

Main gold mining companies using cyanidation leaching processes in Peru

Kevin Daniel Rondo-Jalca¹, Abel Nehemías Santos-Gonzales¹, Iris Celeste Villalobos-Segura¹, Juan Antonio Vega-Gonzalez, Dr.², Marco Antonio Cotrina-Teatino, Dr.¹, Hans Roger Portilla-Rodríguez, Mg.³

¹Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, krondo@unitru.edu.pe, ansantosg@unitru.edu.pe, ivillalobos@unitru.edu.pe, mcotrinat@unitru.edu.pe

²Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, jvega@unitru.edu.pe

³Departamento de Ciencias, Universidad Privada del Norte, Perú, hans.portilla@upn.pe

Abstract– The objective of the study was to analyze the cyanidation leaching processes of the companies with the highest gold production in Peru. The approach was descriptive, in which bibliographic records were searched and retrieved from different relevant and reliable sources of information, which were analyzed by means of graphs and tables to classify the information. It was obtained that the main gold producing companies that used the cyanidation leaching process in 2021 were: Compañía Minera Poderosa S.A, Minera Yanacocha S.R.L., Minera Aurífera Retamas S.A., Consorcio Minero Horizonte S.A., Compañía Minera Arés S.A.C. and Shahuindo S.A.C. with 856 003; 552 723; 528 537; 531 027; 452 088 and 485 941 grams of fine gold respectively; also the highest plant capacity was reported by Minera Yanacocha S.R.L. with 87 000 MT/day; on the other hand Compañía Minera Poderosa S.A. reported the highest head grade and recovery of 17.89 g/t Au and 91.84 % respectively; all the mining companies identified use the cyanide leaching process and most of them use the Merrill Crowe process for gold precipitation. It was concluded that Compañía Minera Poderosa is the largest gold producer at national level, and reached its highest production in 2019 being 314 thousand oz of Au, also in that year its highest head grade was obtained which was 19.17 g/t Au.

Keywords-- Cyanidation, leaching, Merrill Crowe, production.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Principales empresas mineras productoras de oro que utilizan procesos de lixiviación por cianuración en el Perú

Kevin Daniel Rondo-Jalca¹, Abel Nehemías Santos-Gonzales¹, Iris Celeste Villalobos-Segura¹, Juan Antonio Vega-Gonzalez, Dr.², Marco Antonio Cotrina-Teatino, Dr.¹, Hans Roger Portilla-Rodríguez, Mg.³

¹Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, kronto@unitru.edu.pe, ansantosg@unitru.edu.pe, ivillalobos@unitru.edu.pe, mcotrinat@unitru.edu.pe

²Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, jvega@unitru.edu.pe

³Departamento de Ciencias, Universidad Privada del Norte, Perú, hans.portilla@upn.pe

Resumen– El objetivo del estudio fue analizar los procesos de lixiviación por cianuración de las empresas con mayor producción de oro en el Perú. El enfoque fue descriptivo, en el cual se buscó y recuperó registros bibliográficos de distintas fuentes de información relevantes y confiables, que se analizaron mediante gráficos y tablas permitiendo clasificar la información. Se obtuvo que las principales empresas productoras de oro que utilizaron el proceso de lixiviación por cianuración en el 2021 fueron: Compañía Minera Poderosa S.A., Minera Yanacocha S.R.L., Minera Aurífera Retamas S.A., Consorcio Minero Horizonte S.A., Compañía minera Ares S.A.C. y Shahuindo S.A.C. con 856 003; 552 723; 528 537; 531 027; 452 088 y 485 941 gramos de oro fino respectivamente; además la mayor capacidad de planta lo tiene Minera Yanacocha S.R.L. con 87 000 TM/día; por otro lado Compañía Minera Poderosa S.A. reportó la mayor ley de cabeza y recuperación siendo estos de 17.89 g/t de Au y 91.84 % respectivamente; todas las empresas mineras identificadas utilizan el proceso de lixiviación con cianuro y la mayor parte de ellas utiliza el proceso Merrill Crowe para la precipitación del oro. Se concluyó que Compañía Minera Poderosa es la mayor productora de oro a nivel nacional, y alcanzó su mayor producción en el 2019 siendo de 314 mil oz de Au, además en ese año se obtuvo su mayor ley de cabeza que fue de 19.17 g/t de Au.

Palabras clave: Cianuración, lixiviación, Merrill Crowe, producción.

I. INTRODUCCIÓN

La hidrometalurgia es la raíz que abarca la lixiviación y contiene los procesos que ocurren en base acuosa, posibilitando la extracción, obtención de algunos metales y compuestos encontrados en sus minerales, las etapas de los procesos hidrometalúrgicos involucran: Lixiviación, purificación y concentración, recuperación del metal [1].

