

Caracterización fisicoquímica y mineralógica de las arenas de relaves. Sector Bizkaitarra. Las Claritas, municipio Sifontes, estado Bolívar

Physicochemical and mineralogical characterization of tailings sands. Bizkaitarra Sector. Las Claritas, Sifontes municipality, Bolivar State

Caracterização físico-química e mineralógica das areias de rejeitos. Setor "Bizkaitarra". "Las Claritas", município Sifontes, Estado de Bolívar

Anexis González¹ Cliret Ramírez² Víctor González³

Recibido: 29-5-14; Aprobado: 24-7-14

RESUMEN	ABSTRACT	RESUMO
<p>El área de estudio se localiza en Bizkaitarra, ubicada a unos 380 km al sur de la ciudad de Puerto Ordaz, cerca de la población de Las Claritas y Km 88, en la parroquia San Isidro, municipio Sifontes del estado Bolívar; comprende un área aproximada de 3.422,86 ha. El objetivo de este trabajo es caracterizar las arenas de relaves depositadas en la parcela IA-11 para la recuperación de oro. Los análisis granulométricos señalan que a medida que disminuye el tamaño de partícula en la muestra, el tenor tiende a aumentar. La caracterización fisicoquímica arrojó que el pH fue de tipo ácido con un valor promedio de 6. Según la caracterización mineralógica se estima una mayor abundancia de cuarzo libre con un promedio de 55,65 % y de arcilla limonitizada con un promedio de 37,75 %. El tenor promedio por debajo de una granulometría de 3 mm es de 4,2 g/t. Aunque esta actividad pueda ocasionar daños ecológicos, se debe partir que es una actividad productiva, lo que se lograría aumentar los beneficios sociales, para que sea un instrumento de desarrollo social.</p> <p>Palabras clave: Caracterización, granulometría, mineralogía, procesamiento, tenor.</p>	<p><i>The study area is located in Bizkaitarra, located about 380 km south of the city of Puerto Ordaz, close to the village of Las Claritas and Km 88, San Isidro Parish, Sifontes municipality of Bolivar state, comprising an approximate area of 3,422.86 ha. The objective of this work is to characterize the sands tailings deposited in the IA-11 plot for gold recovery. Particle size analyzes indicate that with decreasing particle size in the sample tends to increase the tenor. The physicochemical characterization showed that the pH was acid type with an average value of 6. According to the mineralogical characterization is estimated greater abundance of free quartz with an average of 55.65 % and clay limonitized averaging 37.75%. Under average grain size below 3 mm is 4.2 g/t. Although this activity may cause environmental damage, which is what would be achieved increasing social benefits, to be an instrument of social development.</i></p> <p>Keywords: Characterization, mineralogy, particle, processing, size distribution, tenor.</p>	<p>A área de estudo situa-se na Bizkaitarra, localizada cerca de 380 km ao sul da cidade de "Puerto Ordaz", perto da aldeia de "Las Claritas" e "Km 88", paróquia "San Isidro", município "Sifontes" de Estado Bolívar; compreende uma área de 3.422,86 ha. O objetivo deste trabalho é caracterizar as areias rejeitos depositados na trama IA-11 para a recuperação do ouro. As análises de tamanho de partícula indicam que com a redução do tamanho das partículas na amostra, a formulação tende a aumentar. A caracterização físico-química revelou que o pH era de tipo ácido, com um valor médio de 6. Acordo com a caracterização mineralógica maior abundância de quartzo livre com uma média de 55,65 % e limonitizada argila com uma média de 37,75 % é estimada. Em tamanho médio de grão inferior a 3 mm é 4,2 g / t. Embora essa atividade pode causar danos ecológicos, assumir que é uma atividade produtiva, o que é conseguido aumentar os benefícios sociais, para ser um instrumento de desenvolvimento social.</p> <p>Palavras-chave: Caracterização, granulometria, mineralogia, processamento, tenor.</p>

