



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel
de planta

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autores

Ian Brian Edwin Ordoñez Rosales

Elmer Alarcon Somoza

Asesor

M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez

Huacho - Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Ian Brian Edwin Ordoñez Rosales	74309695	21 – 08- 2024
Elmer Alarcon Somoza	76030492	21 – 08- 2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Joaquín José Abarca Rodríguez	15740291	0000-0003-1004-3824
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Alberto Irhaam Sanchez Guzman	15758117	0000-0003-1575-8466
Jaime Iman Mendoza	40936175	0000-0001-6232-0884
Juan Manuel Ipanaque Roña	32952515	0000-0003-2695-9802

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CIANURACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE ORO A NIVEL DE PLANTA

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	2%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
5	www.rea.ru Fuente de Internet	<1%
6	1library.co Fuente de Internet	<1%
7	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta

Autores

Ian Brian Edwin Ordoñez Rosales

Elmer Alarcon Somoza

Agosto del 2024

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico en la
Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica**

Huacho – Perú

Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta


.....
ING ALBERTO IRHAAM SANCHEZ GUZMAN
.....
CIP-19681-DNG-187.....

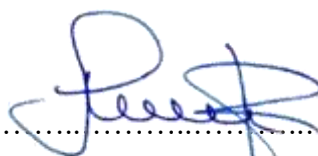
Dr. Alberto Irháam Sánchez Guzmán
Presidente


.....
Mg. Ing. JAIME IMÁN MENDOZA
C.I.P. 164334 DNU 432

M(o) Jaime Imán Mendoza
Secretario


.....

Dr. Juan Manuel Ipanaque Roña
Vocal


.....

M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez
Asesor

Dedicatoria

A nuestros seres más sublimes que nos acompañaron desde el momento que vimos la luz hasta ahora que están apoyándonos a pesar de que todo con mucho cariño y amor.

Agradecimiento

Nuestros agradecimientos, en primer lugar, al ser divino que nos ilumina el camino para llegar hasta aquí y a nuestros padres que nos apoyaron en la buena y en la mala y a nuestros profesores que aportaron en la formación académica para ser un profesional de éxito.

Pensamiento

“No dejes que el miedo te interponga en tu camino” (Babe Ruth)

Índice general

Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Pensamiento	9
Índice general	10
Índice de tabla	13
Índice de figura.....	14
Símbolos y/o términos.....	15
Resumen	16
Abstract	17
Introducción	18
Capítulo I Planteamiento del problema	19
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	19
1.2 Formulación del Problema.....	20
1.2.1 Problema General.....	20
1.2.2 Problemas Específicos.	20
1.3 Objetivos de la Investigación.....	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivo Específico.....	20
1.4 Justificación de la Investigación	20
1.5 Delimitación del Estudio	21
1.5.1. Delimitación territorial.....	21
1.5.2. Delimitación tiempo espacio.....	21
1.5.3. Delimitación de recursos.....	21
1.6 Viabilidad del Estudio.	22

Capitulo II Marco Teórico.....	23
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	23
2.1.1. Investigación Internacional.	23
2.1.2. Investigación Nacional.....	24
2.2. Bases Teóricas.....	25
2.2.1. Liberación de minerales.	25
2.2.2. Variables de la liberación de minerales.....	25
2.2.3. Cianuración de minerales.....	26
2.2.4. Variables que intervienen en la cianuración de minerales.	26
2.2.5. Control y reducción de la variabilidad.	30
2.3. Definiciones conceptuales.	32
2.4. Hipótesis de la Investigación.....	33
2.4.1. Hipótesis General.	33
2.4.2. Hipótesis Específicos.	33
2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.....	34
Capitulo III Metodología.....	35
3.1. Diseño Metodológico.	35
3.2. Población y Muestra.	36
3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	36
3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información.	37
Capitulo IV Resultados	38
4.1. Análisis de resultados.	38
4.1.1. Datos de planta para el proceso de evaluación.....	38
4.1.2. Control del parámetro de las variables en estudio.....	41
4.1.3. Evaluará el proceso de cianuración en la extracción de oro.....	48

4.1.4.	Efecto de la ley de cabeza en la recuperación del oro.....	52
4.1.5.	Efecto de la densidad de pulpa en la recuperación del oro.	53
4.1.6.	Efecto de la liberación de mineral en la recuperación de oro.	54
4.2.	Contratación de hipótesis.....	55
4.2.1.	Contratación de hipótesis general.....	55
4.2.2.	Contratación de hipótesis específico.....	55
Capítulo V	Discusión	57
5.1.	Discusión de resultados.	57
Capítulo VI	Conclusiones y recomendaciones.....	58
6.1.	Conclusiones.....	58
6.2.	Recomendaciones.	59
Capítulo VII	Referencia bibliográfica.....	60
7.1.	Referencia bibliográfica.....	60

Índice de tabla

Tabla 1 Efecto del oxígeno sobre la velocidad de disolución del oro.....	29
Tabla 2 Operacionalización de las variables e indicadores.....	34
Tabla 3 Datos de planta del proceso de cianuración - 25 datos.	38
Tabla 4 Datos de planta del proceso de cianuración - 38 datos.	39
Tabla 5 Datos de planta del proceso de cianuración - 29 datos.	40
Tabla 6 Análisis de Varianza de la ley de cabeza, densidad de pulpa, %-200m en la recuperación de oro.	50
Tabla 7 Análisis de Varianza de la ley de cabeza en la recuperación de oro.....	52
Tabla 8 Análisis de Varianza de la ley de cabeza en la recuperación de oro.....	53
Tabla 9 Análisis de Varianza de la %-200m en la recuperación de oro.....	54

Índice de figura

Figura 1	Tiempo de cianuración agitación vs recuperación de oro.....	28
Figura 2	Efecto del Oxígeno en la velocidad de disolución de oro.....	30
Figura 3	Carta de control.....	30
Figura 4	Grafica de control ley de cabeza g/t de oro.....	41
Figura 5	Grafica de control densidad de pulpa g/L.....	42
Figura 6	Grafica de control porcentaje de sólido.	43
Figura 7	Grafica de control porcentaje pasante a la malla %-200m.	44
Figura 8	Grafica de control de la ley de solución barren.	45
Figura 9	Grafica de control de la ley de relave.	46
Figura 10	Grafica de control la de recuperación de oro.....	47
Figura 11	Gráfica de contorno de % Recup. Au vs. Ley Au g/t vs. %-200m.....	48
Figura 12	Gráfica de contorno de % Recup. Au vs. Densidad pulpa(g/L) vs. %-200m.....	49
Figura 13	Gráfica de contorno de % Recup. Au vs. Densidad pulpa(g/L) vs. Ley Au g/t.....	49
Figura 14	Diagrama de Pareto defecto de la ley de cabeza, densidad de pulpa, %-200m en la recuperación de oro.	51
Figura 15	Diagrama de Pareto defecto de la ley de cabeza en la recuperación de oro.	52
Figura 16	Diagrama de Pareto defecto de la ley de cabeza en la recuperación de oro.....	53
Figura 17	Diagrama de Pareto defecto de la %-200m en la recuperación de oro.....	54

Símbolos y/o términos

S.A.C	:	Sociedad anónima
SOTRAMI	:	Sociedad de trabajadores mineros.
DRX	:	Difracción de rayos x
FRX	:	Florescencia de rayos x
QUEMSCAN	:	Evaluación cuantitativa de materiales mediante el microscopio de barrido electrónico.
SEM-EDX	:	Microscopio de barrido electrónico – Espectroscopia de dispersión de energía
g/t	:	Gramo por tonelada métrica
%	:	Porcentaje
g/kg	:	Gramo por kilogramo
CCD	:	Diseño compuesto central.
ppm	:	Parte por millón
onz/t	:	Onza por tonelada métrica.
pH	:	Potencial de hidrogeno.
%-200m	:	Porcentaje pasante a la malla 200
&	:	i
µm	:	Micrómetro
et al.	:	Y otros.

Resumen

El objetivo de la investigación es “evaluar el proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel planta”, desarrolladas en la empresa, es una investigación no experimental, aplicada, cuantitativa. Los resultados de la evaluación en promedio del ingreso al proceso se tiene una ley de cabeza de 19.71 g/t, con densidad de pulpa 1301.61 g/L, 85.637% pasante %-200m y los salientes de la cianuración se tiene 0.04382 g/m³ de oro, 0.6882 g/t en relave con una recuperación de 96.421% de oro, en los parámetros de control todas las variables evaluados tiene una oscilación excesiva y saliendo de los parámetros de control ley de cabeza 2.15%, densidad de pulpa 6.45%, %-200m 3.23% y recuperación de oro 2.15%. Concluyendo que la ley de cabeza y el %-200m tiene influencia significativa en la recuperación mientras que la densidad no tiene influencia significativa en la recuperación del oro en la cianuración y los parámetros de control tiene una excesiva oscilación.

Palabra clave: Agitación dinámica, evaluación cianuración, cianuración agitación, cianuración pulpa.

Abstract

The objective of the research is "to evaluate the cyanidation process of gold extraction at plant level", developed in the company, it is a non-experimental, applied, quantitative research. The results of the evaluation in average of the entrance to the process we have a head grade of 19.71 g/t, with pulp density 1301.61 g/L, 85.637% passing %-200m and the outflows of cyanidation we have 0.04382 g/m³ of gold, 0.6882 g/t in tailings with a recovery of 96.421% gold, in the control parameters all the evaluated variables have an excessive oscillation and leaving the control parameters head grade 2.15%, pulp density 6.45%, %-200m 3.23% and gold recovery 2.15%. Concluding that the head grade and %-200m have significant influence in the recovery while the density does not have significant influence in the gold recovery in the cyanidation and the control parameters have an excessive oscillation.

Keyword: Dynamic agitation, cyanidation evaluation, agitation cyanidation, pulp cyanidation.

Introducción

El estudio sobre “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, nace con el objetivo de verificar si los parámetros de control se encuentran dentro de unos parámetros de control o no se tiene, ya que la recuperación que se tiene se encuentra debajo de lo esperado, por lo es necesario la evaluación de los parámetros de cianuración los que ingresan al proceso y los que salen del proceso, con la finalidad obtener información con la finalidad de establecer los parámetros y mejorar con una mejora continua.

Para mejorar la producción y obtener mejores resultados las empresas en el mundo realizan estudio de control de proceso de sus variables con la finalidad de optimizar su proceso y su rentabilidad, en la lixiviación de oro existe un porcentaje de recuperación, siempre hay una cantidad de oro que se pierde en los relaves sólidos y la solución barren (Mas et al., 2005).

Las plantas de cianuración en el Perú en los procesos estativos o pilas y las que procesan por agitación tiene un control de sus parámetros con la finalidad de tener un adecuado control de sus procesos y buscar una mejora continua para un aprovechamiento adecuado y el empleo de los recursos necesarios para la extracción del oro y plata en beneficio de la empresa y de sus trabajadores (Astuhuamán Pardavé, 2009).

Es necesario que las plantas para mejorar su rentabilidad y optimizar el uso de los reactivos e insumos para la molienda y la cianuración tenga un control de sus parámetros que con ello se emplea los necesario y mejora sus operación y producción de las plantas de cianuración de las pequeñas y minería artesanal.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Descripción de la realidad problemática.

En el proceso de la cianuración de minerales auríferos de la empresa SOTRAMI S.A., en la búsqueda de la mejora de los procesos en la optimización se requiere mejorar los parámetros de control de las variables de operación como la ley de cabeza, densidad de pulpa, liberación del mineral para tener una recuperación adecuada del oro.

En la búsqueda de la mejora de la recuperación de oro nivel industrial con una evaluación de las variables de tiempo de lixiviación, concentración del cianuro y el pH permitió una recuperación optima de 96.15% de oro (Idme Condori, 2019).

En el proceso de optimización del proceso de cianuración en la planta de Antapite, se mejoró en 85 horas de cianuración se llega a extraer el 93.5% de oro del mineral, la recuperación en el carbón activado con una dosificación de 30 gramos de carbón por litro de solución de recupera el 98.83% de oro y 99.80% de plata, con una reducción de consumo de cianuro de 0.85 kg/t a 0.59 kg/t de cianuro de sodio por tonelada de mineral (Machaca Huanca, 2014).

El control de los parámetros dentro de un proceso industrial es de suma importancia para mejorar los procesos en la recuperación de los elementos metálicos de oro y plata desde el punto de vista operacional y económico en beneficio de las empresas, en merito a ello es necesario mejorar los parámetros de control de la minera SOTRAMI S.A.

