

## **Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba**

### **Influence of leaching on gold recovery at the Gold-Barite Mine in Santiago de Cuba**

**MsC. Telvia Arias-Lafargue<sup>I</sup>, Ing. David Fernández-Compta<sup>II</sup>, Ing. Yoleidi Sánchez-Rodríguez<sup>II</sup>, Ing. Aramis Lasserra-Portuondo<sup>II</sup>**

I Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.  
tal@fiq.uo.edu.cu

II Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba, Cuba

---

#### **Resumen**

En Santiago de Cuba, está el yacimiento Oro Barita con un proceso de obtención de oro por lixiviación con cianuro y posteriormente precipitación con polvo de zinc. La recuperación de oro no es la deseada por lo que se realizó una evaluación del proceso de lixiviación estudiándose el período de diciembre 2014 a marzo de 2015 para determinar todas las variables que podían estar influyendo negativamente en el porcentaje de recuperación de oro. Los resultados arrojaron que el metal cobre es el que está afectando fundamentalmente la recuperación del oro durante la lixiviación ya que se observa un incremento notable de las concentraciones de cobre desde 100 a 160 g/m<sup>3</sup> debido a la cinética de disolución del cobre con el cianuro y al cobre que se incorpora a la lixiviación durante la recirculación de la solución de irrigación. Se demostró además que el resto de las variables no afectan la recuperación. Se realizó la evaluación económica del proceso en cuanto a consumo de cianuro mostrando que existe un sobre consumo de este reactivo alimentando al proceso 1,39 t de NaCN por encima del planificado así como gastos no planificados de 8 087,23 USD por este concepto. Por el no cumplimiento del porcentaje de recuperación de oro durante la lixiviación se dejan de ingresar a la planta 120 483,13 USD por cada 3,44 kg de oro que se4 dejan de extraer.

**Palabras clave:** lixiviación, recuperación de oro.

---

### **Abstract**

In Santiago de Cuba, there is the Gold Barite deposit with a process of obtaining gold by leaching with cyanide and then precipitation with zinc powder. The recovery of gold is not the desired one and an evaluation of the leaching process was made, studying the period from December 2014 to March 2015 to determine all variables that could be negatively influencing the gold recovery rate. The results showed that the copper metal is the one that is fundamentally affecting the recovery of the gold during the leaching since there is a remarkable increase in copper concentrations from 100 to 160 g/m<sup>3</sup> due to the kinetics of copper dissolution with cyanide And to the copper that is incorporated to the leaching during the recirculation of the irrigation solution. It was also demonstrated that the rest of the variables do not affect recovery. The economic evaluation of the process was carried out in terms of cyanide consumption, showing that there is an over consumption of this reagent feeding the process 1, 39 t of NaCN above the planned as well as unplanned expenses of 8 087, 23 USD for this concept. Due to the non-fulfillment of the % gold recovery during leaching, 120 483, 13 USD per 3,44 kg of gold is not extracted.

**Keywords:** leaching, recovery of gold.

---

## **INTRODUCCION**

El oro es un metal de transición blando, brillante, amarillo, pesado, maleable y dúctil, se encuentra normalmente en estado puro, en forma de pepitas y depósitos aluviales. Es sumamente inactivo, no reacciona con el oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, carbono, no es atacado por los ácidos minerales, es inalterable por el aire, el calor, la humedad y la mayoría de los agentes químicos, aunque se disuelve en mezclas que contienen cloruros, bromuros o yoduro. También se disuelve en otras mezclas oxidantes, en cianuros alcalinos y en agua regia.

La producción industrial de oro se inició a mediados del siglo XIX, hasta la década de los ochenta en el siglo XX, Australia, Canadá, África del Sur y los Estados Unidos dominaban ampliamente la producción del metal. Después de una ligera caída al inicio de los años ochenta, los volúmenes producidos aumentaron de manera considerable, particularmente en los países del Sur que se volvieron productores industriales. Hubo un aumento espectacular del precio del oro en los últimos años como consecuencia de un cambio drástico en el uso del metal y de un incremento fuerte de la demanda. Parte de esta demanda es resultado del crecimiento económico de Asia, China, India, países como Malasia, Indonesia o Corea del Sur y del Medio-Oriente como Turquía [7].

En Inglaterra, a finales del siglo XIX, se descubrió el uso de cianuro para lixiviar oro y plata, sin embargo, no fue sino hasta 1970 que el Consejo de Minería de los Estados Unidos desarrolló un método para recuperar metales preciosos a partir de montones de mineral de baja ley, lixiviándolo con cianuro [1].

El proceso Merrill-Crowe, es una técnica que se emplea para remover al oro de la solución cianurada. Este procedimiento se inició en el año 1932 cuando la Merrill Company inició la construcción de un tipo de instalaciones, en las cuales se efectúa simultáneamente la clarificación de las soluciones ricas procedentes de la cianuración, la de-aeración de esta solución clarificada y la precipitación [7].