¹ Ing°Min°. Libre ejercicio. e-mail: anexx_07@hotmail.com

² Ing°Min°. Libre ejercicio. e-mail: Carp_20_1990@YMAIL.COM

³ Ing°Min°. Esp. Profesor Agregado Universidad de Oriente (UDO). e-mail: viktordg@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la riqueza mineral de Venezuela se localiza en la región de Guayana, debido al origen y formación geológica de su relieve. La antigüedad del macizo guayanés y el largo proceso de erosión causado por las lluvias, el viento y los ríos de la región, han puesto al descubierto los depósitos minerales del subsuelo, facilitando su hallazgo y explotación. A pesar de las intervenciones de pequeños mineros, las reservas no se pueden cuantificar con exactitud, pero se calcula que aproximadamente existen más de 8.000 toneladas. A mediados del 2011, Venezuela nacionalizó la industria aurífera y ordenó a las empresas privadas conformar firmas mixtas en las que el Estado debe tener la mayoría accionaria. La norma, además, incrementó las regalías y prohibió la exportación del metal. Venezuela es aún un jugador menor en la industria debido a años de trabas legales que han impedido a firmas extranjeras explotar a gran escala el recurso. La producción formal de oro en el país ronda las seis toneladas anuales, mientras que la informal es del doble.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad minera en el municipio Sifontes, específicamente, en Las Claritas se inició en la década de los 80. Desde aquellos tiempos hasta la actualidad, la actividad fue desarrollada por pequeños mineros y la explotación del oro se realiza utilizando procedimientos de bajo nivel tecnológico (canalón y molino de martillo); originando pérdidas por la poca eficiencia en la recuperación. Además, que éstos ponen en peligro el sistema ecológico, la seguridad del minero y su familia por la utilización de mercurio. Con este trabajo de investigación se espera aportar información valiosa, a través de los análisis e interpretaciones de los ensayos, mineralógicos, físicos y químicos, realizados a las muestras de las arenas de relaves con el fin de establecer factores y parámetros de operabilidad

para la recuperación de los metales valiosos, tales como Oro, contribuyendo así a la reutilización y aprovechamiento de este material que ocupa grandes extensiones, causando un impacto ambiental negativo.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las arenas de relaves ubicadas en las parcelas IA-11, para la recuperación de oro, sector Bizkaitarra, Las Claritas, municipio Sifontes, estado Bolívar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las características fisicoquímicas, mineralógicas y geoquímicas de las arenas de relaves.
2. Establecer posibles condiciones de procesos de recuperación de oro a partir de la caracterización.

METODOLOGÍA

En las visitas a los sectores de la pequeña minería, se procedió a tomar las muestras necesarias en la parcela para realizar los ensayos necesarios para lograr el fin perseguido en este proyecto, que es la recuperación de oro. Las características son: tipo arenas de relaves, que es el material restante que aún presenta un contenido de mineral valioso, producto de la recuperación por medio de los métodos de concentración utilizados por los pequeños mineros. El muestreo que se llevó a cabo fue de tipo aleatorio simple, ya que son depósitos de arenas de relaves poco extensos. Se tomaron equidistantemente ocho muestras, profundizando un metro con área transversal de 30 x 30 cm. Posteriormente a la caracterización se procedió a establecer los posibles flujogramas de procesamiento en función del tenor y las distribuciones granulométricas, tomando en cuenta los factores operacionales de equipos de concentración gravimétrica y procesos de lixiviación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se presentan la distribución de masas de las muestras tomadas en campo

(peso inicial) y luego de realizar las particiones a cada muestra por individual se registró que el error que conllevó la preparación fue de 1,20 %, el cual es aceptable en una preparación manual. Por otro lado, en la tabla II se muestran las distribuciones en peso porcentual de los compositos (L1(M1, M2, M3, M6) y (L2(M4, M5, M7, M8)) preparados para las tres particiones granulométricas, resultando que la fracción con mayor peso en masa es la de menor 3 mm con un 82 % en promedio.

Caracterización geoquímica de las particiones

Los análisis químicos realizados a las particiones de cada composito arrojó como resultado que la fracción con mayor tenor es la menor a 3 mm, repartido en promedio a 4,2 g/t, mientras que las fracciones por encima de 3 mm representan un tenor muy bajo, alrededor de 0,3 g/t (Tabla III). Por lo tanto, las fracciones menores a 3 mm con tenor bajo, predice la utilización de procesos de lixiviación para la recuperación de oro.

En la tabla IV se presentan la química elemental de las particiones de cada composito, donde se prevé en cuanto al teluro que las arenas pudieran ser fácilmente lixiviables, es decir, bajo niveles de refratariedad. En el caso del arsénico y el antimonio, ambos consumen oxígeno formando un producto que se adhiere a la partícula del oro inhibiendo la reacción con el cianuro. La baja concentración de plomo influye favorablemente en la disolución del oro, ya que cambia algunas características físicas de la superficie del oro, facilitando el acceso de los reactivos al metal.

