



Better Gold Initiative

Oro Responsable



LA COOPERATIVA AURÍFERA SAN LUCAS Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MERCURIO EN BOLIVIA



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

S B G A
SWISS
BETTERGOLD
ASSOCIATION



Ministerio de Minería
y Metalurgia

Julio 2019



LA PEQUEÑA MINERÍA EN BOLIVIA Y EL USO DE MERCURIO

Como consecuencia del incremento del precio del oro en los mercados internacionales, que en 2011 se disparó hasta alcanzar un valor de US\$1,900 la onza troy, se ha multiplicado la cantidad de cooperativas mineras auríferas en Bolivia, llegando a sumar casi 1,300. La mayoría de éstas está ubicada

geográficamente en el departamento de La Paz. Según el *Boletín Estadístico del Ministerio de Minería y Metalurgia*, la producción de oro ha pasado de 16,8 toneladas en el año 2017 a 22,4 toneladas al 2018. El mismo reporte señala que, con una participación de 93%, las cooperativas mineras son las principales productoras de oro

de Bolivia. Ilse Beltrán Monasterios, directora de la Dirección General de Política Minera y Fiscalización del Ministerio de Minería, sostiene que “la pequeña minería es una fuente de ingreso importante”. Asimismo, Juan Pablo Ramos, Asesor Nacional de la *Iniciativa Oro Responsable - BGI*, añade que “más que 150,000 personas están

vinculadas directamente con las cooperativas, sin contar con su entorno familiar”.

No obstante, las operaciones de la pequeña minería aurífera en Bolivia se caracterizan por ser técnicamente obsoletas, económicamente ineficientes y ambientalmente inadecuadas. Los métodos que actualmente son aplicados para la extracción del oro en Bolivia están catalogados, dentro del marco del *Convenio de Minamata sobre el Mercurio*, entre las “peores prácticas”. Este apunte se refiere específicamente a los procesos de molienda y amalgamación simultánea del mineral en el circuito abierto, la denominada amalgamación del mineral en bruto. El Convenio describe que el “Mercurio es una sustancia que provoca importantes efectos neurológicos y de otro orden en la salud”. Por este motivo, “el Convenio de Minamata tiene por objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de este



Mineros en la Cooperativa San Lucas.

metal y de compuestos derivados del mismo”. Por otro lado, debemos tener en cuenta que la forma de procesar el oro con mercurio en el circuito abierto no solo produce una fuerte contaminación, sino que, al obtener pobres recuperaciones de oro, también desperdicia recursos mineralógicos valiosos.

En ese sentido, retomar y aplicar el concepto de tecnologías limpias sirve para minimizar el impacto ambiental y, al mismo tiempo, elevar los ingresos públicos y las ganancias de los productores mineros a partir de la mejora de sus procesos de extracción. 🚛

El Caso de la Cooperativa San Lucas

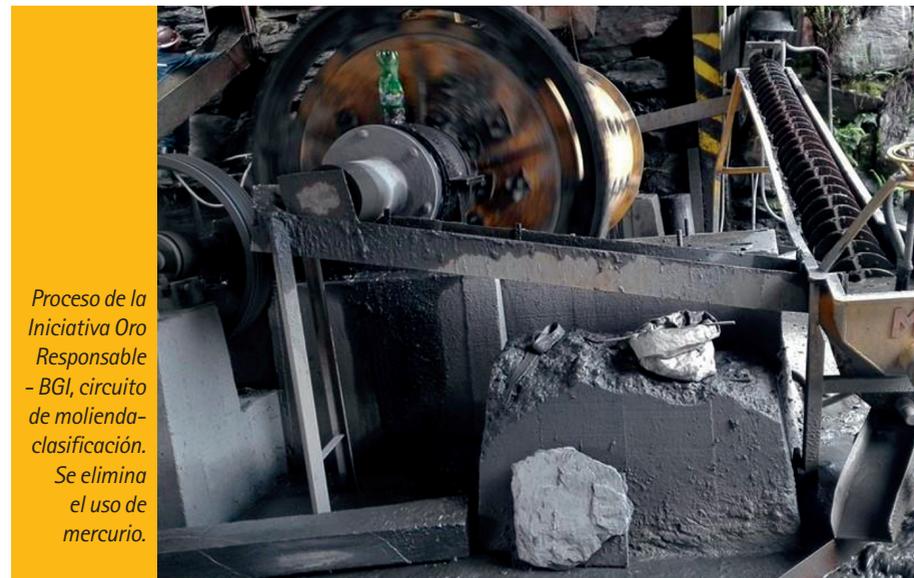
La *Cooperativa Minera Aurífera San Lucas R.L.* es una operación minera ubicada en el cantón Yani, Municipio de Sorata, en el departamento de La Paz. “La principal actividad económica en esta región es la minería aurífera, seguida de la ganadería y la agricultura”, explica Sofía Huasco, socia de la *Cooperativa San Lucas*. Esta cooperativa cuenta con 42 asociados y 18 asociadas, y fue