El oro y la plata muchas veces se encuentran en minerales refractarios que son difíciles de recuperar por procesos convencionales; algunos ejemplos comunes de ello es cuando el oro y la plata están en sulfuros de hierro, estos se pueden encontrar comúnmente formando arsenopirita o pirita; para liberar los metales preciosos de estos minerales se requiere un tratamiento de preoxidación en la matriz de sulfuros, donde los metales tienen un contacto directo con el reactivo lixivante [2]. Según [3], la cianuración de oro es eficaz, estable químicamente y con un costo bajo, tiende a ser rentable económicamente, pero el efecto de esta causa daños al medio ambiente y los seres humanos.

En este proceso se adoptan otras medidas como son las pruebas de lixiviación con carbón activado para recuperar el oro de las soluciones de lixiviación con cianuro. Este proceso ofrece altas tasas de recuperación y bajos costos operativos y de capital [4].

En el proceso Merrill Crowe, la cianuración del concentrado gravimétrico después de eliminar los finos y tener la solución clarificada, se elimina el oxígeno y pasa a un tanque de agitación cerrado herméticamente, donde luego se le adiciona polvo de zinc y acetato de plomo para la precipitación del oro y plata [5].

El mineral oxidado con lixiviación con cianuro presenta ciertos aspectos claves que influyen en la hidrometalurgia del Au, incluyendo la eliminación del cianuro residual del proceso, el análisis de las cantidades de reactivos consumidos y la recuperación del oro extraído [6].

Las pruebas metalúrgicas son esenciales para extraer, tratar y evaluar el comportamiento que sufre el oro tras la lixiviación, con la finalidad de conseguir resultados preliminares como el consumo de reactivos del mineral y el porcentaje de extracción [7].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación tuvo un enfoque de estudio descriptivo, el cual buscó y recuperó los registros bibliográficos de distintas fuentes de información, en este proceso destacan las plataformas digitales de las compañías mineras en el Perú, además se recolectó información de tesis, artículos científicos, informes, libros y páginas web relevantes y confiables. La información fue clasificada y organizada mediante gráficos y tablas, con la finalidad de identificar y analizar la investigación recopilada sobre los procesos de lixiviación con cianuración de las empresas mineras productoras de oro en Perú, así mismo obtener las capacidades de sus plantas en (Tm/día), y otros factores que influyen en su producción como son: La recuperación (%) y la ley de cabeza(g/t) y principales insumos utilizados para el proceso de lixiviación con cianuración.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Empresas mineras con mayor producción de oro en el Perú

Según los últimos reportes del boletín estadístico minero del mes de octubre y noviembre del 2022 [8] [9] las empresas mineras con mayor producción de oro son: Compañía Minera Poderosa S.A, Minera Yanacocha S.R.L., Minera Aurífera Retamas S.A.(MARSA), Consorcio Minero Horizonte S.A.(CMHSA), Compañía minera Ares S.A.C. y Shahuindo S.A.C. con 856 003; 552 723; 528 537; 531 027; 452 088; 485 941 gramos de oro fino respectivamente en el mes de noviembre del 2022 como se muestra en la Fig. 1.

De acuerdo a investigaciones realizadas se obtuvo que estas empresas mineras para recuperar el oro lo realizan mediante el proceso de lixiviación, lo cual muestra la importancia y frecuencia del uso de este método en el Perú tanto para la explotación superficial y subterránea.

Las empresas mineras con explotación superficial son: Minera Yanacocha S.R.L., Shahuindo S.A.C; y las empresas mineras con explotación subterránea son: Compañía Minera Poderosa, MARSA, CMHSA, y Compañía minera Ares S.A.C.