El yacimiento Oro Barita se encuentra ubicado en la provincia de Santiago de Cuba, cuenta con una reserva aproximada de 2,3 t de oro distribuido en la mena 1 más alterada (oxidada) y la mena 2 menos alterada (sulfurosa). La explotación del yacimiento se realiza a cielo abierto, por bloques seleccionados de acuerdo a lo establecido por niveles, en el proyecto de explotación minero. La recuperación de oro de las menas oxidadas, se realiza con el empleo de la tecnología de lixiviación por percolación en pilas [4, 5].

El proceso comienza con la trituración y aglomeración de la mena aurífera del yacimiento Oro Barita, a continuación se lixivia el aglomerado con solución débil de cianuro obteniéndose el licor rico, del que se precipitan el oro y la plata usando polvo de zinc (Merrill Crowe); el precipitado se somete a fundición de la cual se obtiene el metal Doré (Au/Ag) y tratamiento de todos los residuales [2].

El cianuro establece fácilmente enlaces con la mayoría de los metales como el oro, el cobre, el zinc, el mercurio, el hierro, etcétera. Con los metales, forma lo que se llama "complejos metalcianuro", generalmente muy solubles en agua, y de estabilidad variable. Esta propiedad clave del cianuro es aprovechada en la minería para extraer metales como el oro o la plata, por lo que ha sido utilizado en la extracción de metales desde 1887 y actualmente se le utiliza y maneja en forma segura en la recuperación de oro en todo el mundo. Las operaciones mineras para la extracción de oro utilizan soluciones muy diluidas de cianuro de sodio, típicamente entre 0,01% y 0,05 % de cianuro ( 100 a 500 partes por millón) [3].

Las compañías responsables, tanto de la industria química como de la industria minera, emplean estrictos sistemas de manejo de riesgo para prevenir lesiones o daños causados por el uso del cianuro. El cianuro de las soluciones mineras se recoge, ya sea para ser reciclado o destruido, después de haber extraído el oro. El manejo de los riesgos asociados al uso del cianuro implica una ingeniería sólida, un monitoreo cuidadoso y buenas prácticas de manejo con el fin de evitar y mitigar los posibles escapes de cianuro al ambiente [3].

Debido a la importancia del oro para la economía del país, así como el conjunto de aplicaciones que posee que son consecuencia de sus excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas, es necesario hacer más eficiente su proceso de extracción.

El proceso de extracción de oro en esta planta consta de cuatro etapas:

Proceso de trituración, aglomeración y formación de pilas.

Lixiviación.

Precipitación en la planta Merrill Crowe.

Fundición.

Desde el punto de vista tecnológico el proceso de la planta Oro Barita presenta dificultades en la lixiviación, existe la necesidad de lograr estabilidad en la recuperación de oro, por lo que se evaluarán los elementos que puedan estar influyendo en la inestabilidad del proceso de lixiviación.

### **Objetivos**

1. Realizar la evaluación de todas las variables que puedan afectar el proceso de lixiviación del mineral Oro en la planta Oro Barita en Santiago de Cuba.
2. Realizar evaluación técnica económica de los resultados

### **Metodología**

El proceso de la planta Oro Barita presenta dificultades en la etapa de lixiviación, por lo que fueron tomadas muestras del área de trituración y aglomeración y se le realizaron varias determinaciones físicas con el objetivo de verificar si cumplían con los parámetros establecidos en el proceso tecnológico, a fin de poder determinar las causas de la baja extracción de oro. Los análisis se realizaron en los laboratorios de la propia planta.

Parámetros establecidos del proceso tecnológico:

Granulometría del Mineral Aglomerado (%). El porcentaje de retenido debe estar en el orden de un 80 %.

Resistencia de los Pellets (%) diámetro del tamiz de 3 mm . El porcentaje de retenido debe estar en el orden de un 80 %.

- Estabilidad de los Pellets (%) El porcentaje debe estar en un 60 %.

- Dureza de los Pellets (%) Si el promedio del número de caída es mayor de 5, el pellet se cataloga de bueno

### **Granulometría**

La mayoría de los minerales requiere una preparación especial antes de ser sometida a la lixiviación por apilamiento. Algunos son permeables y requieren menor trituración, mientras otros minerales requieren varias etapas de trituración y molienda para facilitar la extracción del metal a granulometría fina, habrá mayor área superficial de exposición a la solución de cianuro.

En el caso de Oro Barita la granulometría óptima que requiere el proceso para realizar la aglomeración es de -12 mm , por lo que el mineral triturado y molido requiere de la etapa de la aglomeración empleando cemento de construcción en el rango de 9 kg/t de mineral procesado, para facilitar resistencia y porosidad a los pellets o granos conformados en la aglomeración, realizado en un tambor cilíndrico giratorio.