En el proceso de producción de la cianuración de minerales se debe de evaluar los variables de la ley de cabeza, densidad de pulpa y el porcentaje de molienda pasante a la malla 200 se debe mejorar para obtener un control adecuado de las operaciones.

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema General.

¿En qué medida se evaluará el proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?

1.2.2 Problemas Específicos.

¿En qué medida la densidad de pulpa tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?

¿En qué medida la ley de cabeza tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?

¿En qué medida la liberación de mineral tiene efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

1.3.2 Objetivo Específico.

Analizar en qué medida la densidad de pulpa tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

Analizar en qué medida la ley de cabeza tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

Analizar en qué medida la liberación de mineral tiene efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

1.4 Justificación de la Investigación

La importancia de realizar el presente estudio sobre “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, es beneficioso para la empresa ya que

permitirá obtener datos para mejora los límites de control operacionales y aumentar la recuperación del oro y por ende mejorar el ingreso de la empresa y los beneficios de los trabajadores de la mina SOTRAMI.

1.5 Delimitación del Estudio

1.5.1. Delimitación territorial.

El presente trabajo que se a realizarse sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta” se realizará en:

Departamento	: Ayacucho
Provincia	: Lucanas
Distrito	: Sancos
Lugar	: Centro poblado Santa Filomena
Coordenadas	: Latitud: 15° 21'40"S, Longitud: 74°36'16.30"O Fuente: Google earth pro.
Altitud	: 2475 msnm, Fuente: Google earth pro.

La localización según(Priester & Vasquez, 2017) .

1.5.2. Delimitación tiempo espacio.

Tiempo y espacio que realizar sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta” se emplearán el 2022 y parte del 2023 en la planta de procesos de cianuración de la mina SOTRAMI en donde se recopilada en un periodo prudente.

1.5.3. Delimitación de recursos.

Las limitaciones para realizar con cabalidad la investigación propuesta “Evaluación del proceso de cianuración en la extracción de oro a nivel de planta” es las restricciones a las áreas por parte de la seguridad por ser una empresa extractor de oro, por ser vulnerables al robo del oro porta las personas ajenas.

1.6 Viabilidad del Estudio.

Sobre el trabajo a realizar sobre “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta” es viable porque se cuenta con la información pertinente y el visto bueno por parte de la gerencia de la mina SOTRAMI.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Investigación Internacional.

En la investigación “Caracterización de yacimientos de oro de alto tenor del nordeste de Antioquia-Colombia” presentado a la Universidad Nacional de Colombia es una investigación experimental. Se realizaron la caracterización empleando equipos DRX, FRX, QUEMSCAN, SEM-EDX y las pruebas ensayo al fuego, flotación y cianuración. Obteniendo los resultados la presencia de cuarzo, moscovita, piritita, feldespato de potasio y la presencia de oro electrum en los sulfuros en promedio de 81 g/t Au. En la flotación convencional se obtuvo en promedio una recuperación del 90%, mientras que en la cianuración en promedio de 76% (Rojas-Reyes et al., 2021).

Sobre la “Caracterización y modelamiento estadístico del proceso de cianuración de un mineral filoliano del municipio de andes, como alternativa al proceso de amalgamación” presentado a la Universidad de Antioquia Colombia, es un trabajo experimental. Para ello la caracterización de minerales se emplearon fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX), mientras que para las pruebas se emplearon el ensayo al fuego, pruebas gravimétricas, flotación y cianuración por otra parte la densidad de mineral, velocidad de sedimentación, sales soluble y pH. En los resultados se obtuvo la presencia de arsenopiritita, calcopiritita y la presencia del oro con una ley de 14 g/t, obteniendo una recuperación en la cianuración en 6 horas de 80% de oro con una concentración de NaCN de 5g/t, que la cianuración convencional de 43%. Concluyendo que la presencia de los sulfuros no permite una buena recuperación ya que el oro se encuentra encapsulado y los modelos estadísticos permite establecer las condiciones adecuados para la lixiviación a nivel industrial (Herrera Herrera, 2022).

En el trabajo sobre “Consumo de cianuro de concentrado de pirita aurífera, empleando ozono como pretratamiento”, Presentado a la Universidad de Sonora, es un trabajo experimental. Se emplea un concentrado de pirita aurífera con una ley de plata de 734 g/t Ag con una fuerza de cianuro de sodio de 1000 ppm y 3000 ppm con un pretratamiento con ozono. Obteniendo una recuperación de oro de 54% a 93%, con una fuerza de 3000 ppm reduciendo el consumo de NaCN de 69.39%. Concluye que el empleo de ozono permite oxidar a la pirita e incrementar la recuperación de la plata (Rodríguez-Rodríguez et al., 2021).

2.1.2. Investigación Nacional.

En el trabajo sobre “Evaluación del proceso de cianuración por agitación de minerales de oro y plata de la zona minera de Malco en el distrito de Puyo – Ayacucho” presentado a la universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Perú es un trabajo experimental. El trabajo se realizó con una molienda a los minerales a dos muestras de 25 y 35 minutos con una ley de 9.3 g/t Au y 31.2 g/t de Ag, a un pH de 10.3 y 10.5, con 1.0 y 1.5 g/kg de CaO, 1.9 g/kg y 9 g/kg de NaCN en un periodo de cianuración entre 0 a 24 horas. El resultado obtenido es de 89.5% de recuperación de oro y 61.4% de plata pasante el 71% a la malla 200 con un consumo de 9 g/kg de NaCN a un pH entre 10.3 y 10.5 en 24horas. Concluyendo la liberación y el tiempo tiene efecto en el porcentaje de recuperación de oro y plata (Morales Mulluni, 2018).

En el proceso de “Optimización de la recuperación y modelamiento de las variables operativas que afectan el circuito de lixiviación con cianuro de la planta de procesamiento de oro de Ares utilizando un modelo CCD” presentado a la Universidad Nacional de Centro del Perú. Se realizaron una evaluación por curva de regresión a porcentaje de sólido, concentración de NaCN, tamaño de partícula, tiempo y pH. Obteniendo el 90.49% de recuperación de oro con un pH 10, 35% de sólido, 735.85 ppm de fuerza NaCN, a una granulometría 38 μ m en 24 horas. Concluyendo que el tiempo, tamaño, concentración, pH y porcentaje de solido tiene una influencia significativa secuencialmente (Vilcapoma Juño, 2021).

En el trabajo de investigación sobre “Evaluación metalúrgica a los minerales auríferos para la obtención del oro en la Compañía Minera Arias S.A – Huasahuasi, Tarma – 2018” presentado a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Perú. Es una investigación experimental. Se realizaron con una lixiviación en botella con un 36% de sólidos, 80% pasante a la malla 200 y el tamaño de oro es de 75µm a una ley de 2.5 g/t Au, 9.58 onz/t Ag. Obteniendo una recuperación del 82.6% de oro y 28.71% Ag con una fuerza de 0.1% NaCN, en 72 horas. Concluyendo que el proceso de cianuración debe ser por agitación por la presencia del oro en la malla 200(Huaricapcha & Yonel, 2019).

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Liberación de minerales.

El proceso de la liberación de minerales se realiza en dos etapas bien definidas chancado es la reducción de las rocas grades que proceden de mina a tamaño menor a ¾” pulgada y la molienda es la segunda etapa donde se lleva a liberal el mineral a un tamaño bien definido en esta etapa el mineral que ingresa entre 5 a 250 mm se reducen a 30 a 300 µm realizándose en un molino que gira a una velocidad de operación que contiene como carga moledora barras, bolas o guijarro(Fuerstenau & Han, 2003).

2.2.2. Variables de la liberación de minerales.

En el proceso de molienda de los minerales se tiene un conjunto de variables que intervienen en la liberación como el tamaño de mineral que ingresa, porcentaje de sólidos o densidad de pulpa, velocidad de operación, alimentación, tiempo, forma de forros, carga de medio de moledora, distribución del collar de bolas, etc (Wills, 1981).

El tamaño de alimentación a la molienda se tiene en promedio menor a ½” y el producto debe de ser menor al 80% malla 200, la densidad del sólido debe de estar entre 1700 a 2000 g/L dependiendo de su composición del mineral como sea oxidado, arcilloso, sulfuro, etc., la

velocidad de molienda en el molino de bolas se encuentra entre 70% a 85% de su velocidad crítica (Egas Saenz, 1985).

2.2.3. Cianuración de minerales.

Es el proceso de extracción de oro mediante el cianuro de sodio en un medio acuoso permite disolver al oro de mineral, la cianuración se puede emplear el NaCN, KCN, CaCN₂. En proceso de disolución de la sal de NaCN se descomponen en catión y anión de acuerdo lo siguiente: $\text{NaCN} \rightarrow \text{Na}^+ \text{CN}^-$. El empleo del cianuro de sodio en la cianuración del oro se emplea por el costo (Marsden & House, 2006).

El proceso de cianuración del oro se realiza en un medio acuoso donde intervienen el cianuro de sodio, oro y el oxígeno quedando de la siguiente forma $\text{Au} + 4\text{NaCN} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{NaAu}(\text{CN})_2 + 4\text{NaOH}$ propuesta por Elsner en 1846 (Misari Chuquipoma, 2010).

2.2.4. Variables que intervienen en la cianuración de minerales.

Las variables que intervienen en la extracción de oro y plata a partir de los minerales son aquellos que actúan previo o durante el proceso entre ellos los más importantes se tienen el tamaño de mineral, mineralogía, densidad de pulpa, fuerza del cianuro componente extractor, pH del medio, tiempo de cianuración, agitación, aireación (oxígeno), temperatura (Marsden & House, 2006).

2.2.4.1 Tamaño de mineral.

El tamaño de los minerales en la cianuración de minerales por agitación el tamaño de partículas de minerales debe de ser pasante el 80% a la malla 200 (74 μm), en la prueba de cianuración pasante a la malla 200 el 80% se tiene una recuperación de oro del 96% para una temperatura de calcinación de 700°C para minerales sulfurados (Brito Samaniego & Rondo Rojas, 2017).

2.2.4.2 Densidad de pulpa.

La relación de los minerales y el agua produce la pulpa por que la densidad de pulpa en la cianuración por agitación se tiene un rango entre 1200 g/L a 1400 g/L que depende de la densidad de mineral que varía porque es necesario realizar prueba para encontrar la densidad óptica del proceso. En un proceso industrial la densidad de pulpa de 1350 g/L se obtiene una recuperación de 97.8% a 99.1% de oro (Bravo Jara & Gonzales Salazar, 2021).

2.2.4.3 Mineralogía.

Los minerales auríferos de baja ley son complejos por ello es necesario un estudio de su composición mineralógica donde el oro se encuentran asociados a minerales sulfurados como arsenopirita, pirita, cuarzo, teluros, etc., donde se encuentran encapsulado. El oro se encuentra incrustado en menor a 10 μm en la pirita y arsenopirita (Gallego et al., 2005).

2.2.4.4 Fuerza de cianuro en la agitación.

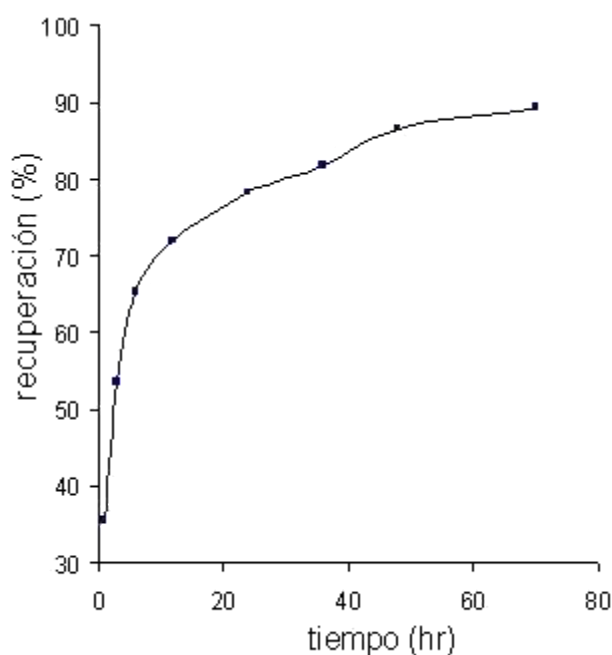
En la cianuración de minerales auríferos por agitación se emplean una fuerza menor a 0, 25% NACN según Maclaurin, mientras que en la práctica en la cianuración se emplean entre 0.02% a 0.05% NaCN (Misari Chuquipoma, 2010). En la cianuración por agitación de minerales la concentración esta entre 200 ppm a 800 ppm en los tanques de agitación con ello se obtiene (Pino Mamani, 2014).