Caracterización mineralógica

En la tabla V se reflejan en forma generalizada el análisis mineralógico realizado bajo el microscopio estereográfico, tomando como muestra las fracciones de la malla 35, 70 y 100 de la serie ASTM de las particiones. Como se puede observar los minerales más

Tabla I. Información recopilada del muestreo.

Muestra	Coord UTM		Peso Inicial (kg)	Peso Final(kg)	Dif Inicial - Final (kg)
	N	E			
M1	673.844	685.331	33	32,7	0,3
M2	673.853	685.408	33	32,7	0,3
M3	673.769	685.364	35	34,6	0,4
M4	673.857	685.472	34	33,4	0,6
M5	673.781	685.455	34	33,7	0,3
M6	673.707	685.387	36	35,5	0,5
M7	673.709	685.414	31	30,7	0,3
M8	673.725	685.477	30	29,5	0,5
Total			266	262,8	3,2
				Error	1,20%

predominantes son el cuarzo con un 55,65 % en promedio y la arcilla limonitizada con un 37,75 %. En las fracciones estudiadas no se detectó oro asociado, incrustado, etc, lo que predice la existencia de oro libre en tamaño muy por debajo de la malla 100, aunque, es posible encontrar oro en forma de cochanos en tamaños alrededor de la malla 35. Esto trae a colación la posibilidad de eliminar parte de cuarzo con la aplicación de procesos gravimétricos.

Caracterización fisicoquímica

Determinación de la densidad

Se determinó la densidad aparente cuyos resultados se presenta en la tabla VI.

La diferencia notable de densidades fue debido a la presencia de arcillas que al estar a una granulometría fina y en

Tabla II. Partición inicial.

Muestra	Fracción	Peso (kg)	Peso (%)
L1-1	> 1 cm	14,8	10,92
L1-2	> 3mm <1 cm	5,3	3,91
L1-3	< 3mm	115,4	85,17
Total		135,5	100
L2-1	> 1 cm	19	14,93
L2-2	> 3mm <1 cm	4,5	3,53
L2-3	< 3mm	103,8	81,54
Total		127,3	100

Tabla III. Tenores de oro de las muestras.

Muestra	g/t
L1-1	0,23
L1-2	0,34
L1-3	3,98
L2-1	0,45
L2-2	0,37
L2-3	4,5

Tabla IV. Tenores químicos de algunos elementos presentes en las muestras.

Muestra	Ag	Cu	Pb	Hg	As	Sb	Te	Zn	Fe	S	Unidad
L1-1	0,26	18,4	6,66	0,023	289	3,2	17,2	259	4042	0,34	ppm
L1-2	0,17	19,7	7,53	0,018	156	4,5	22,4	220	3131	1	ppm
L1-3	0,17	13,8	6,04	0,018	200	3,7	18,5	198	3961	2,5	ppm
L2-1	0,09	15,14	5,59	0,02	237	3,9	20,6	200	4200	0,8	ppm
L2-2	0,17	10,3	6,71	0,019	205	4	19,4	254	3426	0,6	ppm
L2-3	0,08	13,6	6,51	0,022	187	3,3	22,5	267	4024	1,9	ppm

contacto con el agua, se hinchan al atrapar parte del líquido en su estructura cristalina.

Determinación del grado de acidez

La determinación del pH es un parámetro necesario para evaluar el consumo de reactivos, teniendo en cuenta que el proceso de cianuración se realiza con un rango de pH de 10,5 a 11. Los resultados se presentan en la tabla VII.

Tabla V. Análisis mineralógico.

Mineral	Compuesto	L1 (%)	L2 (%)	Promedio
Cuarzo		71,40	39,90	55,65
Arcilla limonitizada		20,53	54,96	37,75
Mica		2,60	0,50	1,55
Óxido e Hidróxido de Fe		1,20	1,00	1,10
Anfibol		1,80	0,90	1,35
Esquisto micáceo		0,50	1,10	0,80
Turmalina		0,40	0,59	0,49
Limonita		0,54	0,10	0,32
Rutilo		0,30	0,25	0,28
Magnetita		0,49	0,36	0,42
Ilmenita		0,12	0,002	0,06
Pirita		0,13	0,34	0,24
Total		100,00	100,00	100,00

Tabla VI. Densidades aparente de cada muestra.