El mineral aglomerado situado en el lote, presentará un lecho poroso o permeable, homogéneo y uniforme, sin canalizaciones de la solución lixiviante, que facilitará la percolación de esta solución por entre los granos o pellets y hacia el centro del pellet en busca de la partícula de oro. Si esto último no ocurre, por ser un pellet libre de poros, la extracción del metal precioso se hace nula, por no haber contacto entre el cianuro, el oxígeno, ambos en el licor, con el oro en el mineral. Este debe garantizar que la mayor cantidad de las partículas finas presentes en el mineral triturado estén recogidas en forma de pellets, esta debe ser mayor del 80 % para lograr eficiencia en el proceso.

### Calidad de los pellets

Para confirmar la dosificación correcta del cemento, se le realizaron pruebas aleatorias a la calidad de los pellets, formados en el proceso de aglomeración. Todos esos datos experimentales se exhiben en la tabla 1.

**Tabla 1**  
Datos experimentales a muestras del área de trituración y aglomeración

	Muestras	Granulometría del Mineral Aglomerado (%)	Resistencia Pellets (%)	Estabilidad Pellets (%)	Dureza Pellets (%)
1	Muestra 1	84,50	81,12	65,44	9
2	Muestra 2	83,69	80,64	68,72	7
3	Muestra 3	83,92	79,42	60,27	9
4	Muestra 4	84,86	80,96	60,94	5
5	Muestra 5	83,65	80,31	60,77	5
6	Muestra 6	82,07	81,14	64,90	7
7	Muestra 7	84,45	80,52	62,74	6
8	Muestra 8	81,10	83,88	62,57	9
9	Muestra 9	83,23	81,49	65,49	7
10	Muestra 10	84,36	80,96	61,86	8
11	Muestra 11	82,18	83,45	63,89	8
12	Muestra 12	84,20	81,86	60,34	5
13	Muestra 13	83,67	82,57	60,98	7
14	Muestra 14	83,75	83,78	64,25	5
15	Muestra 15	84,61	82,44	61,28	6
16	Muestra 16	84,92	80,55	60,70	8
17	Muestra 17	83,73	79,92	61,81	8
18	Muestra 18	82,59	82,76	62,56	7
19	Muestra 19	84,18	80,98	64,27	9
20	Muestra 20	82,76	79,94	61,59	9

Como se puede apreciar los datos que caracterizan los pellets formados en el proceso de aglomeración de la planta, demuestran que la granulometría, la resistencia, estabilidad y dureza de los pellets, no representan la causa que influye negativamente en el proceso de lixiviación porque todos los datos están dentro de norma. Es por ello que se analizaron otras variables del proceso.

### **Dosificación de reactivos Hidróxido de Calcio (cal), durante la trituración**

Este reactivo se añade durante el proceso de la trituración, específicamente antes de la aglomeración, se emplea un método eficiente de adición y se logra un mezclado adecuado con el mineral. Su función es mantener el pH básico en el proceso de lixiviación para evitar la degradación del cianuro y la formación de gas cianhídrico y ayudar a la sedimentación de las partículas minerales, a fin de obtener soluciones claras.

Parámetros del proceso

- 12 kg/t de mineral para garantizar la total alcalinidad necesaria que requiere el proceso
- pH de 10 – 11,5 del mineral aglomerado.

Ver a continuación la tabla 2.

**Tabla 2**  
Datos experimentales de pH al mineral aglomerado

No	MUESTRAS	pH Mineral Aglomerado
1	Muestra 1	10,56
2	Muestra 2	11,40
3	Muestra 3	11,56
4	Muestra 4	11,20
5	Muestra 5	11,00
6	Muestra 6	10,56
7	Muestra 7	10,93
8	Muestra 8	11,47
9	Muestra 9	11,08
10	Muestra 10	11,22
11	Muestra 11	10,78
12	Muestra 12	10,63
13	Muestra 13	11,54
14	Muestra 14	11,32
15	Muestra 15	10,59
16	Muestra 16	11,18
17	Muestra 17	11,10
18	Muestra 18	11,08
19	Muestra 19	10,58
20	Muestra 20	11,46

Los valores de pH del mineral aglomerado, mostrados en la tabla 2 demuestran que ha existido estabilidad, garantizando el medio básico durante las operaciones de la planta, por lo que no es la causa de los problemas en la recuperación de oro en la lixiviación.

### **Relación volumen de agua/masa de mineral**

Un elemento indispensable en la aglomeración es la dosificación de agua de consumo industrial para facilitar la humedad y lograr la adherencia de las partículas de mineral y conformar los pellets, ésta humedad puede encontrarse en el orden de 10 % a 16 %. En el proceso que se analiza la misma es controlada a través de un metro contador el cual registra el consumo de agua en el proceso y los análisis en el laboratorio de humedad del mineral, el cual arroja valores de 14 % a 16 % en todas las operaciones del proceso.