El consumo de cianuro de sodio por agitación sin elementos consumidores se tiene entre 0.15 g/L a 0.30 g/L NaCN, la alimentación del cianuro de sodio comienza en la molienda para facilitar la extracción (Marsden & House, 2006).

2.2.4.5 Tiempo de cianuración.

El tiempo empleado en la disolución del oro en la cianuración por agitación está sujeto al tamaño del oro presente en el mineral, mineralogía del mineral, la agitación, presencia del oxígeno. El tiempo puede variar desde una hora hasta varios días, depende de las etapas y el efecto que de la concentración del cianuro y componentes. Para Barsky et al, una partícula de 44 micras(malla 325) de espesor se necesitará un tiempo de 13 horas, mientras una partícula de 119 micras tardará 44 horas(malla 100) aproximadamente (Misari Chuquipoma, 2010). A nivel industrial el tiempo de cianuración tarda en promedio de 72 horas a 120 horas dependiendo(Mas et al., 2005b).

Figura 1
Tiempo de cianuración agitación vs recuperación de oro



Nota: Fuente (Mas et al., 2005b)

2.2.4.6 Aireación oxígeno.

En la cianuración de minerales el oxígeno actúa en la estequiometría de la reacción sin ello no se produce la disolución del oro. En la cianuración por agitación el oxígeno se introduce en forma natural por el movimiento de las paletas del tanque y forzadas por inyección mediante una compresora de aire, esta presencia del oxígeno debe de estar por encima del punto de la saturación este debe de estar a razón de 8,2 mg/L O₂ a nivel de mar a 25°C; La inyección del aire se puede emplear en la parte inferior del tanque, por debajo de la paleta de agitación y en la parte superior mediante unos tubos de inyección a la pulpa (Marsden & House, 2006).

La acción del “efecto del oxígeno en la velocidad de extracción del oro en la cianuración es proporcional a la presión parcial del oxígeno” (Misari Chuquipoma, 2010). El efecto del oxígeno se aprecia en la tabla x.

Tabla 1

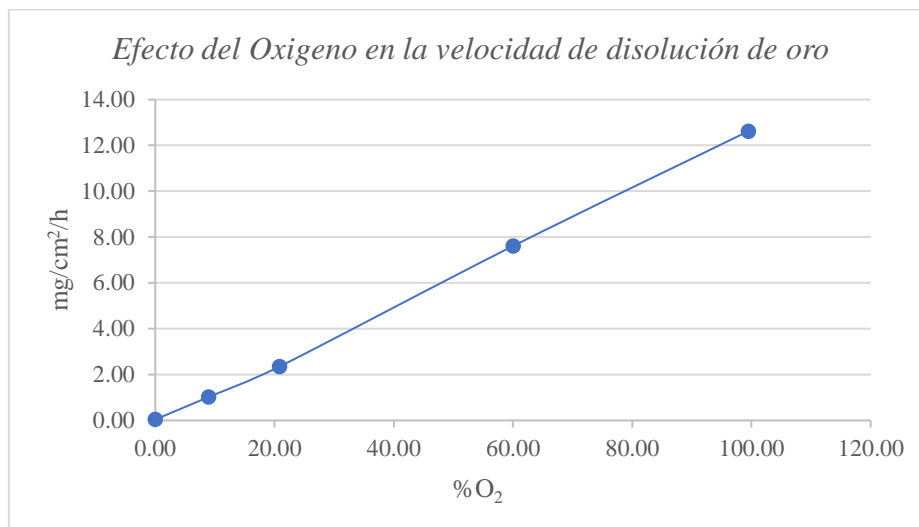
Efecto del oxígeno sobre la velocidad de disolución del oro

Oxígeno	Velocidad de disolución
%	mg/cm ² /h
0,00	0,04
9,00	1,03
20,90	2,36
60,10	7,62
99,50	12,62

Nota: fuente (Misari Chuquipoma, 2010)

La concentración del oxígeno en la extracción del oro en mg por centímetros cuadrados por hora se describe en la tabla 1 donde con una pureza 20.9% se disuelve 2.36 mg/cm²/h mientras que con una pureza del orden del 99.5% de oxígeno la disolución se tiene 12.62 mg/cm²/h.

Figura 2
Efecto del Oxígeno en la velocidad de disolución de oro



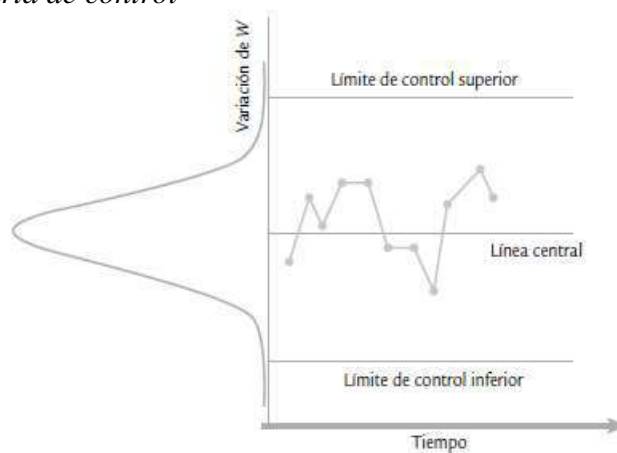
Curva del efecto del oxígeno en la velocidad de disolución del oro expresado en miligramo de oro por centímetro cuadrado en una hora figura 1.

2.2.5. Control y reducción de la variabilidad.

2.2.5.1 Carta de control.

Es una representación gráfica de datos en la cual permite observar y analizar el comportamiento de los datos de un proceso a través del tiempo (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

Figura 3
Carta de control



Nota: Fuente (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009)

En la carta de control se está compuesto por una línea central y los límites de control inferior y superior los que se describe(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009):

$$LCI = \mu_w - 3S_w$$

$$\text{Línea central} = \mu_w$$

$$LCS = \mu_w + 3S_w$$

La línea central (μ_w) conformado por el promedio de los datos de un proceso en un determinado tiempo, los límites de control inferior (LCI) es el promedio menos tres veces la desviación ($3S_w$) de los datos del proceso, mientras que el límite control superior (LCS) está dado por el promedio más 3 veces la desviación($3S_w$) de los datos del proceso(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a. **Análisis:** Es un proceso de caracterización físico, químico de una sustancia.
- b. **Cianuración:** Es un proceso de empleo del cianuro de sodio en la extracción de oro a partir del mineral para transferir el oro sólido al acuoso.
- c. **Densidad de pulpa:** Es mezcla de agua más mineral que permite fluir en un proceso de agitación.
- d. **Grado de extracción:** Es la disolución del oro del mineral al medio acuoso expresados gramos por litros o en porcentaje extraído en un determinado tiempo de lixiviación.
- e. **Ley de cabeza:** Es la presencia de un elemento metálico en el mineral expresado en gramos por tonelada para oro y plata.
- f. **Liberación de mineral:** Se realiza mediante la molienda con la finalidad de que los minerales se separen de los otros minerales o componentes para ser separados por un medio físico o químico.
- g. **Recuperación:** Es la extracción de un componente metálico oro o plata del mineral al medio acuoso en un determinado tiempo en el proceso de cianuración expresado en porcentaje.
- h. **Control:** Son parámetros establecidos con la finalidad de controlar las variables de operación del proceso de molienda y cianuración o otros.
- i. **Evaluar:** Es examinar el proceso de cianuración con la finalidad de ver los parámetros de control se encuentran dentro de un control definido o exceden.
- j. **Carga circulante:** Es el mineral grueso que retorna al circuito de molienda del clasificador para su reducción.
- k. **Fuerza de cianuro:** Es la concentración del cianuro de sodio en el agua expresado en gramo por litro por partes por millón.

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General.

Realizando una evaluación del proceso de cianuración permitirá ver el grado de extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

El análisis de la interrelación de los datos de la densidad de pulpa con los datos de la recuperación permitirá encontrar el efecto de la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

El análisis de la interrelación de los datos de la ley de cabeza con los datos de la recuperación permitirá relacionar el efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

El análisis de la interrelación de los datos de la liberación de mineral con los datos de la recuperación permite relacionar el efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.

En el estudio sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, la operacionalización de las variables se describe en la tabla 2.

Tabla 2
Operacionalización de las variables e indicadores

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Evaluación del proceso de cianuración	Es el mecanismo de la verificación de los parámetros de las variables que se encuentran involucrados en la cianuración.	Condiciones de cianuración	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de pulpa. - Ley de cabeza. - Liberación %-200m.
Dependiente			
Grado de extracción de oro	Es la cantidad de oro que se puede extraer del mineral expresado en porcentaje.	Parámetro	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperación de oro.
Intervinientes			
Elementos involucrados en el proceso	Son todo aquellos elementos o condiciones que están inmerso en el proceso que no están involucrado en el estudio.	Condiciones de cianuración	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerza de NaCN - pH. - Agitación. - Carga circulante. - Carbón activado. - Aireación. - Tiempo.

Capítulo III

Metodología

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

En el trabajo realizado sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, el tipo de investigación es Aplicada, ya que se requiere verificar los parámetros de control y los efectos de las variables sobre la recuperación. La investigación aplicada busca resolver problemas prácticos (Namakforoosh, 2000).

3.1.2. Nivel de Investigación.

El nivel de investigación sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, es explicativo correlacional ya que se busca relacionar las variables del proceso de cianuración con la recuperación del oro en su estado natural. La investigación correlacional permite buscar la examinar la causa con los resultados (Torres, 2006).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

En el estudio sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, tiene un diseño No experimental ya que los datos para el estudio se recopilarán del proceso de cianuración en planta sin alterar las condiciones. En una investigación no experimental no se construye ninguna situación, sino se observa situaciones ya existentes para la toma de datos (Gómez, 2006).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

En el estudio sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, tiene un enfoque cuantitativo permitiendo una optimización del proceso de producción. La investigación cuantitativa permite establecer causalidad es decir predice, confirma, explica, describe los fenómenos (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población de la Investigación.

En el trabajo sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta” la población estará conformado por los variables que intervienen en el proceso de cianuración del mineral durante el periodo de 2 meses de estudio que demorara el estudio. La población es el universo en estudio para nuestro caso los variables involucrado en el proceso de producción (Rodriguez Moguel, 2005).

3.2.2. Muestra de la Investigación.

Las muestras para el estudio sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, se tomarán un muestreo cada dos horas durante las 12 horas de guardia de día y las 12 horas de guardia de noche aproximadamente cada muestra de 500 gramos para las muestras secas y un litro para las muestras húmedas, luego se llevarán al laboratorio para sus respectivos análisis tanto metalúrgicos como químicos. La muestra es una porción de la población extraído para el estudio (Gómez, 2006).

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

3.3.1. Técnicas a emplear.

La técnica que se utilizó en el estudio sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta”, es la observación, la recolección de muestras se extraerá de proceso de cianuración para luego obtener los datos para su análisis respectivo. La investigación cuantitativa permite la recolección de datos de la observación (Yuni & Urbano, 2006).

3.3.2. Descripción de los Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron en el trabajo sobre la “Evaluación del proceso de cianuración de la extracción de oro en la planta de beneficio SOTRAMI S.A” fueron la lista de cotejo y ficha de registros por estar vinculado a la técnica de observación (Tafur, 2015).

3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información.

En el procesamiento de datos se emplearán la estadística descriptiva para calcular el promedio, desviación estándar, tablas, gráficos, regresión lineal, con el apoyo de paquetes estadísticos como el Excel, minitab 19, jamovi, etc. Para la digitalización de la información se emplearán el procesamiento de texto el Word y el pdf para la distribución y publicación de la información.

Capítulo IV

Resultados

4.1. Análisis de resultados.

4.1.1. Datos de planta para el proceso de evaluación.

Los datos recopilados de la planta de los 93 días concerniente a los 3 meses donde se registran las leyes de cabeza, densidad de pulpa, porcentaje de sólido, granulometría del mineral pasante a la malla 200, ley de sólidos en el relave, ley de la solución en el relave y la recuperación del oro del proceso se detalla en las tablas 4, 5, 6.

Tabla 3

Datos de planta del proceso de cianuración - 25 datos.