Muestra	t/m ³
L1-1	1,7
L1-2	1,9
L1-3	2,3
L2-1	1,9
L2-2	2,1
L2-3	2,4

Tabla VII. Acidez de las muestras.

Muestra	PH
L1-1	6,5
L1-2	5,3
L1-3	6
L2-1	6,1
L2-2	5,7
L2-3	6,4

Según los resultados de pH, las 6 muestras fueron de tipo ácido y sería necesario, antes del proceso de cianuración, la adición de reactivos, como cal para elevar el pH a los niveles requeridos.

Análisis granulométrico

De acuerdo con los resultados de los análisis químicos de las particiones, se realizaron los análisis granulométricos a las muestras cuya partición fue la de menor a 3 mm, ya que las mismas concentraban el mayor tenor de oro.

En la tabla VIII y tabla IX se presentan los resultados de los análisis granulométricos para las muestras L1-3 y L2-3, las cuales corresponden a las particiones por debajo de 3 mm de cada composito.

En la tabla VIII se observa que el mayor tenor está por debajo de la malla 35 y reporta una distribución metálica del 78,8% con un tenor de 8,63 g/t para la fracción L1-3. Caso similar se observa con la fracción L2-3 donde el tenor por debajo de la malla 35 con un promedio de 7,85 g/t con una distribución metálica del 82,72%.

Esto reflejó que es posible realizar clasificaciones granulométricas a partir de 3 mm e ir ajustando a

Tabla VIII. Análisis granulométrico correspondiente a la muestra L1-3.

Muestra	Tamaño		% Retenido	Ensayo (ppm)	% Distribución	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
	Malla	Mm					
L1-3	4	4,76	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	10	1,68	34,06	1,5	13,05	34,06	65,94
	20	0,841	22,38	1,12	6,41	56,44	43,56
	35	0,42	7,83	0,87	1,74	64,27	35,73
	65	0,21	13,28	8,79	29,82	77,55	22,45
	100	0,149	3,52	15,89	14,31	81,07	18,93
	200	0,074	4,92	8,96	11,27	85,99	14,01
	Pan	0,063	14,01	6,54	23,41	100,00	0,00
			100,00	3,91	100,00		

Tabla IX. Análisis granulométrico correspondiente a la muestra L2-3.

Muestra	Tamaño		% Retenido	Ensayo (ppm)	% Distribución	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
	Malla	Mm					
L2-3	4	4,76	0,00	0	0,00	0,00	0,00
	10	1,68	27,14	1,8	11,04	27,14	72,86
	20	0,841	20,11	1,12	5,09	47,25	52,75
	35	0,42	6,13	0,83	1,15	53,38	46,62
	65	0,21	8,66	8,5	16,64	62,05	37,95
	100	0,149	2,75	17,4	10,81	64,80	35,20
	200	0,074	5,81	9,2	12,09	70,61	29,39
	Pan	0,063	29,39	6,5	43,18	100,00	0,00
			100,00	4,4	100,00		

tamaños hasta 210 micras, de acuerdo a los ensayos químicos del análisis granulométrico.

Establecimiento de las posibles condiciones de los procesos de recuperación de los metales a partir de la caracterización

Una vez obtenidos los análisis de las partículas menores a 3 mm, las cuales poseen un mayor tenor de oro y mayor abundancia en minerales de cuarzo, de esta manera tratar de eliminar la mayor cantidad de cuarzo, debe aplicarse un proceso gravimétrico, en este caso se escogió la mesa de sacudidas y el espiral, ya que se aplican a partículas desde 3 mm a

75 μm (Alcalá E., Flores A. y Beltrán A., 2010). Para que el proceso de lixiviación tenga éxito, la granulometría del mineral debe ser de 0,038 mm, de tal manera que pase por la malla 200 (González, V., 2002). En cuanto al pH de la muestra se debe de agregar químicos para obtener las condiciones requeridas.

A continuación se muestran las posibles condiciones de procesamiento para la recuperación del oro.

En la figura 1 se presenta el primer planteamiento del proceso para el aprovechamiento de las arenas.