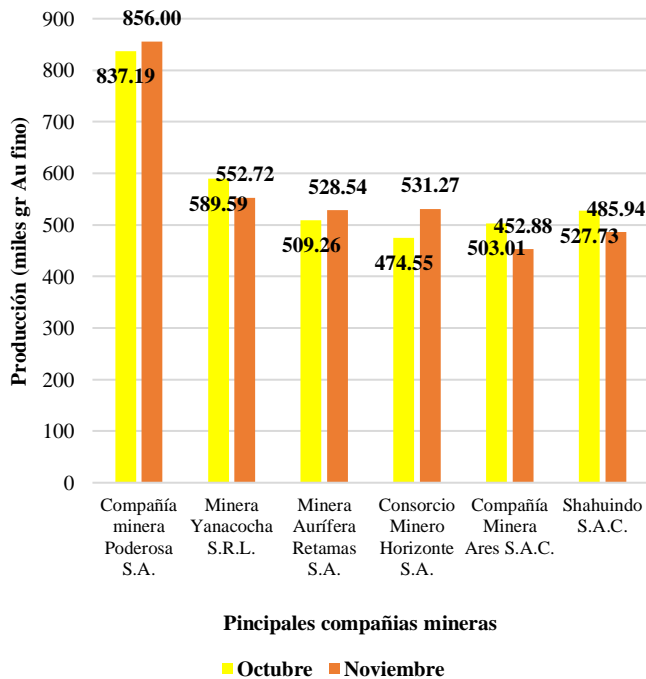


Fig. 1 Producción en gramos finos de oro en octubre del 2022 en las principales empresas mineras del Perú

B. Capacidad de planta de las empresas mineras con mayor producción de oro en el Perú

Un aspecto importante de la producción de oro en las empresas mineras es la capacidad de su planta, ya que esta

influye directamente en la producción [10]. Compañía Minera Poderosa S.A. cuenta con dos plantas donde se realiza los procesos de recuperación de oro utilizando la lixiviación con cianuro, estas plantas son Maraño y Santa María, las cuales tienen capacidades de 880 toneladas por día [11]; Minera Yanacocha S.R.L. dispone de 87 000 toneladas métricas por día como capacidad de planta [12]; Minera Aurífera Retamas S.A. tiene una planta de 1 250 toneladas métricas por día de capacidad [13]; Compañía Minera Ares S.A.C. posee una planta de capacidad de 4 200 toneladas por día [14]; Shahuindo tiene una capacidad de planta de 36 000 toneladas métricas por día [15] y Consorcio Minero Horizonte S.A. tiene una planta de capacidad de 2 000 toneladas por día [16] esta información es mostrada en la Tabla I.

TABLA I
CAPACIDAD DE PLANTA DE LAS PRINCIPALES EMPRESAS MINERAS PRODUCTORAS DE AU

Empresa Minera	Planta	Capacidad de Planta (t/día)
Compañía Minera Poderosa S.A.	Maraño y Santa María	1960
Minera Yanacocha S.R.L.	Yanacocha	87000
Minera Aurífera Retamas S.A.	MARSA	1250
Compañía Minera Ares S.A.C.	Ares	4200
Shahuindo S.A.C.	Shahuindo	36000
Consorcio Minero Horizonte S.A.	Parcoy	2000

C. Factores que influyen en la producción en las principales minas productoras de oro en el Perú

Según [10] y los datos mostrados en la Fig. 1 se tiene que la capacidad de la planta influye en la producción del oro, sin embargo, este factor no es el único que se debe tomar en cuenta; en la Fig. 2 se muestra otros factores importantes en este proceso, entre ellos tenemos a: La ley cabeza en gramos de Au por tonelada y el porcentaje de recuperación de la planta mostrado en porcentaje; así mismo se aprecia que las leyes altas están presentes en las empresas mineras que se dedican a la explotación subterránea como son Compañía minera Poderosa, MARSA, Compañía Minera Ares y CMHSA, las que tienen leyes de 17.9; 13.0, 10.6 y 11.7 gramos de oro por tonelada respectivamente [13] [14] [16] [17]. Por otra parte, la recuperación metalúrgica varía para cada empresa minera debido a que esto está en relación a los procesos y parámetros

utilizados en la recuperación del oro. Las plantas Marañón y Santa María de Compañía Minera Poderosa S.A. presentan la mayor recuperación de oro siendo este de 91.8 %.

El porcentaje de recuperación mediante lixiviación depende de muchos factores como el tiempo de lixiviación, concentración del agente lixivante, tamaño de partícula del elemento sólido, velocidad de agitación, concentración de interés en el mineral y temperatura de lixiviación [18]. En la Fig. 2 se observa los porcentajes de recuperación para las empresas con mayor producción de oro en el Perú que usan el proceso de lixiviación, se tiene que Compañía Minera Poderosa cuenta con la mayor recuperación con el 91.8 % [17], seguido por MARSA con 85 % de recuperación [13], Shahuindo S.A.C. con 72.5 % de recuperación [19], Minera Yanacocha S.R.L. con una recuperación del 72 % [20], CMHSA con 72 % [16] y finalmente Compañía Minera Ares S.A.C. con el 70 % de recuperación [21].