Nº	Ley Au g/t	Densidad pulpa(g/L)	%S	%-200m	Au g/m ³	Au g/t	% Recup. Au
1	18.55	1300.00	37.50	85.25	0.0227	0.5878	96.83
2	18.96	1300.00	37.50	85.38	0.0550	0.7577	96.00
3	25.61	1300.00	37.50	87.43	0.0510	0.5100	98.01
4	29.66	1300.00	37.50	86.96	0.0520	0.6447	97.83
5	24.93	1300.00	37.50	85.06	0.0510	0.8100	96.75
6	19.71	1300.00	37.50	85.78	0.0540	0.7480	96.21
7	20.37	1300.00	37.50	86.97	0.0459	0.5180	97.46
8	17.59	1295.00	37.02	86.35	0.0377	0.4141	97.65
9	18.00	1295.00	37.02	85.80	0.0450	0.7015	96.10
10	27.57	1297.50	37.26	86.53	0.0429	0.6387	97.68
11	17.28	1302.50	37.74	85.75	0.0300	0.6075	96.48
12	14.64	1310.00	38.45	85.80	0.0445	0.5042	96.56
13	14.37	1300.00	37.50	84.50	0.0362	0.8103	94.36
14	14.37	1300.00	37.50	85.00	0.0380	0.4968	96.54
15	14.19	1305.00	37.98	85.53	0.0455	0.4823	96.60
16	16.59	1290.00	36.53	86.73	0.0480	0.4584	97.24
17	12.27	1290.00	36.53	85.88	0.0480	0.4834	96.06
18	14.50	1295.00	37.02	84.65	0.0500	0.6101	95.79
19	17.59	1290.00	36.53	84.73	0.0640	0.7692	95.63
20	18.58	1295.00	37.02	84.80	0.0630	0.7992	95.70
21	24.86	1295.00	37.02	86.73	0.0560	0.7373	97.03
22	14.74	1295.00	37.02	83.39	0.0480	0.6987	95.26
23	18.07	1280.00	35.55	85.60	0.0431	0.6781	96.25
24	23.97	1300.00	37.50	86.00	0.0550	0.5087	97.88
25	20.64	1305.00	37.98	85.04	0.0480	0.7864	96.19

Tabla 4*Datos de planta del proceso de cianuración - 38 datos.*

Nº	Ley Au g/t	Densidad pulpa(g/L)	%S	%-200m	Au g/m ³	Au g/t	% Recup. Au
26	18.62	1300.00	37.50	85.63	0.0420	0.8950	95.19
27	17.04	1305.00	37.98	83.75	0.0420	0.8686	94.90
28	18.72	1300.00	37.50	85.15	0.0440	0.7358	96.07
29	20.64	1300.00	37.50	85.70	0.0460	0.7847	96.20
30	21.43	1325.00	39.86	85.47	0.0400	0.7104	96.69
31	20.30	1297.00	37.21	85.00	0.0380	0.6811	96.64
32	19.82	1305.00	37.98	86.00	0.0320	0.5943	97.00
33	20.09	1300.00	37.50	86.50	0.0250	0.5587	97.22
34	19.65	1305.00	37.98	85.70	0.0250	0.6073	96.91
35	16.22	1305.00	37.98	86.56	0.0190	0.4650	97.13
36	15.94	1305.00	37.98	85.25	0.0140	0.6479	95.94
37	18.62	1305.00	37.98	85.38	0.0170	0.8778	95.29
38	16.53	1305.00	37.98	87.43	0.0190	0.7980	95.17
39	21.36	1305.00	37.98	86.96	0.0140	0.5899	97.24
40	22.87	1305.00	37.98	85.06	0.0340	0.5975	97.39
41	21.94	1300.00	37.50	85.78	0.0440	0.5993	97.27
42	18.55	1300.00	37.50	86.97	0.0530	0.5973	96.78
43	23.86	1300.00	37.50	86.35	0.0270	0.9450	96.04
44	20.06	1300.00	37.50	85.80	0.0349	0.6752	96.63
45	20.13	1310.00	38.45	86.53	0.0321	0.5684	97.18
46	23.25	1305.00	37.98	85.75	0.0520	0.6349	97.27
47	24.00	1305.00	37.98	85.80	0.0310	0.3846	98.40
48	21.67	1300.00	37.50	84.50	0.0886	0.4647	97.86
49	17.18	1300.00	37.50	85.00	0.0328	0.7047	95.90
50	17.18	1310.00	38.45	85.53	0.0310	0.7326	95.73
51	17.18	1305.00	37.98	86.73	0.0270	0.7111	95.86
52	13.13	1300.00	37.50	85.88	0.0460	0.7847	94.02
53	21.74	1305.00	37.98	84.65	0.0495	0.7723	96.45
54	18.10	1305.00	37.98	84.73	0.0360	0.7423	95.90
55	17.90	1305.00	37.98	84.80	0.0360	0.7668	95.72
56	21.50	1302.50	37.74	86.73	0.0445	0.7234	96.63
57	18.00	1300.00	37.50	83.39	0.0555	0.8010	95.55
58	20.74	1295.00	37.02	85.60	0.0365	0.7621	96.33
59	19.20	1305.00	37.98	86.00	0.0420	0.6771	96.47
60	23.86	1297.00	37.21	85.04	0.0320	0.7370	96.91
61	24.62	1297.00	37.21	85.63	0.0230	0.6818	97.23
62	24.55	1300.00	37.50	83.75	0.0250	0.6667	97.28
63	17.49	1300.00	37.50	85.15	0.0320	0.6533	96.26

Tabla 5
Datos de planta del proceso de cianuración - 29 datos.

Nº	Ley Au g/t	Densidad pulpa(g/L)	%S	%-200m	Au g/m ³	Au g/t	% Recup. Au
64	18.89	1297.00	37.21	85.70	0.0410	0.7022	96.28
65	20.67	1300.00	37.50	85.47	0.0500	0.6753	96.73
66	23.76	1300.00	37.50	85.00	0.0430	0.8467	96.44
67	24.93	1300.00	37.50	86.00	0.0220	0.8867	96.44
68	24.93	1300.00	37.50	86.50	0.0220	0.8867	96.44
69	16.73	1300.00	37.50	85.70	0.0390	0.9320	94.43
70	20.91	1300.00	37.50	85.25	0.0410	0.8933	95.73
71	21.60	1290.00	36.53	85.38	0.0400	0.7695	96.44
72	19.78	1300.00	37.50	87.43	0.0410	0.7683	96.12
73	19.78	1300.00	37.50	86.96	0.0470	0.6953	96.49
74	15.09	1300.00	37.50	85.06	0.0530	0.7303	95.16
75	18.03	1300.00	37.50	85.78	0.0560	0.6773	96.24
76	18.45	1300.00	37.50	86.97	0.0430	0.6547	96.45
77	20.61	1310.00	38.45	86.35	0.0390	0.6124	97.03
78	17.25	1310.00	38.45	85.80	0.0480	0.6188	96.41
79	16.66	1300.00	37.50	86.53	0.0370	0.5697	96.58
80	18.45	1310.00	38.45	85.75	0.0740	0.8354	95.47
81	20.43	1310.00	38.45	85.80	0.0750	0.7700	96.23
82	16.66	1310.00	38.45	84.50	0.0690	0.5604	96.64
83	19.44	1310.00	38.45	85.00	0.0700	0.8120	95.82
84	20.67	1300.00	37.50	85.53	0.0640	0.6987	96.62
85	13.99	1310.00	38.45	86.73	0.0420	0.7092	94.93
86	23.73	1310.00	38.45	85.88	0.0620	0.7412	96.88
87	16.70	1300.00	37.50	84.65	0.0610	0.6687	96.00
88	20.91	1300.00	37.50	84.73	0.0546	0.8080	96.14
89	24.38	1300.00	37.50	84.80	0.0580	0.7217	97.04
90	22.80	1310.00	38.45	86.73	0.0600	0.7460	96.73
91	22.77	1310.00	38.45	83.39	0.0640	0.7444	96.73
92	25.03	1310.00	38.45	85.60	0.0610	0.6896	97.24
93	18.21	1300.00	37.50	86.00	0.0620	0.6203	96.59

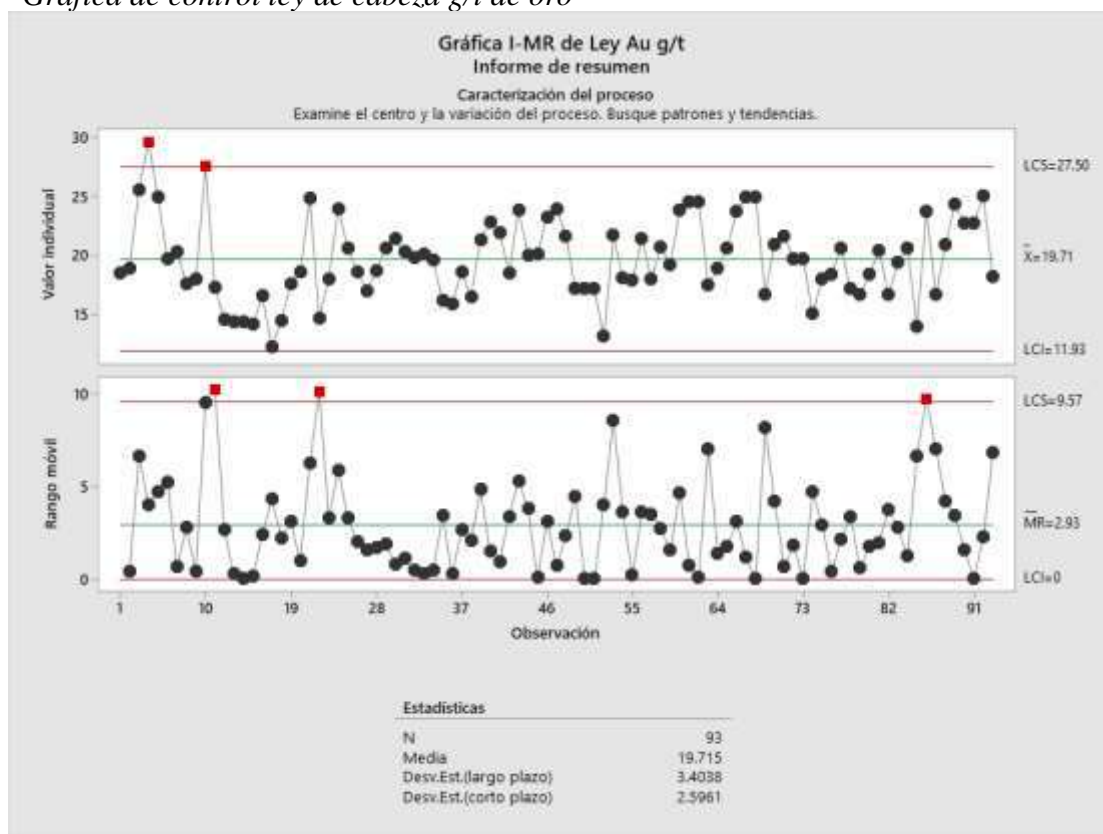
4.1.2. Control del parámetro de las variables en estudio.

Las condiciones de los variables que ingresan al proceso se tiene ley de cabeza, densidad de pulpa, porcentaje de sólidos y liberación pasante a la malla 200.

El mineral que ingresa con una ley de cabeza expresado en g/t al proceso de cianuración se tiene 93 datos como se distribuye en la figura 4.