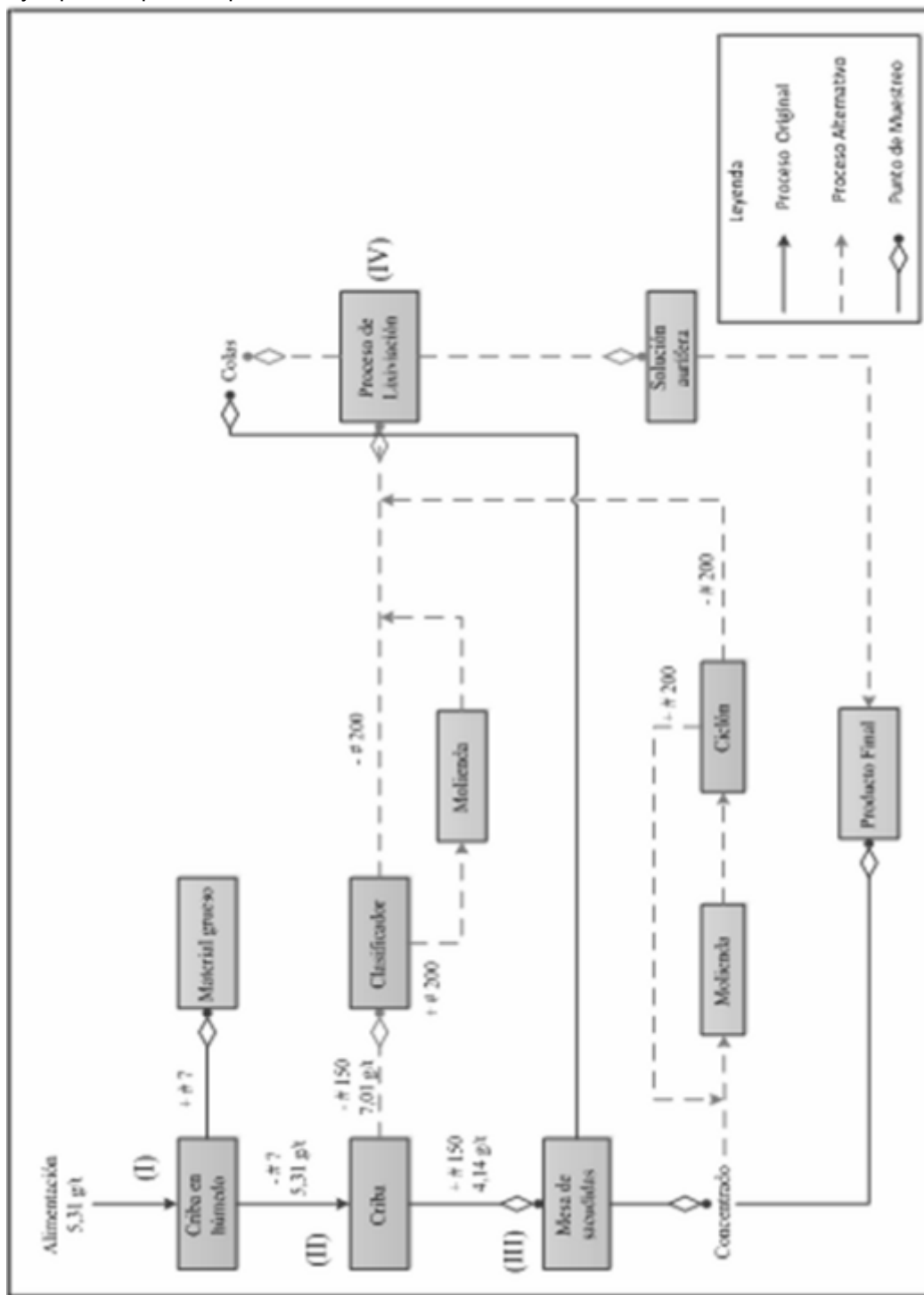


Figura 1. Flujoograma de recuperación de minerales con mesa de sacudidas.

Etapal

El material (con un tenor de 5,31 g/t) se depositará en una tolva que alimentará un panel de cribas 1 cm, 0,5 cm y 2,294 mm (malla 7) por vía húmeda para la eliminación del material grueso por encima de la malla 7 (2,294mm) que será considerado desecho, al cual se le realizará análisis químico para control metalúrgico.

