sea el costo total de flotación por tonelada de mineral crudo..... \$ m/n		10,—	10,—	10,—
Precios correspondientes a las menas entregadas, por cada tonelada de mi- neral \$ m/n		44,02	18,81	7,65

precios han de cubrir los costos mineros y todos los fletes para el transporte del mineral.

El flete desde las minas hasta la planta de flotación depende de la ubicación que se daría a esta última y lo calculamos, como ya queda dicho, en 5 a 10 \$ $\frac{m}{n}$ o término medio \$ 7,50 $\frac{m}{n}$ por tonelada. Se reducen, por lo tanto, los precios calculados en 44,02, 18,81 y 7,65 \$ $\frac{m}{n}$ a 36,52, 11,31 y 0,15 \$ $\frac{m}{n}$, respectivamente, y con esto hemos llegado a las cifras que deberían contemplar los mineros al emprender la explotación.

Existe, sin embargo, otro factor más, no considerado todavía en los fletes de los productos elaborados. Si pudiera mandarse el mineral concentrado a una fundición del país que produjera metales para el mercado interior, estos fletes importarían poco y probablemente no entrarían en los cálculos. En cambio, si se viera obligado a exportar el mineral concentrado, los fletes tendrían importancia. Suponiendo que 5 toneladas de mineral crudo dan un conjunto término medio una tonelada de concentrado — lo que permite suponer los análisis — y calculando todos los fletes con impuestos y costos portuarios para exportación a Inglaterra en \$ 60 $\frac{m}{n}$ por tonelada, tendríamos, por consiguiente, un fuerte recargo de \$ 12 $\frac{m}{n}$ sobre cada tonelada de mineral crudo, y los precios que deben contemplar los mineros se van reduciendo, hasta la nulidad, en cuanto a "La Paz" y "El Recuerdo", quedando de las minas conocidas y consideradas arriba, sólo "La Concordia" con suficiente margen para hacer frente a todos los gastos y ello, gracias a su alto contenido de plata.

CONCLUSIONES

1) La mina "Concordia" da un mineral rico en plata y plomo, con leyes inferiores de cobre y zinc; no son muy abundantes los recursos minerales.

Las otras minas conocidas en las proximidades demuestran leyes de plata más reducidas y se ignoran las cantidades de mineral que puedan suministrar.

2) Por medio de flotación pueden enriquecerse estas menas a productos comercialmente útiles, pero siendo casi toda mena de naturaleza variada bajo el punto de vista de la flotación, se impone la necesidad de recurrir a un laboratorio con equipos apropiados o a una planta pequeña, instalada a título de ensayo experimental, para obtener resultados concluyentes sobre la técnica y la economía en el tratamiento de estos minerales.

3) De las minas conocidas, "La Concordia" ofrece los mejores fundamentos para una explotación por la calidad de su mineral ("La Esperanza" no está incluida en este juicio). Posible es, una vez que pasen los trenes por las minas, que la existencia de una planta de flotación, bien ubicada y organizada en debida forma, podría estimular nuevos trabajos exploratorios y de reconocimiento y así poco a poco dar paso a una explotación minera en el distrito.

4) Sería conveniente y hasta necesario, una planta de flotación, administrada independientemente de las minas pero en colaboración con una planta de fundición existente en el país.

5) Al activar la construcción del ferrocarril de Salta a Chile, el Estado, por su parte, contribuye muy eficazmente a las tentativas de desarrollar la minería en el distrito que nos ocupa y que es uno de los que merecen atención en el país. Otro apoyo, digno de ser fomentado por el Estado, sería el de emprender, cuanto antes, investigaciones geoelectricas, con el fin de averiguar e indicar la existencia de nuevos yacimientos importantes en el distrito.

LAS MINAS DE COBRE CERCA DEL PUEBLO DE COBRES

(Provincia de Salta)

En el mes de octubre del año 1928, el subscripto fué destacado para realizar investigaciones de la mina "Concordia" en el territorio nacional de Los Andes. Estando en esta comisión, y de acuerdo con instrucciones de la Dirección General, tuve ocasión, también, de estudiar unas minas de cobre situadas en las proximidades del pueblito de Cobres, en la provincia de Salta — a unos 55 kilómetros de distancia directa hacia el norte de San Antonio de Los Cobres, de la capital del territorio de Los Andes —, en una corta visita que hice al mencionado pueblo de Cobres el día 3 de noviembre del año mencionado, donde encontré en los cerros inmediatos a dicho pueblo algunos antiguos trabajos mineros.

Desde San Antonio de Los Cobres hasta el mismo pueblo de Cobres se hizo el viaje en un camión sobre caminos buenos, y empleamos poco más de dos horas para llegar al destino. Los trabajos de referencia se hallan en dos lugares, uno al NW. y el otro al NE., aproximadamente, del pueblo, y los dos a sólo unos centenares de metros de distancia del centro del pueblo, es decir, de la iglesia, que aparece en la fotografía adjunta.

En el primer lugar que se acaba de indicar hay dos chiflones, de los cuales uno ha quedado inaccesible por estar tapado de roca sentada y el otro que está cerca no demuestra veta alguna en sus partes accesibles.