fundada en septiembre de 1998. En el año 2017 sus autoridades tuvieron un primer acercamiento con la *Iniciativa Oro Responsable* - BGI. El resultado de esta acción fue la firma de una carta de compromiso de la cooperativa, en noviembre de 2018, con la finalidad, entre otros aspectos, de involucrar a la Cooperativa con los compromisos de producción de oro responsable y de

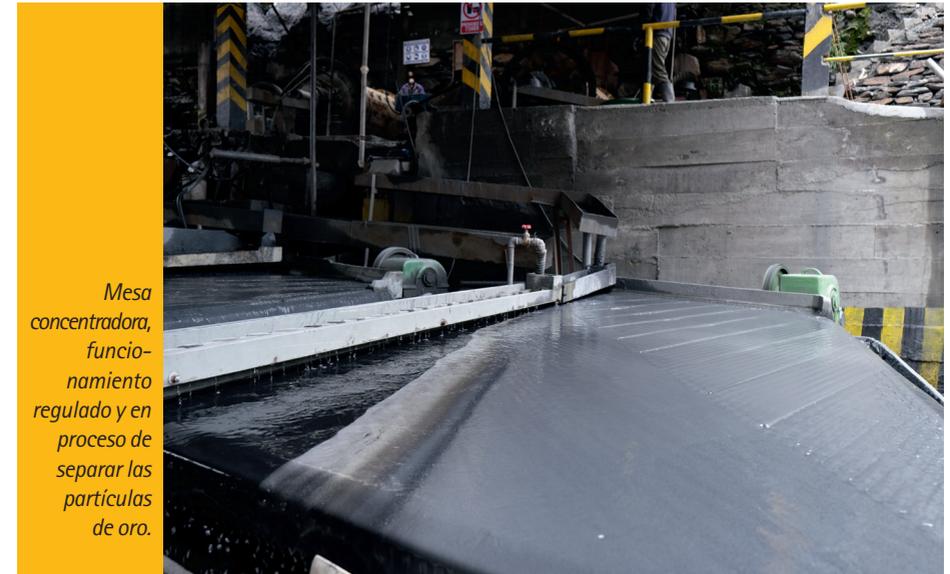
reducir sus emisiones de mercurio, con el apoyo del equipo técnico de la BGI.

Circuito abierto - un diseño poco eficiente difundido en la minería aurífera boliviana

La *Cooperativa San Lucas* cuenta con un yacimiento primario (filoniano), el cual alimenta a la planta de beneficio, empezando por la etapa de molienda, para liberar las partículas de oro. Tradicionalmente,



Proceso de la *Iniciativa Oro Responsable* - BGI, circuito de molienda-clasificación. Se elimina el uso de mercurio.