Figura 4

Gráfica de control ley de cabeza g/t de oro

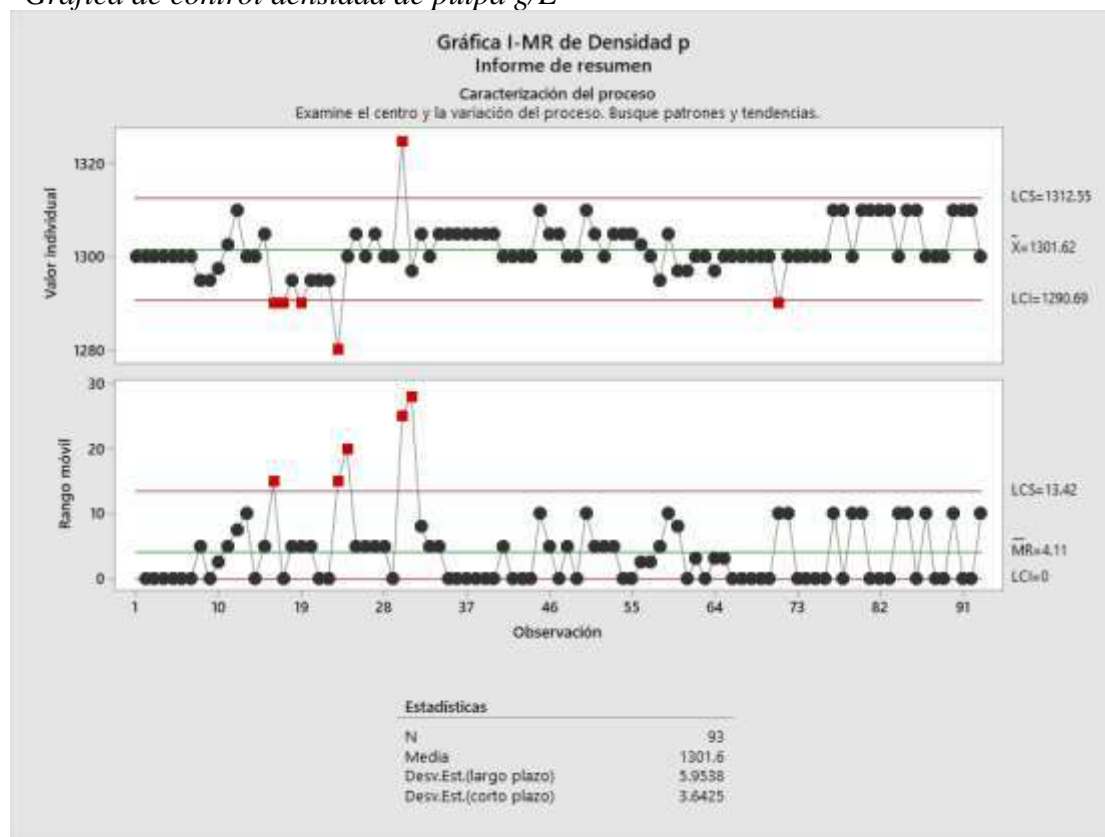


En la figura 4 los datos de la ley de cabeza para 93 datos se una desviación a largo plazo de 3.4038, desviación a corto plazo de 2.596, con un promedio de 19.71 Au g/t, con un límite superior de 27.50 Au g/t, y límite inferior de 11.93 Au g/t para el valor individual tiene una oscilación con control excesivo del 2.15% fuera del límite de control. Mientras que en el rango móvil tiene un control excesivo del 3.23% fuera del parámetro de control.

El mineral que ingresa con una densidad de pulpa expresado en g/L al proceso de cianuración se tiene 93 datos como se distribuye en la figura 5.

Figura 5

Gráfica de control densidad de pulpa g/L

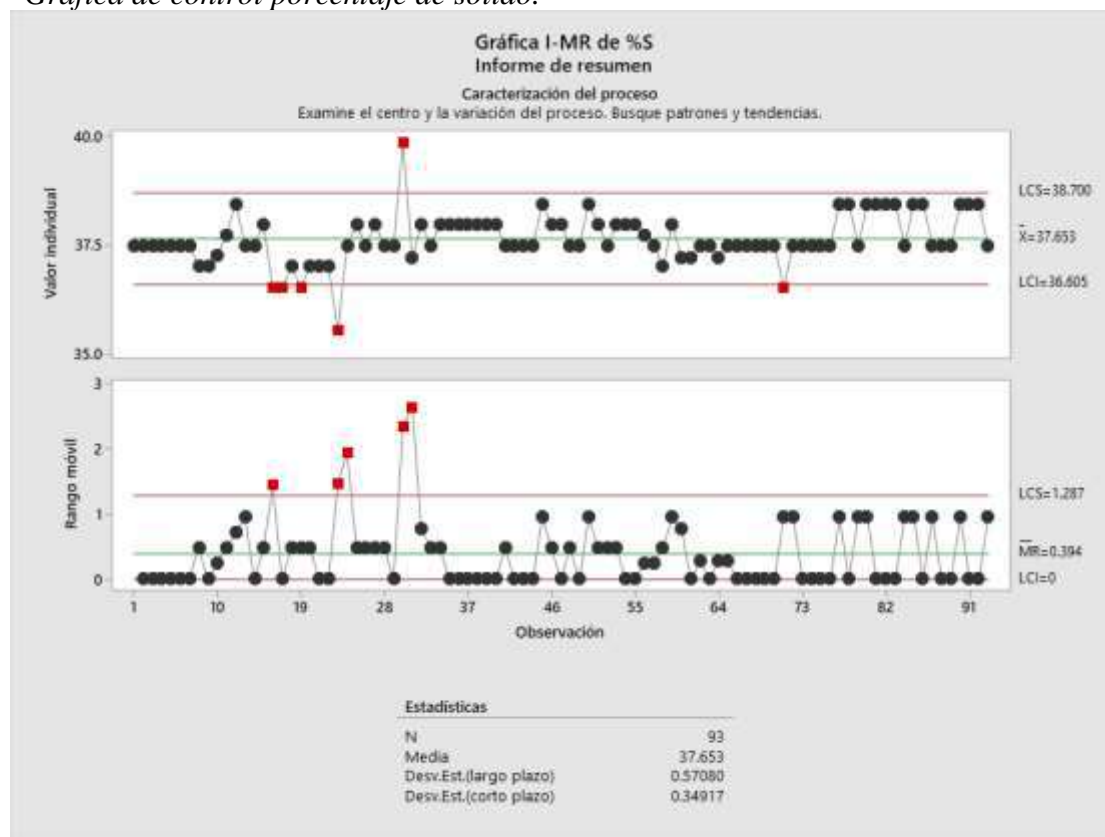


En la figura 5 los datos de la densidad de pulpa g/L para 93 datos se una desviación a largo plazo de 5.9538, desviación a corto plazo de 3.6425, con un promedio de 1301.62 g/L, con un límite superior de 1312.25 g/L, y límite inferior de 1290.69 g/L para el valor individual tiene una oscilación con control excesivo del 6.45% fuera del límite de control. Mientras que en el rango móvil tiene un control excesivo del 5.38% fuera del parámetro de control.

El mineral que ingresa con un porcentaje de sólido expresado en %-200m al proceso de cianuración se tiene 93 datos como se distribuye en la figura 6.

Figura 6

Gráfica de control porcentaje de sólido.

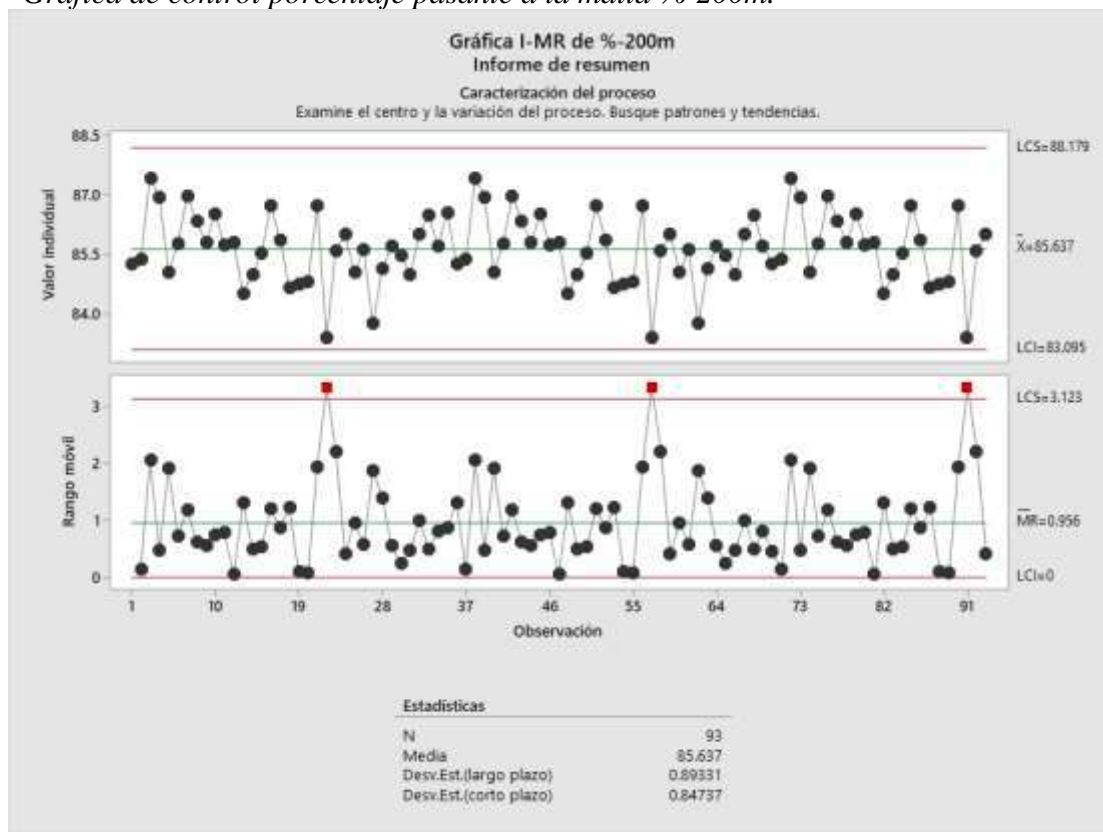


En la figura 6 los datos del porcentaje de sólido para 93 datos se una desviación a largo plazo de 0.5708, desviación a corto plazo de 0.34917, con un promedio de 37.653%, con un límite superior de 38.70%, y límite inferior de 36.605% para el valor individual tiene una oscilación con control excesivo del 6.45% fuera del límite de control. Mientras que en el rango móvil tiene un control excesivo del 5.38% fuera del parámetro de control.

El mineral que ingresa con una liberación pasante a la malla 200 expresado en %-200m al proceso de cianuración se tiene 93 datos como se distribuye en la figura 7.

Figura 7

Gráfica de control porcentaje pasante a la malla %-200m.



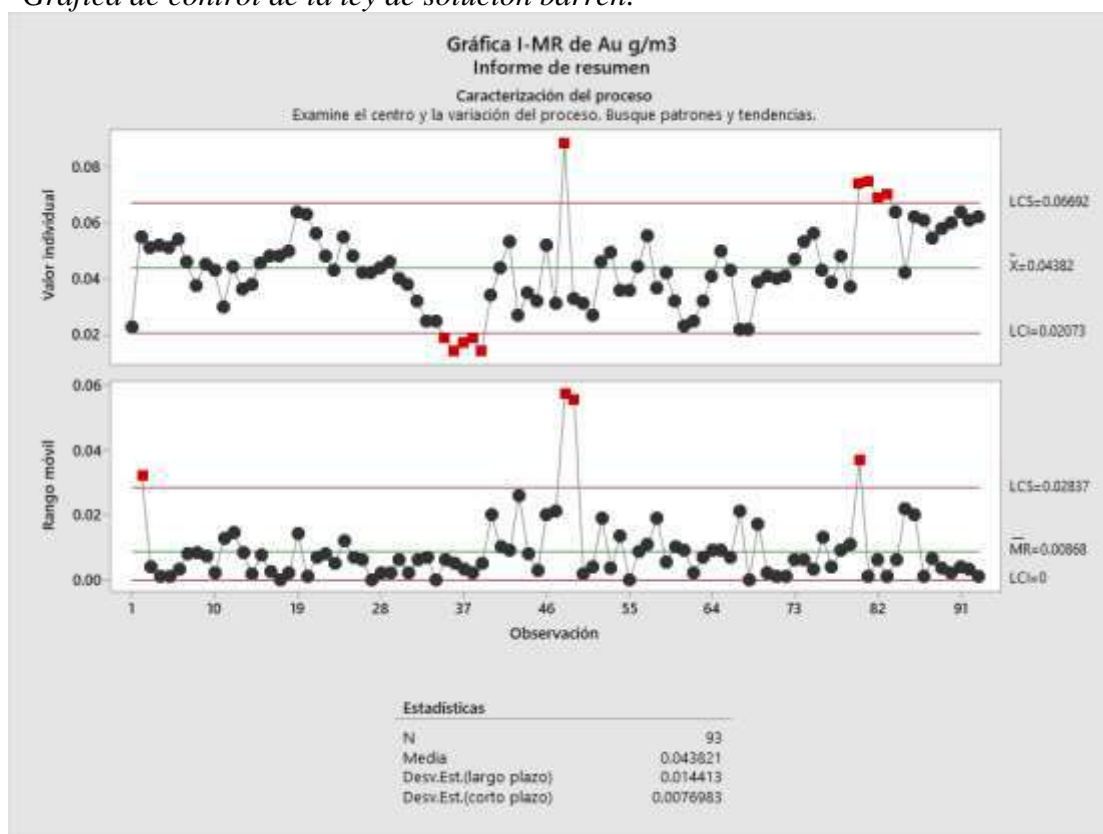
En la figura 7 los datos del porcentaje pasante a la malla 200 para 93 datos se una desviación a largo plazo de 0.89331, desviación a corto plazo de 0.84737, con un promedio de 85.637%, con un límite superior de 88.179%, y límite inferior de 83.095% para el valor individual tiene una oscilación con control excesivo del 0.00% fuera del límite de control. Mientras que en el rango móvil tiene un control excesivo del 3.23% fuera del parámetro de control.