### **Relación líquido/mineral**

En general se requiere una cantidad de agua para lixiviar del 10 % de la masa de mineral aglomerado para mojarla. A la vez por cada tonelada de este mineral se obtendrán de 1,2 a 1,8 veces el volumen de solución salida del lote, este se confirma a través de manómetros de control instalados en el bombeo y por flujómetros en la salida de los lotes. Al procesar minerales con fines auríferos u otro metal es imprescindible determinar la capacidad de recepción de agua de lluvia, o de tratamientos o lavados para el reemplazo o recirculación, las cuales se evacúan en las lagunas.

### **Tasa de irrigación**

Una vez conformado el lote o montón, se deja airear el mineral aglomerado, durante 48 a 72 h, es decir, el último volumen de mineral aglomerado situado en el lote debe esperar como máximo 72 h, para comenzar a ser mojado a través de la irrigación. Se emplea una tasa en el orden de 8 a 10 L/m<sup>2</sup> h en los 10 días iniciales, esto permite mantener la zona porosa, evitando compactaciones y derrumbes, alcanzando soluciones ricas claras y transparentes; y aumentar la misma, en dependencia del tipo de mineral, hasta 30, lo cual requiere observancia continua y aplicación de medida correctiva tanto en los parámetros mencionados como en el mantenimiento de las mangueras y goteadores o aspersores.

### **Altura de la pila**

La altura de la pila en el proceso de oro Barita es de 3,30 m , regulado a través de una banda fija autopropulsada, el cual se rige por factores como: la permeabilidad del lote, contenido de cianuro a emplear en la irrigación, características mineralógicas del mineral, etcétera.

### **Análisis a los licores**

Los datos experimentales del proceso de lixiviación (tiempo efectivo, volumen de solución alimentada y de salida del lote, flujo alimentado y de salida del lote, concentraciones de Au, Cu y NaCN en la entrada y salida del lote, kg de Au, Cu y NaCN en la entrada y salida del lote, pH de la solución de irrigación, pH de la salida del lote, recuperación de Au y Cu

y consumo kg NaCN/t) fueron analizados en el periodo del 24 de diciembre de 2014 al 30 de marzo de 2015.

Para facilitar el análisis de los resultados se realizaron gráficas que exponen el comportamiento de las variables estudiadas.

Los parámetros de operación de la planta que se tuvieron en cuenta para realizar los cálculos a las muestras del lote 4 (4to ciclo) escogido para la realización experimental se relacionan a continuación.

- % de Recuperación de oro en la lixiviación: 63 %
- Ley de entrada de oro a la lixiviación: Mayor a 1,05 g/t
- Masa de mineral depositado en el lote No 4 es de: 15 362,56 t
- Ley de entrada al lote experimentado No 4 es de: 1,33 g/t
- Consumo de cianuro: 0,6 kg/t de mineral pasado a proceso
- Tiempo efectivo trabajado 24 h
- pH de 10 a 11,5
- Concentración de cianuro en la solución de irrigación (SI) 0,2 a 0,3 g/L
- Concentración de cianuro a la salida del lote (SL4) 0,1 a 0,15 g/L
- Con los datos obtenidos, se realizaron los cálculos para determinar el porcentaje de recuperación de oro.

$$\% R_{(Au)} = \frac{Au_{(sL)} - Au_{(EL)}}{Au_{(L)}}$$

donde

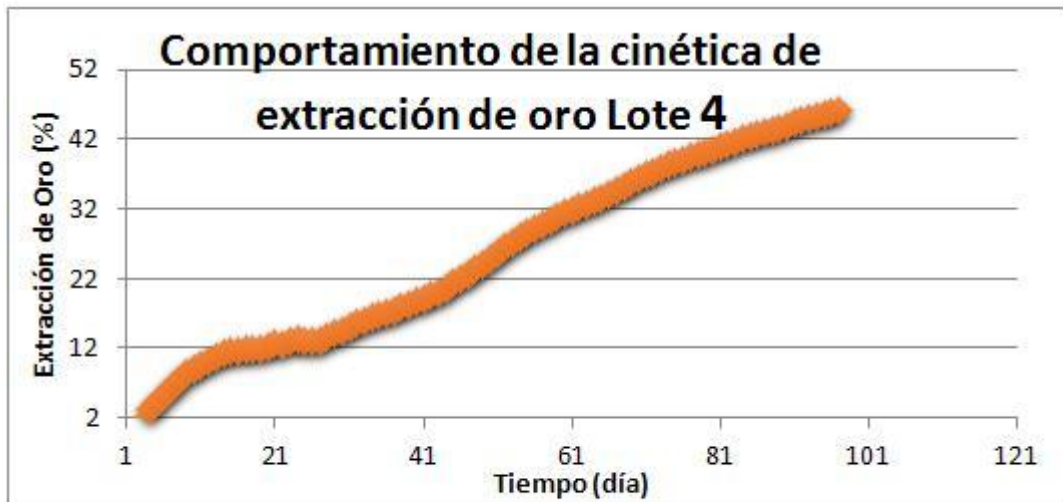
$Au_{(sL)}$  = Oro (Salida de Lote, kg)

$Au_{(EL)}$  = Oro (Entrada a la Lixiviación, kg)

$Au_{(L)}$  = Oro (Depositado en el lote, kg)

El porcentaje de recuperación de oro obtenido es de 46,14 % como presenta en la figura 1.