Mesa concentradora, funcionamiento regulado y en proceso de separar las partículas de oro.

la Cooperativa utilizaba el mercurio desde esta etapa (*ver flujograma circuito abierto*), aplicando la denominada amalgamación del mineral en bruto, con la intención de moler/amalgamar simultáneamente, obteniendo una relación de hasta 10 partes de mercurio emitido o perdido por cada parte de oro recuperado, ya que el mercurio se contactaba con todo el mineral. Debido al intenso proceso de molienda, la mayor parte del mercurio se atomizaba, formando una harina dispersa que no servía para la amalgama. Por

lo tanto, el mercurio se escapaba en grandes cantidades al ambiente. A través de este proceso rara vez se recuperaba más del 40% del oro. Además, se producían importantes pérdidas de oro y mercurio en los relaves. Bajo ese enfoque, desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental, el circuito abierto es una de las peores formas de procesamiento del mineral. Sin embargo, este diseño es característico en las operaciones filonianas del sector de la minería aurífera en vetas o minería primaria en Bolivia.

Circuito cerrado - reducción del mercurio con un pre-concentrado de mineral

En el circuito abierto, cuando se procesan grandes cantidades de mineral que contienen partículas de oro, el mercurio se introduce desde el momento inicial del proceso de recuperación de oro. En este proceso de amalgamación del mineral en bruto se pierden grandes cantidades de mercurio y se generan severas emisiones contaminantes para el ambiente. En la *Cooperativa San Lucas*, el consumo de mercurio,

en el proceso de circuito abierto, es equivalente a un mínimo de 20 kilogramos al mes por línea de producción. En cada línea de producción se recuperan, aproximadamente, 2 kilogramos de oro, lo que tiene como resultado una relación de mercurio perdido/oro recuperado de 10/1.

Aparte de la contaminación del ambiente, el mercurio significa un importante costo monetario para la cooperativa, que alcanza los US\$5,000 por mes y línea de producción, considerando que el precio del kilogramo de mercurio está actualmente valorizado

en US\$250 en Bolivia. Pensando en las tres líneas de producción con las que opera la *Cooperativa San Lucas*, y calculando un promedio de 20 kilogramos por línea de producción al mes, se llega a un potencial de ahorro de US\$15,000 mensuales en mercurio. Si se proyecta al año sería un ahorro de US\$180,000 y 720 kilogramos de mercurio.

Con la asistencia técnica de la *Iniciativa Oro Responsable - BGI*, la *Cooperativa San Lucas* planteó como una práctica alternativa, en una línea piloto de producción, la concentración gravimétrica mediante

canaletas y el uso de una mesa gravimétrica como paso posterior a la molienda, evitando así el proceso de moler/amalgamar simultáneo de todo el mineral. Este concentrado es de alto contenido de oro fino y requiere de un tratamiento posterior para separar el oro de los materiales pesados (generalmente mediante la amalgamación controlada en circuito cerrado). Para evitar pérdidas de mercurio, el amalgamador cuenta con un revestimiento de goma, que impide la atomización del mismo. La amalgama se lava separándola del resto del mercurio. Así se

Recuperación de oro y uso de mercurio en la línea piloto con circuito cerrado

Mes	Oro recuperado (Gr.)	Mercurio usado (Kg.)	Mercurio recuperado (Kg.)	Mercurio perdido (Kg.)
Enero	749	5,0	2,0	3,0*
Febrero	469**	1,7	0,8	0,9***
Marzo	563	1,8	1,0	0,8
Abril	657	2,0	1,3	0,7
Totales	2,438	10,5	5,1	5,4

* Estas altas pérdidas de mercurio se deben al uso de los molinos amalgamadores, antes de contar con el tambor amalgamador para el amalgamado de los concentrados.
 ** La recuperación de oro es menor porque la ley de la carga de mina bajó considerablemente en el mes de febrero.
 *** Las pérdidas de mercurio se redujeron considerablemente por el uso del tambor amalgamador para el amalgamado de los concentrados.

recupera entre el 70% y el 80% del mercurio, ya que el resto se rescata en el proceso de refogeo, utilizando una retorta con crisol abierto en donde, a través de un extractor de aire, este elemento se condensa en unos tubos.