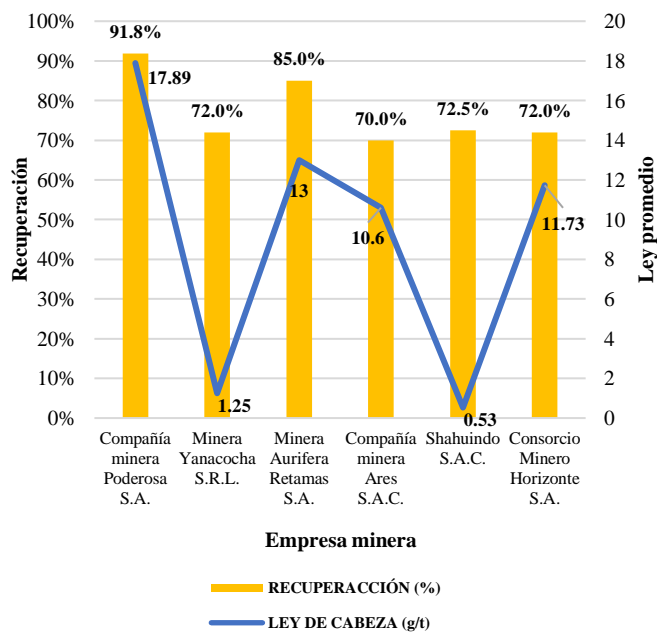


Fig. 2 Recuperación y ley de cabeza de las empresas mineras con mayor producción de oro en el Perú

D. Comparación de procesos de lixiviación en las principales minas productoras de Au en el Perú

La Tabla - II sintetiza los procesos de lixiviación por cianuración utilizados en las principales compañías mineras en producción de Au en el Perú, en donde todas estas realizan la lixiviación por cianuración, ya sea mediante pilas o tanques, así mismo la precipitación del oro en muchos de ellos se da mediante el proceso Merrill Crowe.

Compañía Minera Poderosa S.A. que es la principal productora de oro, esta realiza el proceso de lixiviación con cianuración directa, realizándose la cianuración principalmente en la molienda y remolienda para incrementar la recuperación

del oro; una vez que se disuelve el oro se precipita mediante el proceso Merrill Crowe en donde se agrega polvo de zinc, para posteriormente ser fundido y obtener como producto final barras dore.

Compañía Minera Poderosa S.A., Minera Yanacocha S.R.L., Minera Aurífera Retamas S.A., Consorcio Minero Horizonte S.A. y Compañía Minera Ares S.A.C. utilizan Merrill Crowe en la precipitación del oro para obtener una mayor recuperación.

TABLA - II
DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE LIXIVIACIÓN EN LAS PRINCIPALES EMPRESAS MINERAS

Empresa Minera	Descripción del Proceso de Lixiviación
Compañía minera Poderosa S.A.	Plantas: Marañón y Santa María; Lixiviación cianuro en tanques - iniciando en molienda y remolienda; recuperación: Merrill Crowe; producto final: Barra dore.
Minera Yanacocha S.R.L.	Lixiviación cianuración: Pilas, Gold Mill (planta de chancado y molino SAG); recuperación: Carbón activado (ADR), Merrill Crowe; producto final: Barra dore.
Minera Aurífera Retamas S.A.	Lixiviación cianuración: Tanques; recuperación: Merrill Crowe; producto final: Barra dore.
Compañía minera Ares S.A.C.	Lixiviación cianuración: Pilas o Gold Mill (planta de chancado y molino SAG); recuperación: Merrill Crowe; producto final: Barra dore.
Shahuindo S.A.C.	Lixiviación cianuración: Pilas, recuperación: Carbón activo (ADR); producto final: Barra dore.
Consorcio Minero Horizonte S.A.	Lixiviación cianuración: Tanques; recuperación: Merrill Crowe y carbón activado; producto final: Barra dore.

En la actualidad existen empresas que brindan servicios de lixiviación por cianuración usando principalmente el proceso de carbón activado (CIP) para la recuperación del oro entre estas destacan a la unidad moinera Las Lomas Doradas S.A. ubicada en Piura, esta cuenta con los procesos de chancado, molienda, clasificación, cianuración y carbón en Pulpa [22]; así mismo se tiene a la planta de beneficio de oro de JONGOS E.I.R.L. ubicado en el caserío Casgabamba, distrito de Sarín, la Libertad; el cual comprende procesos de chancado/clasificación, molienda, lixiviación, adsorción, desorción y producción de oro [23]; también se tiene a Minera Veta Dorada S.A.C ubicada en Pampa Salinas, distrito de Chala, provincia de Caravelí, Arequipa, la cual cuenta con una planta de procesamiento donde se llevan a cabo los procesos de almacenamiento; trituración primaria, secundaria y terciaria; molienda/clasificación; cianuración; adsorción sobre carbón activado (CIP); electrodeposición, desorción, refinera y