**Fig. 1 Comportamiento de la cinética de extracción de oro del lote No 4.**

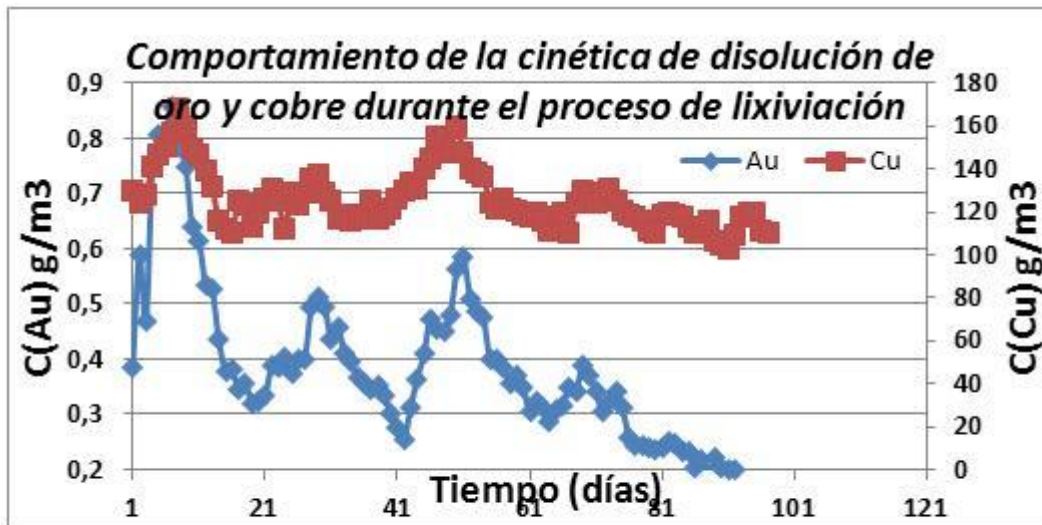
La figura 1 exhibe el comportamiento de la cinética de extracción de oro que mostró el lote 4, con una lixiviación por sectores de 97 días y una recuperación de oro de 46,14 %.

Analizando los parámetros de operación de la planta se demuestra que existe dificultad en el proceso de lixiviación provocando problemas en la recuperación de oro. Del oro depositado en el lote 4 (20,432 2 kg), se debían extraer el 63 % durante la lixiviación según parámetro de operación del proceso, representando 12,872 2 kg de oro.

Se logró un 46,14 % (9,428 4 kg de oro) dejando de extraerse 3,443 7 kg de oro lo que demuestra que existen factores que están influyendo negativamente en la lixiviación.

Luego a cada muestra recopilada se le determina la concentración de cobre, teniendo en cuenta que la concesión abarca un área de 0,4 km<sup>2</sup> ubicado a 800 m , área rica en cobre, las aguas que se utilizan en el proceso industrial, en las menas en extracción y en el lecho filtrante formado por rocas (escombrera) y arenas (colas) proceden de la antigua explotación del yacimiento Mina Grande del Cobre.

A continuación se presenta la figura 2 que muestra el comportamiento de la cinética de disolución de oro y cobre durante el proceso de lixiviación.



**Fig. 2 Comportamiento de la cinética de disolución de oro y cobre durante el proceso del lixiviación.**

Como se observa en la figura 2, la cinética de disolución del cobre reportó un incremento significativo de la concentración durante el proceso de lixiviación a valores de 100 hasta 160 g/m<sup>3</sup>, valores no deseables para una eficiente lixiviación de oro ni para los procesos posteriores de precipitación que inciden notablemente en la calidad del Doré final obtenido.