Reduciendo los escapes de mercurio, el circuito cerrado logró recuperar casi la totalidad de este elemento tóxico. Según los datos expuestos en la tabla, en la línea de producción piloto, se lograron recuperar 5,1 kilogramos de mercurio de los 10,5 kilogramos que se habían utilizado, en total, entre enero a abril del 2019. Para el caso concreto de

la *Cooperativa San Lucas*, en el circuito abierto se utilizaban 20 kilogramos de mercurio al mes por línea de producción, pero el circuito cerrado logró reducir las pérdidas de mercurio en un 90%. Esto se tradujo en un ahorro efectivo de US\$18,000 para la cooperativa durante los cuatro meses en los que se desarrolló el proyecto. Sofía Huasco, de la *Cooperativa San Lucas*, explicó que “con la reducción de mercurio estamos reduciendo costos y no contaminamos”.

Dependiendo de las características del mineral tratado, se podría plantear incluso

la fundición directa de los concentrados, lo que eliminaría completamente el uso de mercurio en el proceso. De todas maneras, en el circuito cerrado se reducen las altas pérdidas de mercurio, el consumo de agua, la cantidad de residuos metalúrgicos contaminados con mercurio y las aguas residuales industriales con un significativo contenido de sólidos en suspensión.

La asistencia técnica de la *Iniciativa Oro Responsable - BGI* no se limitó a sacar el mercurio de la molienda, sino que se aplicó a todo



Cejas de oro fino libres y sulfuros en la mesa de concentración.

Con la asistencia técnica se logra mejoras importantes:

- Mejor extracción del mineral en mina.
- Regulación eficiente de los molinos.
- Concentración gravimétrica con canaletas y mesa.
- Amalgamadora con goma.
- Refogar con retorta.
- Piscinas de sedimentación para evitar contaminación de ríos con aguas turbias y contaminadas.

el proceso a través de un estudio geológico/minero de las reservas, empezando por la extracción del mineral en la mina. El objetivo de este fue definir una óptima planificación de explotación minera, además de contar con un buen mineral para alimentar el molino, para aumentar así la productividad de la Cooperativa. Además, se aplicaron otras medidas complementarias para mejorar la eficiencia en los procesos mineros y metalúrgicos, como el ajuste de las bolas en las molinas para liberar con eficiencia las partículas de oro. Finalmente, la Cooperativa recibió apoyo en la implementación

de las piscinas de sedimentación para sus relaves, evitando la contaminación de cursos de agua superficiales, circundantes a la planta de recuperación de oro o de comunidades aledañas.

Circuito cerrado - reducción del mercurio con un pre-concentrado de mineral

El Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres, manifestó en el prólogo del *Convenio de Minamata sobre el Mercurio* lo siguiente: “Al igual que muchos contaminantes, el mercurio no solo afecta a víctimas individuales. Causa daños a comunidades

enteras, agrava la pobreza, exacerba los conflictos y aleja aún más las posibilidades de lograr la igualdad”. El enfoque de la asistencia técnica brindada por la BGI es utilizar el mercurio en un circuito cerrado para disminuir significativamente la contaminación ambiental, cuyo origen está en la mala práctica de molienda/ amalgamación en circuito abierto, y contribuir, al mismo tiempo, a mejorar la eficiencia de todo el proceso. De esta manera, la BGI contribuye a “promover conocimientos, tener mejores prácticas ambientales y utilizar tecnologías alternativas” para reducir las emisiones de mercurio. Tal como lo señala el Artículo N° 7 del

Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

Para alcanzar este objetivo y para demostrar las ventajas de una tecnología mejorada, se adaptó el proceso de la recuperación de oro en una línea piloto. Considerando los buenos resultados del piloto, se piensa adaptar la tecnología mejorada a todas las líneas de producción. Aplicando un circuito cerrado se logró disminuir, significativamente, la cantidad de mercurio utilizada, dado que solamente se agrega el mercurio en la etapa final del proceso en el tambor amalgamador, cuando el oro ya se ha sido previamente concentrado a través de métodos gravimétricos

(ver flujograma circuito cerrado). Aplicando el sistema cerrado y controlado, y utilizando, finalmente, una retorta en la quema de la amalgama, el mercurio se puede recuperar casi en su totalidad. De esta manera, se realizó un proceso de recuperación de oro en circuito cerrado de mercurio, evitando la amalgamación del mineral en bruto, la cual es, según el *Convenio de Minamata sobre el Mercurio*, una de las “peores prácticas” de uso de este elemento.