depósitos de relaves [24]; otro ejemplo es Minera Aurífera Nazca ubicada en la provincia de Nazca y Caravelí, en donde se aplica el proceso de gravimetría - amalgamación de minerales con alta ley en Au, y el proceso de cianuración de minerales con baja ley en Au [25] y la planta de La Joya, distrito La Joya, poblado de San José, región Arequipa; esta cuenta con los procesos de recepción, cancha de minerales y preparación mecánica, chancado primario y secundario, molienda primaria y secundaria, lixiviación y adsorción (CIP), desorción y refinado [26]; entre otras empresas que generalmente se encuentran en la zona costera del Perú.

E. Principal empresa productora de oro en el Perú

En 2021 según el reporte del ESTAMIN en su boletín estadístico minero [27], se tiene que Compañía Minera Poderosa S.A. ocupó el primer lugar en producción de oro en gramos finos en el Perú.

1) Principales insumos en la recuperación de oro para la Compañía Minera Poderosa S.A.

En la Fig. 3 muestra la producción de oro y el consumo de principales insumos para la recuperación de oro en Poderosa; en el año 2017 se alcanzó 255 mil oz Au y los principales insumos fueron de 427 mil kg de cianuro, 535 mil kg de cal y 23 mil kg de polvo de zinc [28]; en 2018 se generó 280 mil oz Au y los insumos fueron de 448 mil kg de cianuro, 507 mil kg de cal y 24 mil kg de polvo de zinc [29]; en 2019 se consiguió 314 mil oz Au siendo el año con mayor producción y los insumos fueron de 500 mil kg de cianuro, 718 mil kg de cal y 30 mil kg de polvo de zinc [30]; en 2020 se obtuvo 265 mil oz Au y los insumos fueron de 482 mil kg de cianuro, 717 mil kg de cal y 24 mil kg de polvo de zinc [31] y finalmente en el año 2021 se produjo 298 mil oz Au y los insumos fueron de 552 mil kg de cianuro, 772 mil kg de cal y 30 mil kg de polvo de zinc [17].

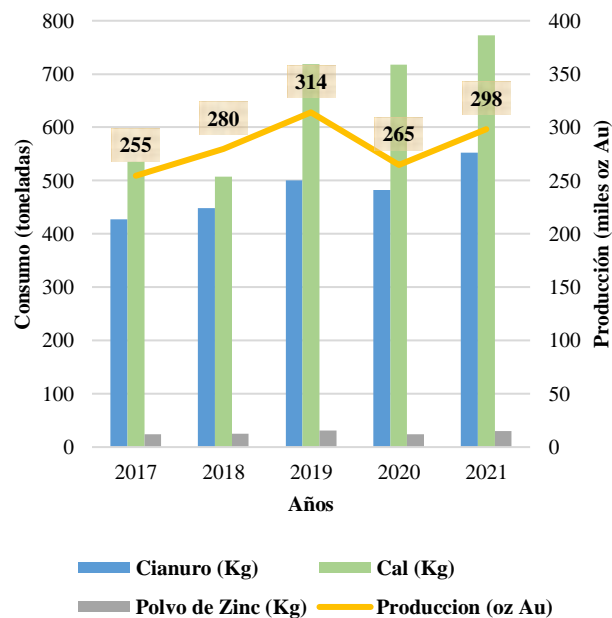


Fig. 3 Producción de oro e insumos en Compañía Minera Poderosa S.A. 2017 - 2021

En la Fig. 4 se observa el consumo de los principales insumos utilizados en las plantas Marañón y Santa María para la recuperación de oro, en donde mayor consumo de bolas fue en el 2019 con 1.625 kg/t, esta cantidad fue reduciendo y en el año 2021 se tuvo 1.519 kg/t, adicionalmente su consumo promedio desde el 2017 al 2021 fue de 1.386 kg/t; por otra parte, el consumo de cianuro en este periodo fue en aumento; donde en el año 2017 se tuvo el menor consumo siendo de 0.868 kg/oz y para el año 2021 aumento a 0.983 kg/oz siendo este el año con mayor consumo y se tiene que el promedio de los años 2017 al 2021 fue de 0.921 kg/oz; en cuanto al consumo de cal fue mayor en el año 2020 con un total de 1.458 kg/t y el menor consumo fue en el año 2018 con 1.014 kg/t y el promedio fue de 1.237 kg/t de cal.