Etapal II

El material pasante de la malla 7 pasaría por una segunda etapa de clasificación (criba), donde obtendrá un rango de partículas menor a la malla 7 y superior a la malla 150, material que será alimentado a la mesa de sacudidas, posterior a esto se realiza el análisis químico. El material pasante a la malla 150 (con un tenor de 7,01 g/t) se le realizará el análisis químico, luego pasará por otro sistema de clasificación donde la partículas menores a la malla 200 (0,074 mm) será enviada al proceso de lixiviación. Las partículas retenidas en la malla 200 pasarán por un proceso de molienda para luego ser enviado al proceso de lixiviación.

Etapal III

Del material (con un tenor de 4,14 g/t) procesado en la mesa de sacudida (concentración gravimétrica) se obtendrá el concentrado y las colas. Si el concentrado obtenido posee un alto tenor (al menos 80% de oro, es decir, alta recuperación) éste pasará por los procesos subsiguientes para la refinación. Si el concentrado es pobre (baja recuperación) este material pasaría a un proceso de conminución (molienda) en circuito cerrado, garantizado un tamaño de partículas menores a la malla 200 (0,074mm), el cual será enviado al proceso de lixiviación.

Etapal IV

El material con granulometría pasante por la malla 200 se enviará al proceso de lixiviación, el cual es utilizado generalmente para tratar menas de bajo tenor, o en su defecto, colas provenientes de otro proceso, y se basa en la disolución de los elementos valiosos. Se deberá realizar ensayos de control para verificar si

la concentración de cianuro y la acidez de la pulpa se mantengan a un pH de 10,5-11. Luego de obtener la solución aurífera pasará por una serie de etapas para obtener un producto final.

En la figura 2 se presenta el segundo planteamiento de proceso para el aprovechamiento de las arenas.

Etapal I

El material se depositará en una tolva (con un tenor de 5,31 g/t) que alimentará un panel de cribas 1cm, 0,5 cm y 2,294 mm por vía húmeda. Las partículas por encima de la malla 7 (2,294 mm), pasarán a un proceso de molienda, para así obtener un tamaño menor a 2,294 mm.

Etapal II

El material pasante por la malla 7 (con un tenor de 5,31 g/t) se le realiza un análisis químico, luego pasará a un concentrador en espiral (3 mm-75 µm), en el cual se obtienen dos productos, a los cuales se le realizarán análisis químicos: las colas (que serán enviadas hacia el depósito correspondiente) y el concentrado.

Si el concentrado posee un alto tenor pasará por los procesos subsiguientes para obtener el producto final. Si el concentrado es pobre este material pasará por un proceso de molienda y una vez reducido el material será clasificado mediante un ciclón donde las partículas menores a la malla 200 (0,074 mm) serán enviadas al proceso de lixiviación.

Etapal III

El material entrante en esta etapa será procesado por el método de lixiviación, previo a éste se le hará el análisis químico. Se deberá realizar ensayos de control, luego de obtener la solución aurífera.

CONCLUSIONES

- Los resultados de los análisis mineralógicos realizados sobre los compositos permiten observar que todas las muestras analizadas presentan contenido apreciable de cuarzo y arcilla limonitizada con promedio de 55,65 % y 37,75 %, respectivamente, cuyo material pudiera ser eliminado con la aplicación de concentraciones

gravimétricas, tales como pre-concentrado y posteriormente aplicar el proceso de lixiviación para obtener el metal de oro.

- Los análisis químicos de la fracción menor a 3 mm para L1-3 y L2-3 arrojó un tenor de oro de 3,98 g/t y 4,5 g/t, respectivamente, esto predice la utilización de proceso de lixiviación, también reflejó la presencia de arsénico y antimonio, lo cual dificulta las reacciones con cianuro. Sin embargo, la presencia baja de plomo favorece la disolución del oro, permitiendo el acceso de los reactivos al metal.

- De acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras es necesario la utilización de procesos gravimétricos para la eliminación del cuarzo presente, de igual forma se requiere la utilización de equipos de molienda y de clasificación para ir ajustando el tamaño de las partículas para el proceso de lixiviación, ya que ambos procesos requieren de ciertos parámetros operacionales para de esta forma obtener un alto beneficio.