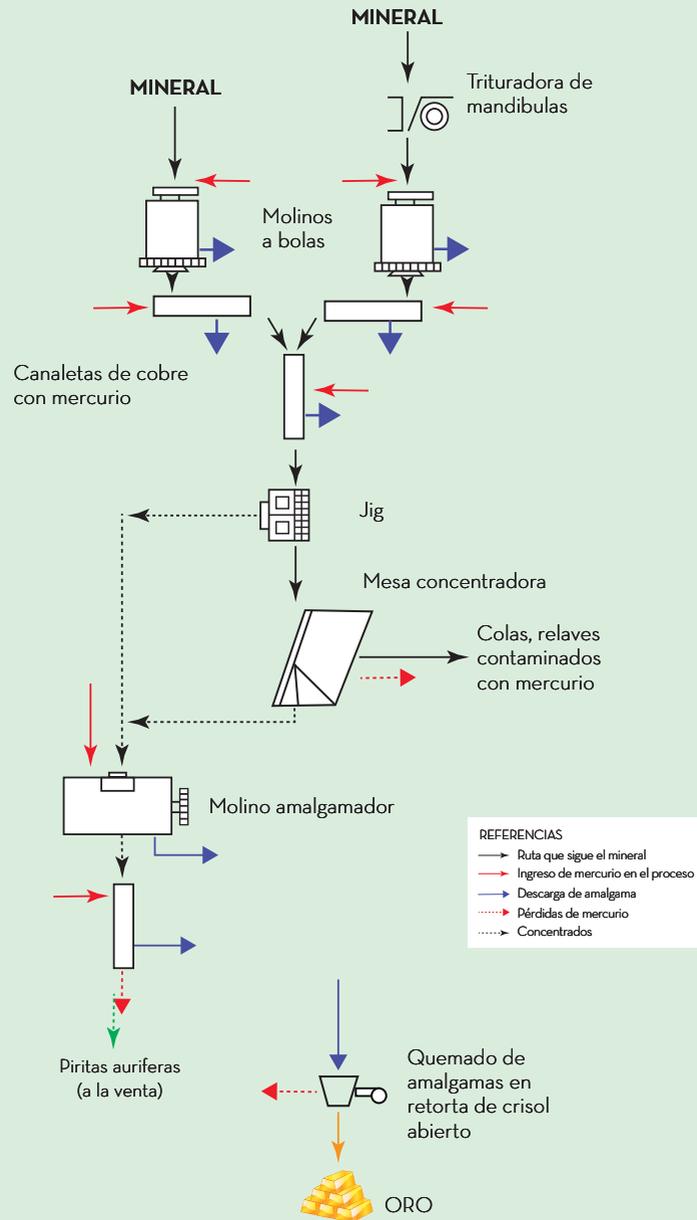
Un elemento clave para el éxito de este proceso ha sido el compromiso de la *Cooperativa San Lucas* con respecto a la producción responsable de oro, expresándose

en contribuciones importantes para la implementación de mejores prácticas a través de la *Iniciativa Oro Responsable* - BGI. Al mejorar el proceso, paralelamente se minimiza el impacto ambiental negativo, se eleva la recuperación de oro y se incrementa el ingreso económico de los mineros. La gravimetría es un proceso sencillo y de alta capacidad, que no requiere del uso de reactivos. Es de bajo costo y permite una buena recuperación del oro. Sofía Huasco resume el compromiso de su mina de esta manera: “Siempre fue nuestro objetivo respetar a la naturaleza, el ambiente, a las personas y no contaminar. La *Iniciativa Oro Responsable* - BGI nos está enseñando a realizar lo que nosotros queremos, sin contaminar el río y respetando a la comunidad”. Su compañero minero Eucebio añade: “Queremos ser el ejemplo de Bolivia. Por eso hemos decidido implementar el circuito cerrado”. 