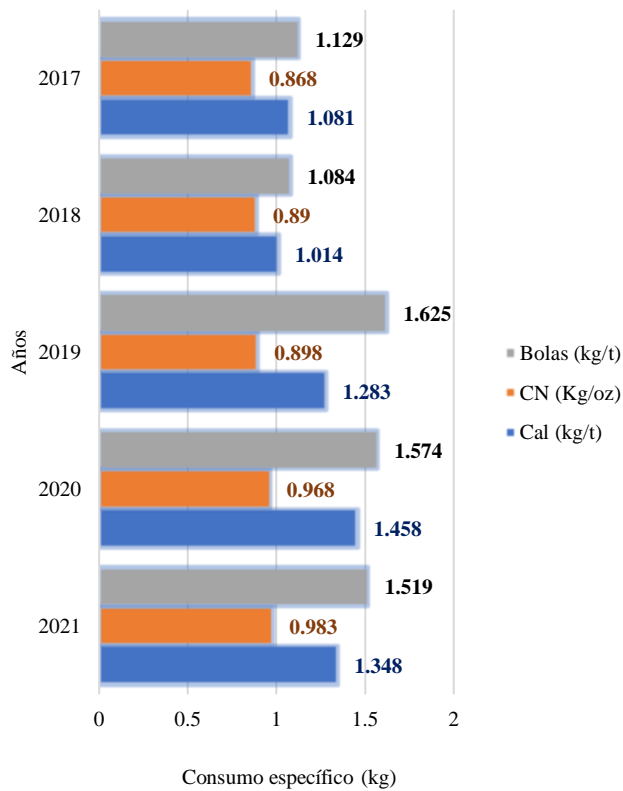


Fig. 4 Consumo específico de principales insumos en Compañía Minera Poderosa S.A. 2017 – 2021

1) Principales factores en la recuperación de oro en Compañía Minera Poderosa S.A.

La Fig. 5, Fig. 6 y Fig. 7 muestran los principales factores que influyen en la recuperación de oro; entre ellos tenemos al total de mineral tratado en planta el cual fue variado a lo largo de los años, siendo el valor mínimo de 488 mil toneladas en 2017 y el mayor valor fue de 565 toneladas en el año 2021; la ley de cabeza entre los años 2017 al 2021 tiene como promedio 18.42 gramos de Au por tonelada y el porcentaje de recuperación se mantuvo mayor al 90 %.

En el 2017 se procesaron 488 mil toneladas de mineral, con una ley de cabeza de 17.9 g/t de Au y el 90.69 % de recuperación; en 2018 se procesaron 500 mil toneladas de mineral, con ley de cabeza de 19.12 g/t de Au y el 90.95 % recuperación; en 2019 se procesaron 555 mil toneladas de mineral, con una ley de cabeza de 19.17 g/t de Au y una recuperación de 91.71 % siendo este el año que alcanzó la mayor producción de Au como se observa en la Fig. 3; en 2020 se procesaron 498 mil toneladas de mineral y ley de cabeza de 18.02 g/t de Au con el 91.58 % de recuperación; en 2021 se procesaron 565 mil toneladas de mineral siendo el mayor procesamiento entre los años 2017 al 2021, y la ley de cabeza en este año fue de 17.89 g/t de Au y tuvo una recuperación de 91.84 %.