Las condiciones de los variables que salen del proceso se tiene ley de la solución barren g/m^3 , ley del relave g/t y recuperación del oro en porcentaje %.

La solución barren que sale del proceso de cianuración tiene una ley expresado en g/m^3 , se tiene 93 datos como se distribuye en la figura 8.

Figura 8

Gráfica de control de la ley de solución barren.

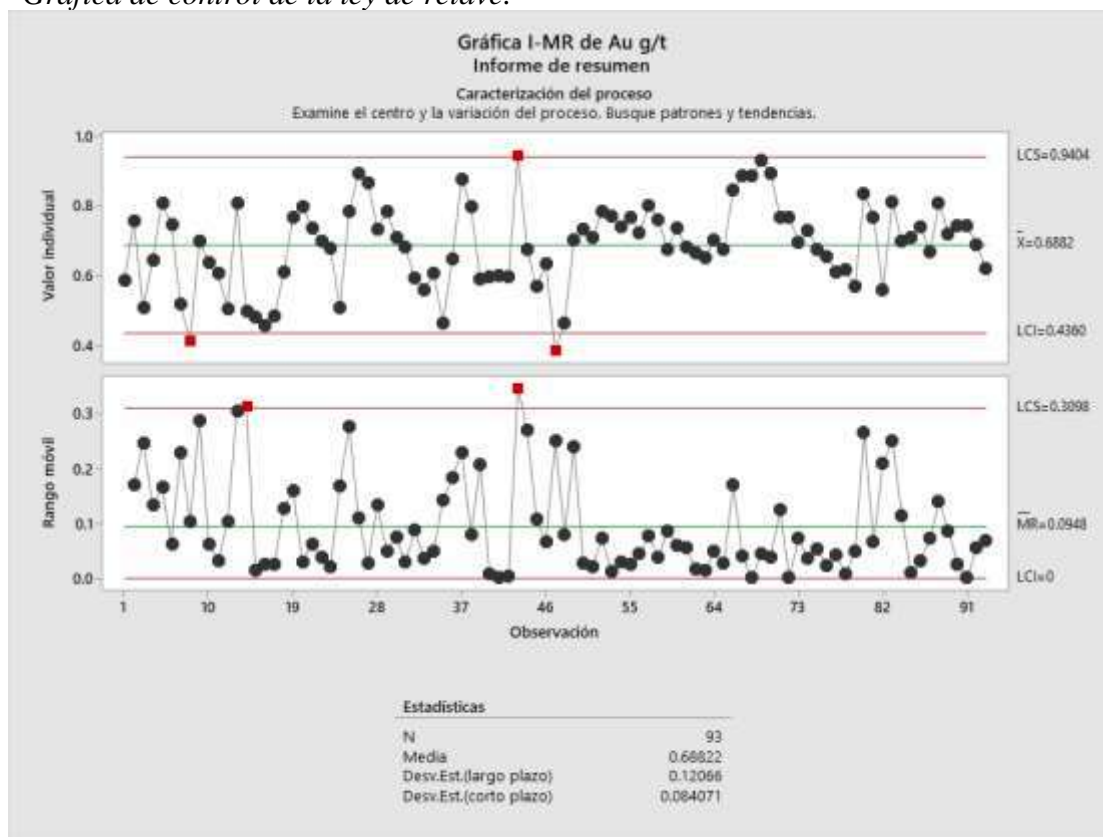


En la figura 8 los datos de la ley de la solución barren para 93 datos se una desviación a largo plazo de 0.014413, desviación a corto plazo de 0.0076983, con un promedio de 0.04382 g/m^3 , con un límite superior de 0.06692 g/m^3 , y límite inferior de 0.02073 g/m^3 para el valor individual tiene una oscilación con control excesivo del 10.75% fuera del límite de control. Mientras que en el rango móvil tiene un control excesivo del 4.30% fuera del parámetro de control.

La ley de relave, que sale del proceso de cianuración tiene una ley expresado en g/t, se tiene 93 datos como se distribuye en la figura 9.

Figura 9

Gráfica de control de la ley de relave.

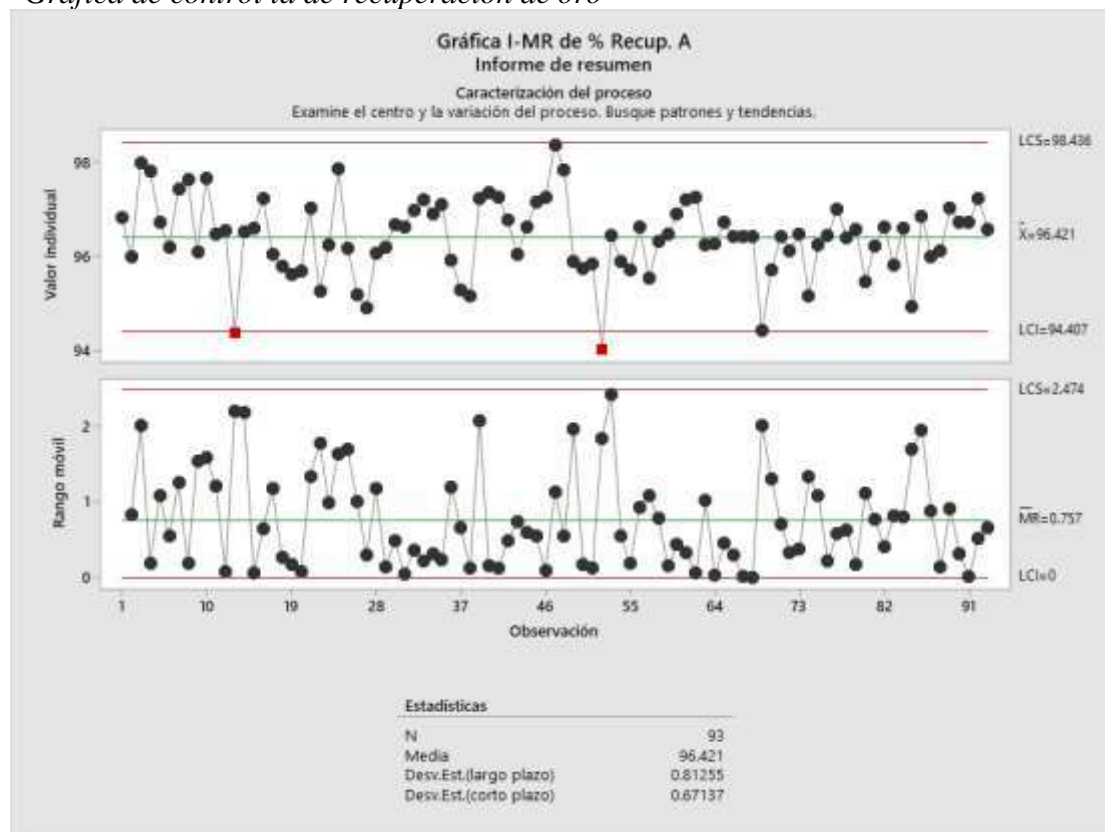


En la figura 9 los datos de la ley del relave para 93 datos se una desviación a largo plazo de 0.120066, desviación a corto plazo de 0.084071, con un promedio de 0.6882 g/t, con un límite superior de 0.9404 g/t, y límite inferior de 0.4360 g/t para el valor individual tiene una oscilación con control excesivo del 3.23% fuera del límite de control. Mientras que en el rango móvil tiene un control excesivo del 2.15% fuera del parámetro de control.

La recuperación de oro, que sale del proceso de cianuración tiene una recuperación expresado en %, se tiene 93 datos como se distribuye en la figura 10.

Figura 10

Gráfica de control la de recuperación de oro



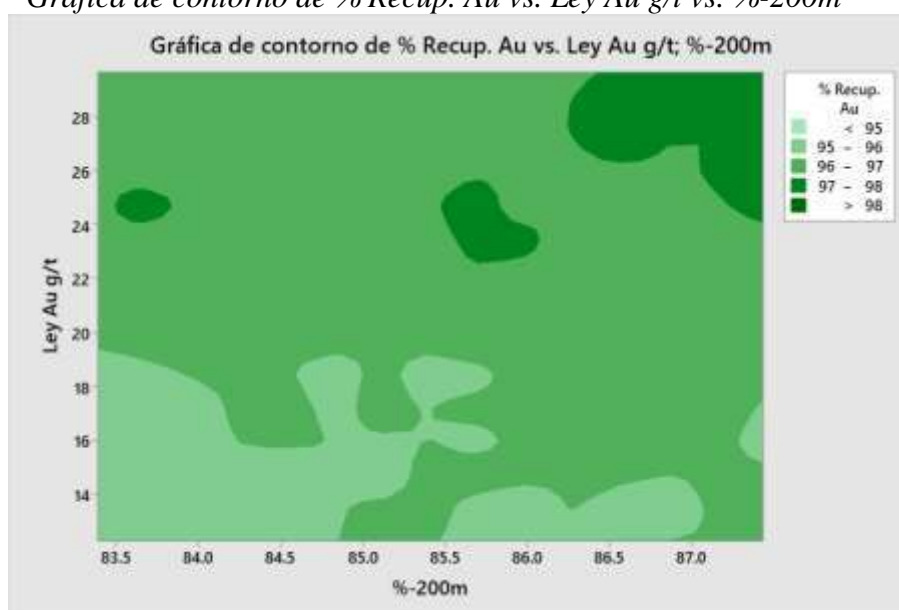
En la figura 10 los datos de la recuperación de oro para 93 datos se una desviación a largo plazo de 0.81255, desviación a corto plazo de 0.67137, con un promedio de 96.421%, con un límite superior de 98.436%, y límite inferior de 94.407% para el valor individual tiene una oscilación con control excesivo del 2.15% fuera del límite de control. Mientras que en el rango móvil tiene un control excesivo del 0.00% fuera del parámetro de control.

4.1.3. Evaluará el proceso de cianuración en la extracción de oro.

En los resultados de acuerdo de las variables relacionado a la recuperación del oro en relación de la ley de cabeza, densidad de pulpa y liberación del mineral pasante a la malla 200.

Las recuperaciones del oro en relación a las variables de muestran en las figuras 11, 12 y 13 que se describen a continuación.

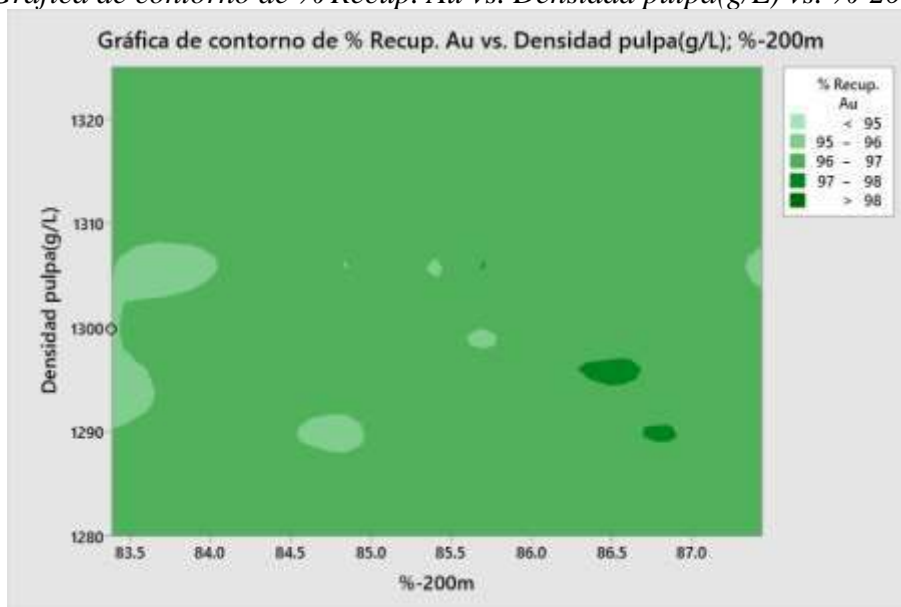
Figura 11
Gráfica de contorno de % Recup. Au vs. Ley Au g/t vs. %-200m



En la figura 11 la recuperación del oro mayor al 98% se realiza entre 22.58 g/t a 29.58 g/t con un porcentaje pasante a la malla 200 entre 86.24% a 87.41%.