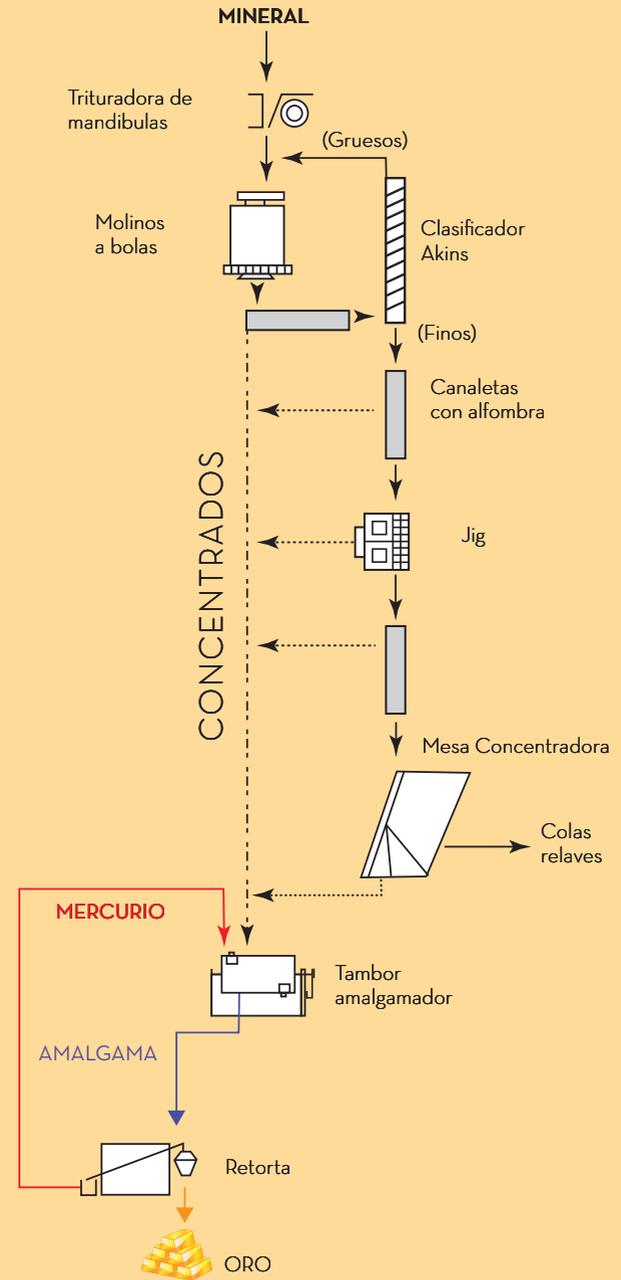
El circuito cerrado permite

- Mejor recuperación de oro.
- Disminuir los costos de operación.
- Reducir en un 90 % las pérdidas de mercurio.
- Tener relaves no contaminados con mercurio.
- No incrementar la necesidad de consumo de agua ni de energía en el proceso.

Flujograma 1 = Circuito abierto - un diseño poco eficiente difundido en la minería aurífera boliviana



Flujograma 2 = Circuito cerrado - reducción del mercurio con un pre-concentrado de mineral





Better Gold Initiative

Oro Responsable

Una minería responsable sí es posible



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

S B G A
SWISS
BETTERGOLD
ASSOCIATION



La Iniciativa Oro Responsable:

Periodo de Ejecución: 2017 - 2020

Presupuesto total: US\$ 8 millones.

Beneficiarios: Mineros artesanales de
Bolivia, Colombia y Perú.

Más información:

 www.ororesponsable.org

 facebook.com/BGIOroResponsable

 info@ororesponsable.org