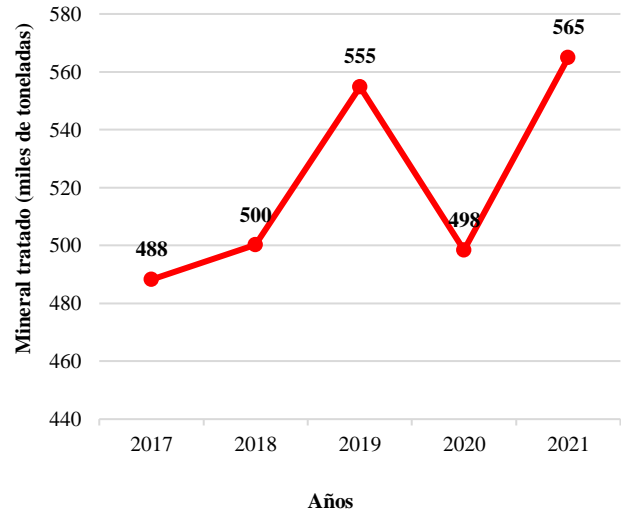


Fig. 5 Mineral tratado por Compañía Minera Poderosa S.A. 2017 – 2021

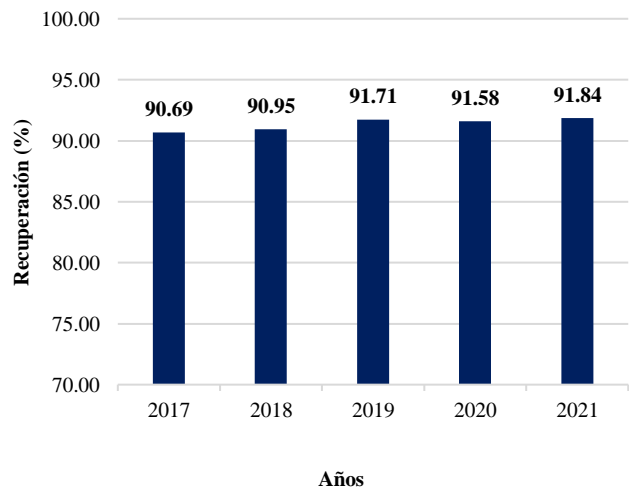


Fig. 6 Recuperación de Compañía Minera Poderosa S.A. 2017 - 2021

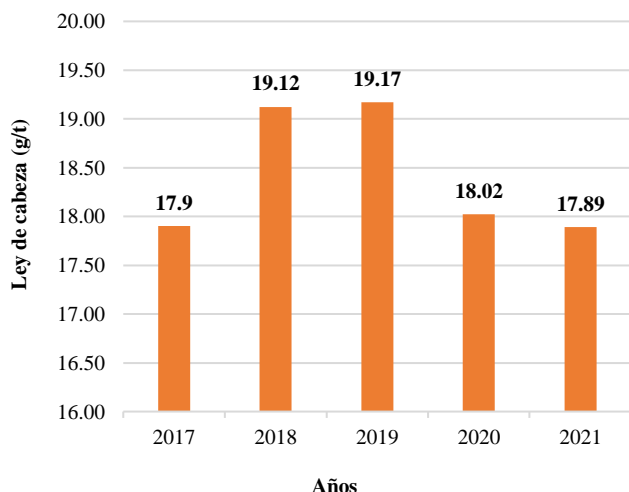


Fig. 7 Ley de cabeza de Compañía Minera Poderosa S.A. 2017 – 2021

IV. CONCLUSIONES

Según el boletín estadístico minero de noviembre del 2022, las principales empresas mineras según su producción de oro en el Perú son: Compañía Minera Poderosa S.A, Minera Yanacocha S.R.L., Minera Aurífera Retamas S.A., Consorcio Minero Horizonte S.A., Compañía minera Ares S.A.C. y Shahuindo S.A.C. con 856 003; 552 723; 528 537; 531 027; 452 088 y 485 941 gramos de oro fino respectivamente.

Minera Yanacocha S.R.L cuenta con la mayor capacidad de planta siendo esta de 87 000 TM/día, seguido por Shahuindo S.A.C. con 36 000 TM/día, Compañía Minera Ares S.A. con 4 200 TM/día, Consorcio Minero Horizonte S.A. con 2 000 TM/día, Compañía Minera Poderosa S.A. con 1 960 TM/día y finalmente Minera Aurífera Retamas S.A. con 1250 TM/día.

Compañía Minera Poderosa S.A es la empresa minera que cuenta con la mayor recuperación y ley de cabeza, siendo estas de 91.84 % y 17.89 g/t de Au respectivamente en el año 2021; siendo estos factores influyentes en la producción de oro.

Compañía Minera Poderosa S.A, Minera Yanacocha S.R.L., Minera Aurífera Retamas S.A., Consorcio Minero Horizonte S.A., Compañía Minera Ares S.A.C. y Shahuindo S.A.C. utilizan el proceso de lixiviación por cianuración; además estas empresas mineras a excepción Shahuindo S.A.C. utilizan Merrill Crowe para la precipitación del oro y obtener una mayor recuperación.

La principal empresa minera productora de oro por lixiviación fue Compañía Minera Poderosa, esta alcanzó su mayor producción en el 2019 siendo de 314 mil oz de Au, así mismo en ese año se obtuvo su mayor ley de cabeza que fue de 19.17 g/t de Au y el mayor porcentaje de recuperación lo obtuvieron en el 2021 con el 91.84 %.

V. REFERENCIAS

[1] D. Juan, A. Perales, "Ecological treatment of waste products from zinc hydrometallurgy". Hydrometallurgy, vol 94, pp. 1123-1151, 2014.

[2] E. Salinas, R. Isauro, "Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono". Revista de la Sociedad Química de México, vol 48, December 2004.

[3] C. Sun, X. Zhang, J. Kou, Y Xing, "A review of gold extraction using noncyanide lixiviants: Fundamentals, advancements, and challenges toward alkaline sulfur-containing leaching agents". International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, vol 27, pp. 417–431, April 2020.