Figura 12

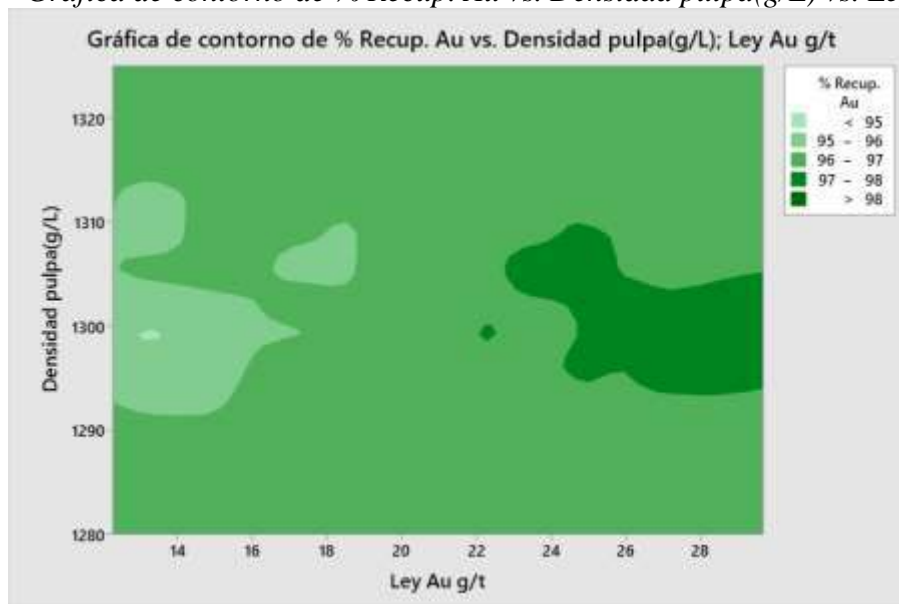
Gráfica de contorno de % Recup. Au vs. Densidad pulpa(g/L) vs. %-200m



En la figura 12 la recuperación del oro mayor al 98% se realiza con un porcentaje pasante a la malla 200 86.30% a 86.89% con una densidad de pulpa entre 1289 g/L a 1297 g/L.

Figura 13

Gráfica de contorno de % Recup. Au vs. Densidad pulpa(g/L) vs. Ley Au g/t



En la figura 13 la recuperación del oro mayor al 98% se realiza entre 24.75 g/t a 28.08 g/t con una densidad de pulpa entre 1293 g/L a 1310 g/L.

La recuperación del oro en relación de la ley de cabeza, densidad de pulpa y porcentaje pasante a la malla200, tiene un modelo matemático de (%Recup. Au=80.5+0.1435 Ley Au g/t – 0.0020 densidad de pulpa(g/L) + 0.1835%-200m), con una desviación estándar s 0.618927, coeficiente correlación cuadrada en un 43.87% con un ajuste de 41.98% y del 38.75% predicha del coeficiente de correlación cuadrada.

Tabla 6

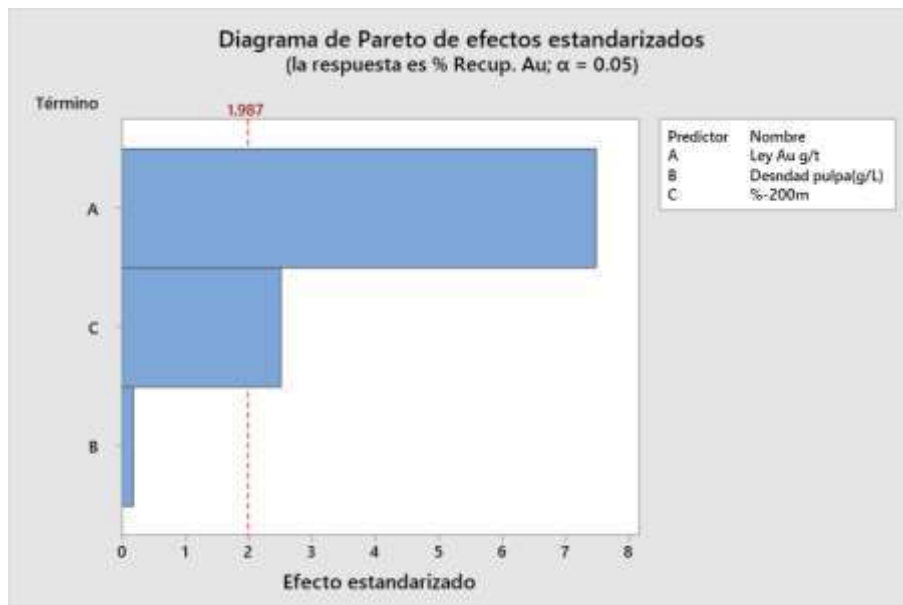
Análisis de Varianza de la ley de cabeza, densidad de pulpa, %-200m en la recuperación de oro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	26.6480	8.8827	23.19	0.000
Ley Au g/t	1	21.3924	21.3924	55.84	0.000
Densidad pulpa(g/L)	1	0.0128	0.0128	0.03	0.855
%-200m	1	2.4139	2.4139	6.30	0.014
Error	89	34.0933	0.3831		
Total	92	60.7413			

En la tabla 6 la ley de cabeza expresado en g/t tiene un valor F de 55.84, seguida de %-200m con un valor F de 6.30 y densidad de pulpa g/L tiene un valor F de 0.03. Los valores de p calculado para la ley de cabeza son de 0.00, %-200m de 0.014 y densidad de pulpa g/L de 0.855.

Figura 14

Diagrama de Pareto defecto de la ley de cabeza, densidad de pulpa, %-200m en la recuperación de oro.



En la figura 14 en el diagrama de Pareto el valor de la ley de cabeza referente al bloque A y densidad de pulpa(g/L) referente al bloque C es superior a 1.987, mientras que el porcentaje de malla -200 es inferior al 1.987.

4.1.4. Efecto de la ley de cabeza en la recuperación del oro.

La recuperación del oro en relación de la ley de cabeza tiene un modelo matemático de $\%Recup. Au=93.449+0.1508 \text{ Ley Au g/t}$, con una desviación estándar s 0.633448, coeficiente correlación cuadrada en un 39.89% con un ajuste de 39.22% y del 36.90% predicha del coeficiente de correlación cuadrada.

Tabla 7

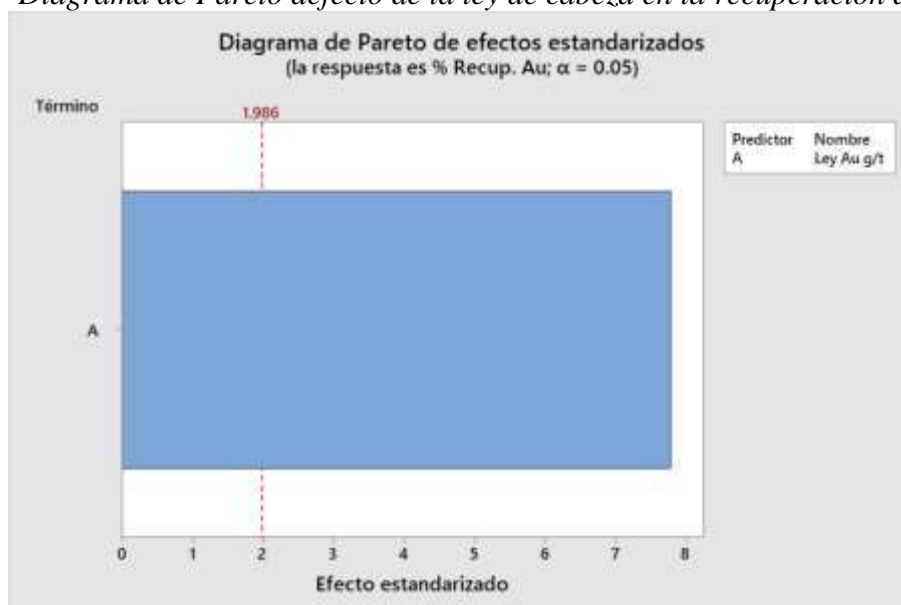
Análisis de Varianza de la ley de cabeza en la recuperación de oro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	24.227	24.2269	60.38	0.000
Ley Au g/t	1	24.227	24.2269	60.38	0.000
Error	91	36.514	0.4013		
Falta de ajuste	81	33.423	0.4126	1.33	0.324
Error puro	10	3.092	0.3092		
Total	92	60.741			

En la tabla 7 el valor F de la ley del oro para una ley de cabeza referente a la recuperación es de 60.38 y el valor p calculo es de 0.000 menor a 0.05

Figura 15

Diagrama de Pareto defecto de la ley de cabeza en la recuperación de oro.



En la figura 15 en el diagrama de Pareto el valor de la ley de cabeza referente al bloque A es superior a 1.986.

4.1.5. Efecto de la densidad de pulpa en la recuperación del oro.

La recuperación del oro en relación de la densidad de pulpa tiene un modelo matemático de $\% \text{Recup. Au} = 92.40 + 0.0031 \text{ densidad de pulpa g/L}$, con una desviación estándar $s = 0.81679$, coeficiente de correlación cuadrada en un 0.05% con un ajuste de 00.00% y del 00.00% predicha del coeficiente de correlación cuadrada.

Tabla 8

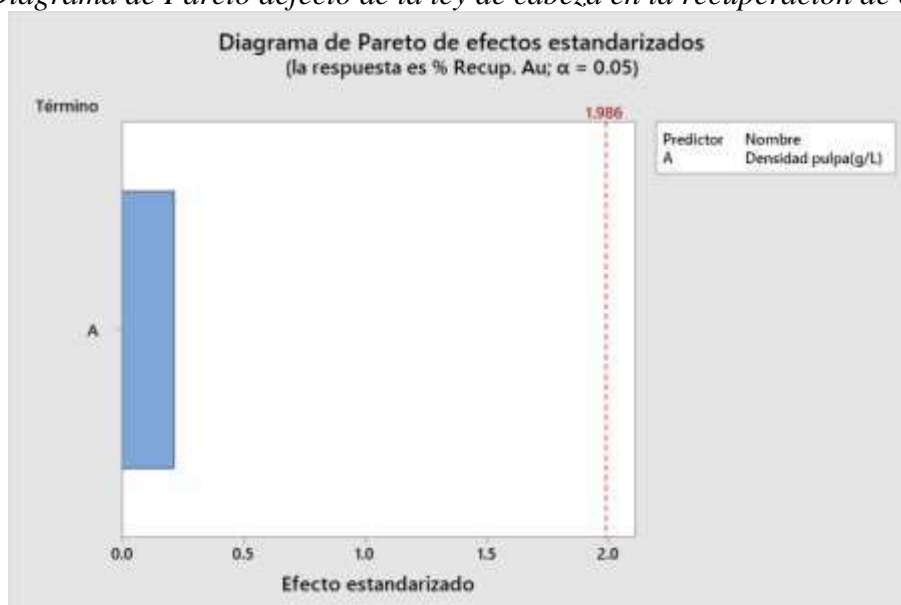
Análisis de Varianza de la ley de cabeza en la recuperación de oro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0.0310	0.03097	0.05	0.830
Densidad pulpa(g/L)	1	0.0310	0.03097	0.05	0.830
Error	91	60.7103	0.66715		
Falta de ajuste	8	2.4384	0.30479	0.43	0.897
Error puro	83	58.2720	0.70207		
Total	92	60.7413			

En la tabla 8 el valor F de la densidad de pulpa g/L referente a la recuperación es de 0.05 y el valor p calculado es de 0.830 mayor a 0.05

Figura 16

Diagrama de Pareto defecto de la ley de cabeza en la recuperación de oro



En la figura 16 en el diagrama de Pareto el valor de la densidad de pulpa referente al bloque A es inferior a 1.986.

4.1.6. Efecto de la liberación de mineral en la recuperación de oro.

La recuperación del oro en relación de la densidad de pulpa tiene un modelo matemático de $\% \text{Recup. Au} = 73.54 + 0.2672 \% - 200m$, con una desviación estándar de 0.780948, coeficiente de correlación cuadrada en un 8.63% con un ajuste de 7.63% y del 3.94% predicha del coeficiente de correlación cuadrada.