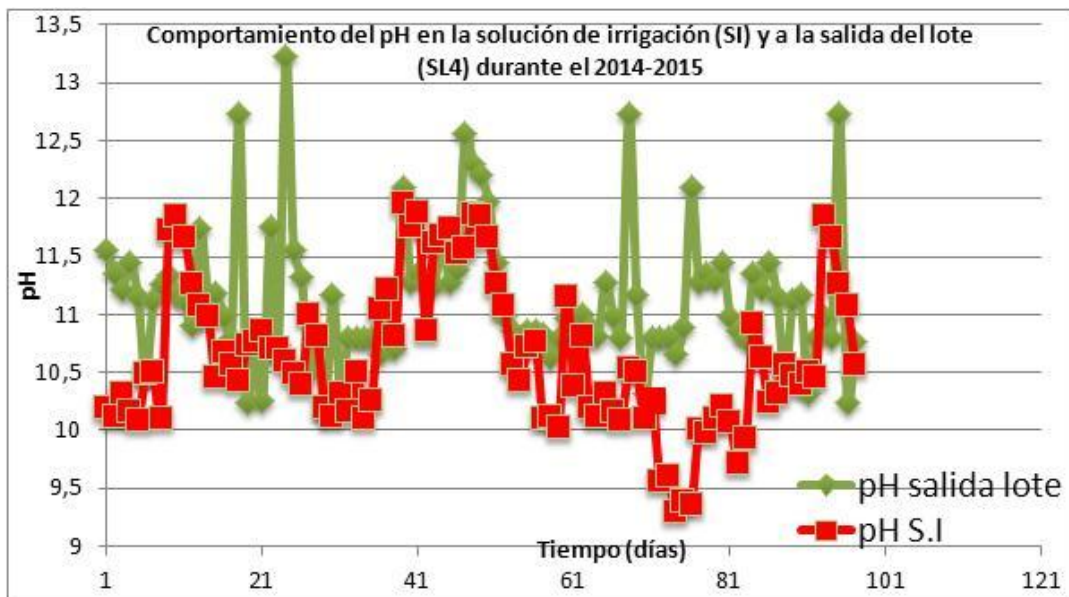
Como muestra la figura 3 en los primeros 18 días de haber inyectado al proceso una solución fresca de cianuro (SI) para efectuar la lixiviación se observa valores de cobre de hasta 35 g/m<sup>3</sup> y después de pasado este tiempo donde esta solución es la que se ajusta y se recircula para la irrigación se observa el incremento notable de las concentraciones de cobre estando aproximadamente desde 100 a 160 g/m<sup>3</sup> debido a la cinética de disolución del cobre con el cianuro.



**Fig. 3 Comportamiento de la cinética de disolución del Cobre a la entrada y salida del lote No 4 durante el proceso de lixiviación.**

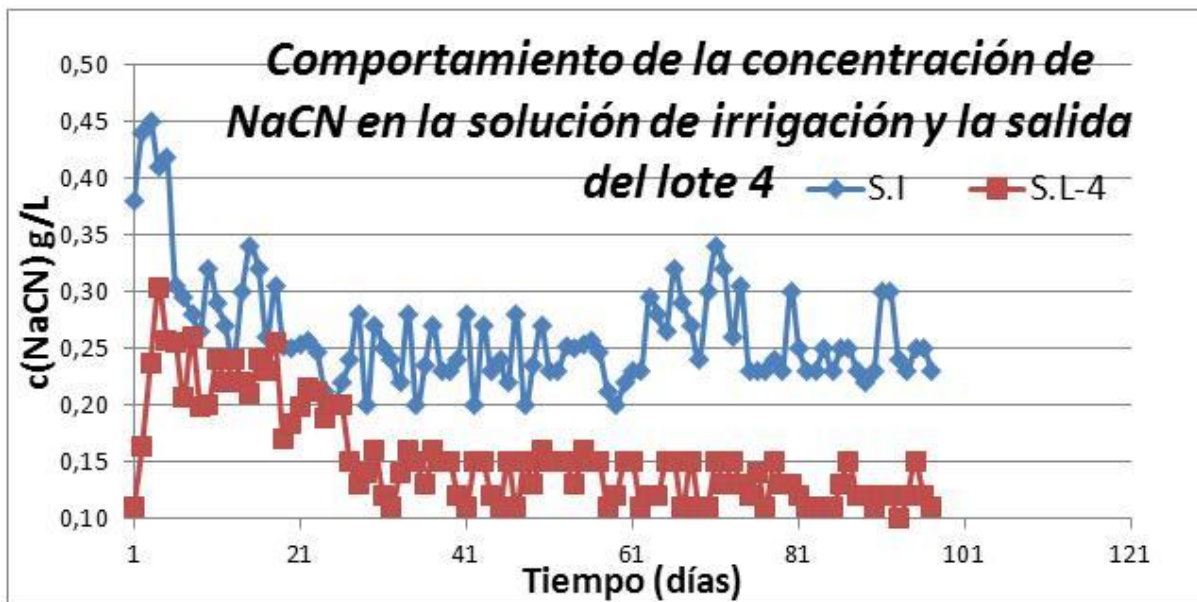
La disolución del cobre generalmente es indeseable durante la lixiviación ya que puede consumir cianuro y disolver oxígeno, retardar la velocidad de disolución del oro, interferir con los posteriores procesos de recuperación y contaminar el producto final. Asimismo, algunos minerales de cobre (p.e. calcopirita) pueden remover el oro de la solución mediante la reducción en la superficie del mineral, dejando ver las características reversibles del proceso en las soluciones con bajo contenido de cianuro. Todo esto provoca un sobreconsumo de cianuro y que se alargue el ciclo de lixiviación.

La figura 4 muestra que los valores de pH están dentro de norma tanto en la solución de irrigación (SI) y la solución a la salida del lote (SL4) ya que los parámetros de operación de la planta son pH de 10,5 a 11. Solo 8 días del mes de marzo la SI estuvo fuera de norma, la SL4 estuvo bien debido a la cal que se añade en la aglomeración por lo que se demuestra que ha existido estabilidad en este parámetro en cuanto a su cumplimiento por lo que esta no es la causa de la afectación en la recuperación de oro.