[4] P. Apaza, K. Luzbela, "Estudio de la lixiviación por agitación empleando el proceso CIP para la recuperación de oro de la minera de ECO CORI S.A Juliaca". Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. 2018.

[5] Ciclo de vida y análisis de riesgo del cianuro en la planta de procesos de orcopampa, C. Valle <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0091.pdf>

[6] M. Mas, L. Aguirre, Y. Amaya, "Comparison of conventional and carbon in pulp leaching processes in gold hydrometallurgy". Minerals Engineering, vol 16, pp. 27-33, 2005.

[7] E. Tribiños, "Evaluación preliminar de la extracción de au a partir de pruebas metalúrgicas de un mineral con alteración sílice granular en UEA Valeria – Anabi SAC - Grupo Aruntani", Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa. 2018.

[8] Boletín estadístico minero - Edición N° 10-2022, ESTAMIN. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3908974/BEM%2010-2022.pdf?v=1670333478>

[9] Boletín Estadístico Minero - Edición N° 11-2022, ESTAMIN. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4023198/BEM%2011-2022.pdf?v=1672945433>

[10] E. Lava, "Ampliación de planta de beneficio minera Paraiso S.A.C. de 50 tmd a 250 tmd", Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa. 2018.

[11] Procesos, Poderosa. <https://www.poderosa.com.pe/operaciones/procesos>

[12] I. Calcina, "Propuesta de mejora de la recuperación de oro a través del proceso de Merrill Crowe en el área de desorción de la planta La Joya Mining SAC", Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa. 2019.

[13] J. Arteaga, "Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región La Libertad", Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco. 2021.

[14] Ares avanza en objetivo de extender la vida útil de mina Inmaculada, Tiempo Minero. <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/ares-avanza-en-objetivo-de-extender-la-vida-util-de-mina-inmaculada/>

[15] Planta de trituración y procesamiento de mineral en la Mina de Shahuindo, OHLA . <https://ohla-group.com/portfolio-item/planta-de-trituracion-y-procesamiento-de-mineral-en-la-mina-de-shahuindo-peru/>

[16] A. Cutti, "Tratamiento de los relaves de flotación para optimizar el proceso de cianuración orientado a mejorar la recuperación del oro en la compañía minera horizonte s.a.", Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. 2021.

[17] Informe anual de sostenibilidad 2021, Poderosa. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/memorias/reporte-sostenibilidad-2021.pdf>

[18] L. Lombana, A. Saavedra, F. Correa, "Variables influyentes en el proceso de lixiviación para la recuperación de metales contenidos en lodos galvánicos", Revista Semilleros: Formación Investigativa, vol 4, PP. 93-104, September 2018.

[19] F. Silva, C. Alvarez, N. Chariarse, F. Huisa, C. Liñan, P. Gutierrez , et al, "Geometalurgia del depósito Au-Ag Shahuindo en rocas pelíticas de las formaciones Carhuaz y Farrat", PROEXPO2019, 2019.

[20] Manejo de Pilas de Lixiviación de Oro en Minera Yanacocha S.R.L., J. Manrique. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/manrique_mj/ca_p3.pdf

[21] R. Ortiz, "Análisis químico de minerales para la exploración, explotación y proceso de lixiviación de la compañía minera ares s.a.c.", Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2015.

[22] R. Machaca, "Evaluación de los parámetros de operación en la Minera Las Lomas Doradas S.A.C.", Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa. 2014.

- [23] Planta de Beneficio de Minerales Auríferos Jongos”, JONGOS E.I.R.L. <https://es.scribd.com/document/376210268/Cap-1-Resumen-Ejecutivo-jongos>
- [24] S. Saravia, “Optimización del proceso de cianuración en la Minera Veta Dorada S.A.C.”, Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa. 2018.
- [25] E. Mamani, “Estudio de investigación para el procesamiento de minerales auríferos de la franja minera aurífera nazca”, Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa. 2015.
- [26] J. Yana, “Optimización del proceso de cianuración de oro en la planta de la Joya Mining”, Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa. 2018.
- [27] Boletín Estadístico Minero - Edición N° 12-2021, ESTAMIN. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2802527/BEM%20%2012-2021.pdf.pdf?v=1644589735>
- [28] Informe anual de sostenibilidad 2017, Poderosa. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/memorias/2017.pdf>
- [29] Informe anual de sostenibilidad 2018, Poderosa. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/memorias/2018.pdf>
- [30] Informe anual de sostenibilidad 2019, Poderosa. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/memorias/2019.pdf>
- [31] Informe anual de sostenibilidad 2020”, Poderosa. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/memorias/memoria-2020.pdf>