Los trabajos al NE. del pueblo son también dos. Primero se llega a un socavón de 27 metros de longitud que va en dirección norte 25° E. mg. En el frente de este socavón aparece, aunque con poca claridad, una veta vertical de un decímetro de ancho, y una muestra común de la veta extraída en este punto, mostró sólo 0,15 % de cobre (muestra N° A. C. O. 2718); a los 9 metros de frente se sacó otra muestra (A. C. O. 2726), la cual no dió cobre. Algunas decenas de metros más arriba, en el declive del cerro, se halla el segundo trabajo que se extiende hasta 50 metros adentro del cerro y demuestra una veta horizontal de limonita con malaquita. Los mineros han extraído aquí una apreciable cantidad de roca, no sólo siguiendo la veta derecho hacia adentro del cerro, sino también haciendo excavaciones unos diez metros a los dos lados, dejando pilares para soportar el techo. En el punto donde saqué las muestras comunes que se consignan abajo, se destacaron en la veta tres capas de aspectos distintos y con medidas y leyes como sigue:

Número de la muestra	CAPAS	ESPESOR	Ley de cobre
56a/A. C. O. 2.728	Capa superior	20 cm.	0,22 %
56b/A. C. O. 2.729	» intermedia	15 »	0,46 »
56c/A. C. O. 2.730	» principal	100 »	4,56 »

En cuanto a la importancia comercial de estas minas, la única que merece atención es la mencionada en último término con ley 4 y $\frac{1}{2}$ % de cobre en la capa principal sobre 1 metro de espesor. Su mineral es, como ya queda dicho, malaquita, pero hallándose ésta más o menos uniformemente repartida en numerosas grietas finas, se hace imposible llegar a un enriquecimiento que tenga importancia por medio de combos y martillos. El subscripto ignora la calidad que alcanzó el mineral anteriormente extraído y apartado, igual como su uso y destino. Pero, por la ubicación retirada que tiene la mina, es obvio que su mineral escogido a mano no haya podido soportar los fletes de transporte y que ello sea una de las razones por las cuales en los tiempos pasados se obstaculizara el desarrollo de la explotación.

La malaquita es, sin embargo, un mineral que, después de previa molienda hasta un grado fino, deja separarse de la ganga y enriquecerse hasta un producto comercialmente útil por medio de modernos métodos de flotación, y una vez en marcha los trenes por el ferrocarril actualmente en construcción de Salta a Chile con estación en San Antonio de Los Cobres, cambiarán favorablemente las perspectivas de esta mina.

No da motivo, empero, el mineral que está a la vista en los laboreos actuales, de pensar en una planta de flotación destinada a sólo esta mina, pero en el caso de que el mencionado ferrocarril diera impulso a nuevas exploraciones mineras en el distrito de San Antonio de Los Cobres y sus proximidades y a ensayos prácticos a base de la flotación, como lo ha trazado el subscripto en su informe sobre "La Concordia" y minas próximas (territorio nacional de Los Andes), es dable pensar en pruebas de utilizar también el mineral oxidado de la mina que nos ocupa en particular, igual como pensar en nuevos trabajos exploratorios, en investigaciones geoelectricas, etc., con el fin de calcular los recursos minerales y averiguar la existencia de otros yacimientos más profundos, tal vez con un mineral primario y, en consecuencia, más apto para el tratamiento de flotación.

Vista del pueblo de Cobres

SUPLEMENTOS

- Fig. 1. — Vista general de la quebrada en que está situada la mina Concordia y parte de sus instalaciones. Se observa en las laderas el terraplén para el ferrocarril en construcción de Salta a Chile. En el fondo aparece el Cerro Nevado de Acay.
- Fig. 2. — Conjunto de casas e instalaciones de la mina Concordia. Se observa el trazado del ferrocarril en construcción.
- Fig. 3. — Casas e instalaciones de la mina Concordia. En primer término y a la derecha, se observa el terraplén para el ferrocarril en construcción.
- Fig. 4. — Casas e instalaciones de la mina Concordia.
- Fig. 5. — Casas e instalaciones de la mina Concordia. Se observa en el centro el caballete de hierro sobre el pique "Candelaria" y a la izquierda la planta para la clasificación del mineral.
- Fig. 6. — Instalaciones de la mina Concordia. El caballete de hierro sobre el pique Candelaria en el centro y la planta de clasificación a la derecha. En primer término se observa el terraplén para la futura estación ferroviaria de Concordia.
- Fig. 7. — El caballete de hierro sobre el pique Candelaria y la casa que contiene las instalaciones de cabrias igual como el transformador eléctrico.
- Fig. 8. — El establecimiento de Pompeya para la concentración del mineral de la mina Concordia.
- Fig. 9. — El establecimiento de Pompeya.
- Fig. 10. — La estación hidroeléctrica llamada La Turbina, que produce la corriente eléctrica destinada a la mina Concordia y al establecimiento de Pompeya. En la ladera del cerro, a la izquierda, se observa el camino nacional de Salta a Chile.
- Fig. 11. — Toma de agua para el establecimiento hidroeléctrico llamado La Turbina.
- Fig. 12. — Represa en el río Iacachule, reteniendo las aguas que pasan por la toma a La Turbina.
- Fig. 13. — Casas del pueblito Chorrillos, cerca de la usina hidroeléctrica La Turbina.
- Fig. 14. — El "decauville" que sale de la mina Esperanza.
- Fig. 15. — Las casas de la mina Esperanza. Se observa a la izquierda las maritatas usadas para concentrar el mineral.