**Fig. 4 Comportamiento del pH en la solución de irrigación (SI) y la solución a la salida del lote.**

La figura 5 muestra que las concentraciones de cianuro están dentro de norma, tanto en la solución de irrigación (SI) y la solución a la salida del lote (SL4) ya que los parámetros de operación de la planta son de 0,2 a 0,3 g/L para la (SI) y 0,1-0,15 g/L para la (SL4) por lo que se alimenta suficiente cianuro para mantener el comportamiento que muestra la figura 5 no siendo esta la causa que provoca los problemas en la recuperación de oro.

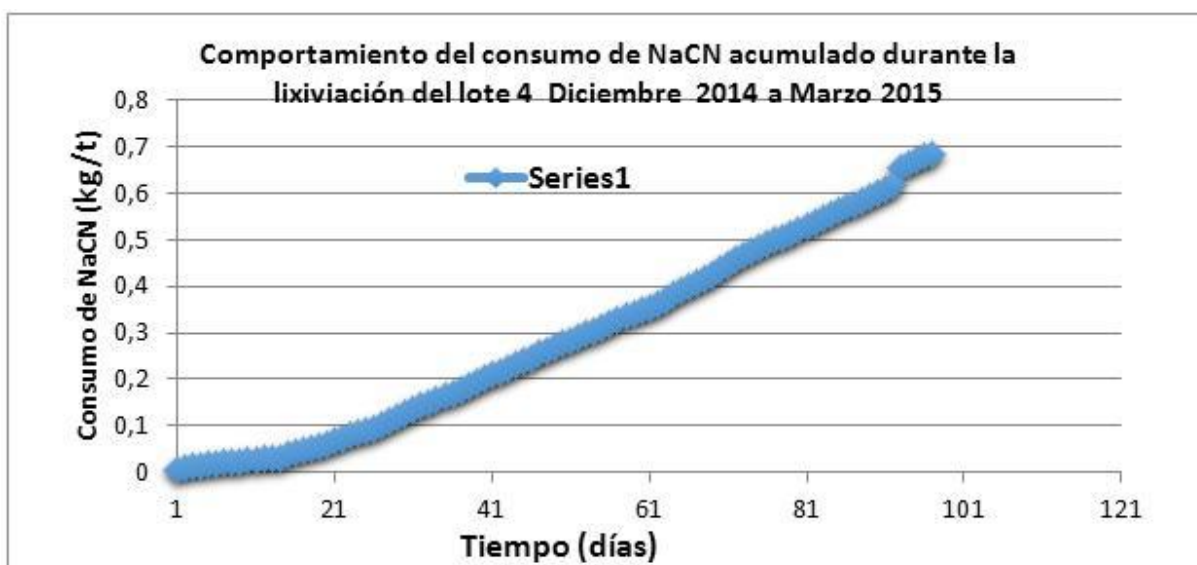


**Fig. 5 Comportamiento de la concentración de cianuro en la solución de irrigación (SI) y la solución a la salida de lote (SL4).**

Las evaluaciones anteriores reflejan que el cobre es la variable que está incidiendo negativamente en el proceso de lixiviación, afectando la recuperación de oro, ya que en los primeros 18 días de haber inyectado al proceso una solución fresca de cianuro (SI) para efectuar la lixiviación se observa un incremento de los valores de las concentraciones de cobre lo cual demuestra la saturación de los licores debido a la recirculación en el proceso. Es necesario tomar medidas para revertir esta situación y así evitar altos consumo de cianuro y afectación al producto final (doré), una alternativa puede ser estudiar la calidad de las aguas suministradas al proceso (agua de recirculación y reposición), con el objetivo de realizar balance de Cu y comportamiento del mismo, para minimizar el Cu soluble y reponiendo solución fresca al sistema.

#### Evaluación técnica económica

La figura 6 muestra el comportamiento del consumo de NaCN acumulado durante la lixiviación del lote 4 en el periodo de diciembre 2014 a marzo 2015, que fue de 0,69 kg/t mineral, tal y como lo exhiben los datos que se reflejan a continuación.



**Fig. 6 Consumo acumulado del NaCN.**

El consumo de NaCN por tonelada de mineral pasado a proceso, durante el período correspondiente a diciembre 2014 a marzo 2015 lo muestran las tablas 3 y 4.

**Tabla 3**

Consumo de NaCN por tonelada de mineral en los meses analizados

Periodo	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total Planificado
Mineral Procesado (ton)	6 370,64	5 726,68	3 265,24	-	15 362,56

kg de NaCN	1805	2700	2900	3200	9 217,54
Consumo en (kg/t) de NaCN	-	-	-	-	0,60

**Tabla 4**  
Consumo de NaCN planificado y real en los meses de análisis

Periodo	Total Planificado	Total Real	Diferencia
Mineral Procesado (ton)	15 362,56	15 362,56	-
kg de NaCN	9 217,54	10 605	1 387,43
Consumo en (kg/t) de NaCN	0,60	0,69	0,090

La tabla 5 muestra lo invertido en la compra de NaCN para procesar cada tonelada de mineral, el precio de 1 kg de NaCN es de 5,828 8 USD.