REFERENCIAS

- Alcalá E., Flores A. y Beltrán A. (2010). *Manual de entrenamiento en concentración de minerales*. Disponible en <http://www.mineriacatamarca.gov.ar/>
- Domic, E., (2001). *Hidrometalurgia, fundamentos, procesos y aplicaciones*. Santiago de Chile. Editorial Null.
- González, V., (2002). *Concentración de minerales*. Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Minas, Ciudad Bolívar-Venezuela. Trabajo no publicado.

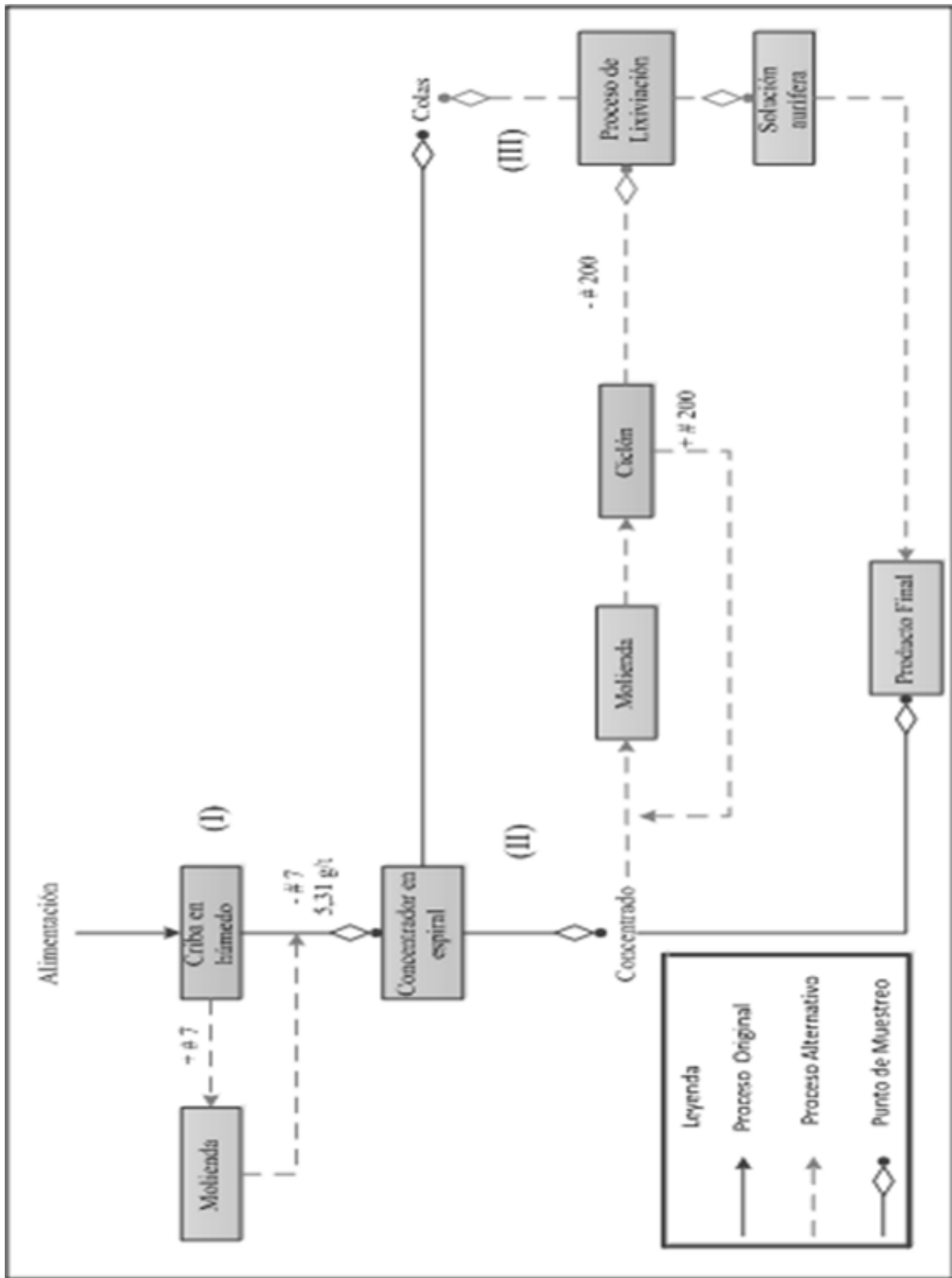


Figura 2. Flujo de recuperación de minerales con concentrador en espiral.