**Tabla 5**  
Inversión en compra de NaCN

Producto	Precio(USD)	Consumo Plan	Consumo Real	Diferencia
kg de NaCN	5,828 8	9 217,54	10 605	1 387,46
Valor(USD)	-	53 727,197	61 814,424	8 087,227

Las tablas anteriores muestran que para poder procesar lo planificado, fue necesario utilizar un sobreconsumo del cianuro necesario para efectuar la lixiviación. Fue inevitable el sobreconsumo de este reactivo hasta 0,69 kg de cianuro por tonelada de mineral pasado a proceso provocado por la alta concentración de cobre mostrada en las figuras 2 y 3, trayendo como consecuencia que se alimentaran al proceso 1,39 t de NaCN por encima del planificado así como gastos no planificado de 8 087,23 USD.

Relacionado con la recuperación de oro la planta tiene los parámetros siguientes:

% de Recuperación de oro en la lixiviación: 63 % del mineral depositado en lote

% de Recuperación de oro en la precipitación: 90 % del lixiviado

% de Recuperación de oro en la fundición: 95 % del precipitado

De 20,43 kg de oro depositado en lote se debe recuperar según planificación 12,87 kg (63 %) durante la lixiviación, de este último se debe recuperar en el proceso de precipitación 11,59 kg (90 % del lixiviado) y de este se debe obtener en el proceso de fundición 11,01 kg (95 % del precipitado).

Realizando una evaluación con el oro lixiviado real (9,43 kg, el 46,14 % del mineral depositado), corresponde extraer en el proceso de precipitación (8,49 kg el 90 % del

lixiviado) y de este, en el proceso de fundición se obtendría 8,06 kg, el 95 % del precipitado.

Dejando de extraer 2,95 kg de oro que representa 94,68 onza troy (ozt) 1 ozt equivale a 31,10 g [6]

Una onza troy de oro utilizado para los cálculos promedio desde enero hasta el 18 de diciembre de 2014 tiene un valor de 1 272,52 USD [6]

Ascendiendo a 120 483,13 USD los que se dejan de ingresar a la planta.

## **CONCLUSIONES**

- No se cumple con la recuperación de oro según parámetro del proceso (63 %), que representa 12,87 kg de oro lográndose un 46,14 % ( 9,43 kg de oro) dejando de extraerse 3,44 kg de oro.
- El mineral triturado y aglomerado (pellets), el pH y las concentraciones de cianuro de la lixiviación se mantienen dentro de los parámetros del proceso por lo que no constituyen la causa del problema en la recuperación de oro durante la lixiviación en la recuperación de oro.
- El metal cobre es el que está afectando fundamentalmente la recuperación del oro durante la lixiviación ya que se observa un incremento notable de sus concentraciones desde 100 a 160 g/m<sup>3</sup> debido a la cinética de disolución del cobre con el cianuro y al que se incorpora durante la recirculación de la solución de irrigación.
- Para mantener dentro de parámetros las concentraciones de cianuro fue inevitable un sobreconsumo de este reactivo hasta 0,69 kg de cianuro por tonelada de mineral pasado a proceso, trayendo como consecuencia que se alimentaran al proceso 1,39 t de NaCN por encima del planificado así como gastos no planificados de 8087,23 USD.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Chester F. Millar: "Lixiviación en montones", Manual Práctico. Talleres gráfico de Granholit, Hermosillo Sonora, México, 1997.
2. Centro de Investigaciones para la industria Minero Metalúrgica. "Estudio del Procesamiento de las muestras Tecnológicas MT-1 y MT-2 del Mineral de Oro Barita" Informe Técnico. 2001.
3. Mark J. Logsdon, Karen Hagelstein, Terry I. Mudder. "El manejo del cianuro en la extracción de oro". CONSEJO INTERNACIONAL DE METALES Y MEDIO AMBIENTE.

4. Martínez Peña R. Argilagos Castro P. "Proyecto Tecnológico Ejecutivo Oro Barita" División Ingeniería y PROYEST Informe Técnico 2004.

5. Pérez Misael P., Castellano Suárez J. "Informe oro barita Estudio del Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgico (CIPIMM) Comportamiento de las Impurezas" Informe Técnico. 2013.

6. KITCO. Precios del Oro (2014).

7. Sánchez R Yobeydis: "Influencia del polvo de zinc en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba". Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Oriente, Instituto Superior julio Antonio Mella, Facultad de Química 2012.

Recibido: Noviembre 2016

Aprobado: Marzo 2017

*MSc. Telvia Arias-Lafargue<sup>1</sup>*. Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. tal@fiq.uo.edu.cu