Tabla 9

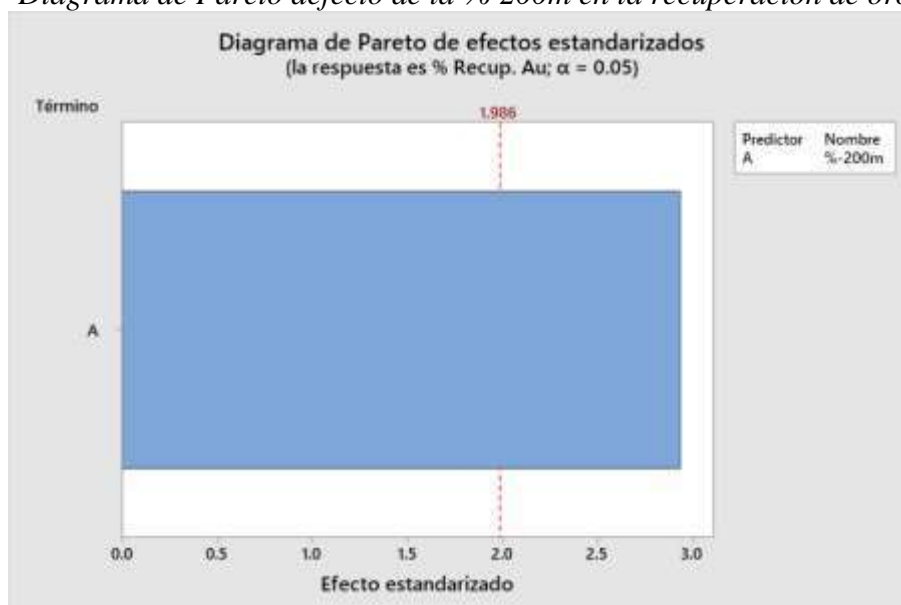
Análisis de Varianza de la $\% - 200m$ en la recuperación de oro

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	5.242	5.2423	8.60	0.004
$\% - 200m$	1	5.242	5.2423	8.60	0.004
Error	91	55.499	0.6099		
Falta de ajuste	28	8.926	0.3188	0.43	0.992
Error puro	63	46.573	0.7392		
Total	92	60.741			

En la tabla 9 el valor F de la recuperación de oro es de 8.60 y el valor p calculado es de 0.004 menor a 0.05.

Figura 17

Diagrama de Pareto defecto de la $\% - 200m$ en la recuperación de oro



En la figura 17 en el diagrama de Pareto el valor de la recuperación de oro referente al bloque A es mayor a 1.986.

4.2. Contratación de hipótesis.

4.2.1. Contrastación de hipótesis general.

Ha: Realizando una evaluación del proceso de cianuración permitirá ver el grado de extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

Ho: Realizando una evaluación del proceso de cianuración, **no** permitirá ver el grado de extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

En la evaluación de los parámetro en la tabla 7 de operación referente a ley de cabeza, densidad de pulpa y porcentaje pasante a la malla 200, el valor calculado de p para la ley de Au g/t es de 0.00 y %-200 es de 0.014 menor a 0.05 y para la densidad de pulpa es de 0.855 es mayor a 0.05 y en la figura 14 los bloque A y C son mayores a 1.987 y el bloque B es menor a 1.987.

Por lo que la ley de cabeza g/L y el porcentaje pasante a la malla 200 tienen influencia en la recuperación, mientras que la densidad de pulpa no influye en la recuperación del oro, en función a ello predetermina la hipótesis alternativa.

4.2.2. Contrastación de hipótesis específico.

Ha: El análisis de la interrelación de los datos de la densidad de pulpa con los datos de la recuperación permitirá encontrar el efecto de la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

Ho: El análisis de la interrelación de los datos de la densidad de pulpa con los datos de la recuperación, **no** permitirá encontrar el efecto de la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

La densidad de pulpa en la tabla 9 el valor de p calculado es de 0.830 mayor a 0.05 y en la figura 16 el bloque A del diagrama de Pareto es menor a 1.986, por lo tanto, no influye en la recuperación de oro en la cianuración, predeterminado la hipótesis nula.

Ha: El análisis de la interrelación de los datos de la ley de cabeza con los datos de la recuperación permitirá relacionar el efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

Ho: El análisis de la interrelación de los datos de la ley de cabeza con los datos de la recuperación, **no** permitirá relacionar el efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

La ley de cabeza de acuerdo la tabla 8 el valor de p calculado es de 0.00 menor a 0.05 y en la figura 15 el bloque A es mayor a 1.986, por lo que la ley de cabeza influye en la recuperación de oro en la cianuración, predeterminado la hipótesis alternativa.

Ha: El análisis de la interrelación de los datos de la liberación de mineral con los datos de la recuperación permite relacionar el efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

Ho: El análisis de la interrelación de los datos de la liberación de mineral con los datos de la recuperación, **no** permite relacionar el efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.

La liberación de la malla pasante malla 200 de acuerdo la tabla 10 el valor de p calculado es de 0.004 menor a 0.05 y en la figura 17 el bloque A supera el valor 1.986, por lo tanto, influye significativamente %-200m en la recuperación de oro, predeterminado la hipótesis alternativa.

Capítulo V

Discusión

5.1. Discusión de resultados.

En los resultados obtenidos a partir de los 93 datos de la ley de cabeza con promedio de 19.71 g/t de oro, densidad de pulpa en promedio de 1301.62 g/L, porcentaje pasante a la malla 200 del 85.637%, y porcentaje de sólido 37.653% no tiene un control adecuado tiene una oscilación excesiva sale de los parámetros de control. Los productos la solución barren tiene una.

Los datos evaluados tienen influencia significativa la ley de cabeza y el porcentaje de liberación pasante a la malla 200 ya que en el análisis de la varianza tabla 7 los valores p calculados es 0.00 y 0.014 respectivamente menor a 0.05 y los bloques A, C del diagrama de Pareto figura 14 es mayor a 1.987, mientras que la densidad de pulpa el p calculado es de 0.855 mayor a 0.05 y el bloque B es menor a 1.987. Por otra parte, para Rojas-Reyes et al. (2021) para una ley de cabeza de 81 g/t de oro tiene una recuperación del 76% en promedio, con presencia de pirita, cuarzo, del mismo Herrera Herrera (2022) con una de 14 g/t de oro en 6 horas con consumo de NaCN de 5 g/t se tiene una recuperación del 80%, la presencia de sulfuros no permite una recuperación adecuado, mientras que Morales Mulluni (2018) la liberación y el tiempo tiene efecto en la recuperación del oro y plata de mismo modo Vilcapoma Juño (2021) el tiempo, tamaño, pH, porcentaje de sólidos influyen en la recuperación de oro significativamente.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones.

En la investigación realizada sobre, “Evaluación del proceso de cianuración en la extracción de oro a nivel de planta”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Que la ley de cabeza g/L y el porcentaje pasante a la malla 200 tienen influencia significativa en la recuperación de oro, mientras que la densidad de pulpa no influye en la recuperación del oro, que el análisis de varianza los valor calculado de p para la ley de Au g/t es de 0.00 y %-200 es de 0.014 menor a 0.05, mientras que la densidad de pulpa es de 0.855 es mayor a 0.05 y los bloque A y C son mayores a 1.987 y el bloque B es menor a 1.987

Que la densidad de pulpa no influye en la recuperación de oro en la cianuración, ya que el análisis de varianza el valor de p calculado es de 0.830 mayor a 0.05 y el bloque A del diagrama de Pareto es menor a 1.986.

Que la ley de cabeza influye significativamente en la recuperación de oro en la cianuración, en el análisis de varianza el valor de p calculado es de 0.00 menor a 0.05 y el bloque A es mayor a 1.986.

Que el porcentaje pasante a la malla 200 influye significativamente en la recuperación de oro, el %-200m en el análisis de varianza el valor de p calculado es de 0.004 menor a 0.05 y el bloque A supera el valor 1.986.

Con los resultados de los datos en promedio evaluados de la ley de cabeza de 19.71 g/t con una densidad pulpa de 1301.61 g/L, porcentaje de solido de 37.653%, %-200m del orden de 85.637% y los resultados del proceso evaluados se tiene una ley solución de 0.04382 g/m³, la ley de relave de 0.6882 g/t y una recuperación de 96.421% de oro.

6.2. Recomendaciones.

En relación de los resultados obtenidos del estudio realizado sobre “Evaluación del proceso de cianuración en la extracción de oro a nivel de planta”, se llegaron a las siguientes recomendaciones:

Realizar un control de los parámetros de operación respecto a una adecuada blendin del mineral que ingresa al proceso para poder tener un control y minimizar la pérdida del oro en el relave.

Control de la liberación en la molienda, densidad de pulpa ya que sobrepasan los límites de control perjudicando la recuperación.

Evaluación del circuito de molienda para optimizar los parámetros de molienda y tener un mejor control de la liberación del mineral

Capítulo VII

Referencia bibliográfica

7.1. Referencia bibliográfica

- Astuhuamán Pardavé, A. R. (2009). *Estudio de parámetros en la lixiviación en pilas para optimizar la extracción de oro* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2215/Astuhuaman%20Pardav%C3%A9.pdf?sequence=1
- Bravo Jara, M. E., & Gonzales Salazar, B. (2021). Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro. *Repositorio institucional - UNJFSC*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3315537>
- Egas Saenz, A. (1985). *Evaluación de plantas concentradora*.
- Fuerstenau, M. C., & Han, K. N. (2003). *Principles of Mineral Processing*. SME.
- Gallego, A., Zapata, D., & Márquez, M. (2005). *Mineralogía aplicada a la definición del tipo de refractariedad en la mina de oro el zancudo, titiribí, Antioquia*. Boletín de Geología. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/3496/349631990005.pdf
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*.
- Idme Condori, J. R. (2019). *Optimización del proceso de cianuración en la compañía Arasqui Caraveli*.
- Machaca Huanca, E. R. (2014). *Investigación para la optimización de la recuperación de oro y plata por el proceso de cianuración intensiva en la planta Antapite*.
- Marsden, J., & House, I. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. SME.

- Mas, M. A., Aguirre, F. L., & Amaya, G. (2005a). Evaluación de los Procesos de Lixiviación por Agitación Convencional y Carbón en Pulpa en la Hidrometalurgia del Oro. *Información tecnológica*, 16(5), 27-33. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642005000500006>
- Mas, M. A., Aguirre, F. L., & Amaya, G. (2005b). Evaluación de los Procesos de Lixiviación por Agitación Convencional y Carbón en Pulpa en la Hidrometalurgia del Oro. *Información tecnológica*, 16(5), 27-33. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642005000500006>
- Misari Chuquipoma, F. S. (2010). *Metalurgia del Oro* (1era ed.). Editorial San Marcos. editorialsanmarcos.com
- Pino Mamani, J. (2014). Estudio de la cianuración en tanques de la Minera Antapite. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2720>
- Priester, M., & Vasquez, P. (2017). *Estudio de caso SOTRAMI del uso eficiente de los recursos energía y agua en la minería y la concentración de minerales en los países Andinos*. <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://minsus.net/mineria-sustentable/wp-content/uploads/2021/02/PDF-Estudio-de-caso-SOTRAMI.pdf>
- Wills, B. A. (1981). *Mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery: (in SI/metric units)* (2nd ed). Pergamon Press.

Anexos

Anexo 1 localización de la mina SOTRAMI



Anexo 2 Matriz de consistencia.

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología
Generales	¿En qué medida se evaluará el proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?	Evaluar el proceso de cianuración de la extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	Realizando una evaluación del proceso de cianuración permitirá ver el grado de extracción de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	<u>Independiente</u> • Evaluación del proceso de cianuración	Condiciones de cianuración	<u>Tipo de investigación:</u> Aplicada
				<u>Dependiente.</u> • Grado de extracción de oro	Parámetro	<u>Nivel de Investigación:</u> Correlacional
Específico	¿En qué medida la densidad de pulpa tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?	Analizar en qué medida la densidad de pulpa tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	El análisis de la interrelación de los datos de la densidad de pulpa con los datos de la recuperación permitirá encontrar el efecto de la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	<u>Independiente</u> - Densidad de pulpa	Condiciones de cianuración	<u>Diseño de Investigación:</u> No experimental
				<u>Dependiente.</u> - Recuperación de oro	Parámetro	<u>Enfoque de Investigación:</u> Cuantitativo
	¿En qué medida la ley de cabeza tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?	Analizar en qué medida la ley de cabeza tiene efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	El análisis de la interrelación de los datos de la ley de cabeza con los datos de la recuperación permitirá relacionar el efecto en la recuperación del oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	<u>Independiente</u> - Ley de cabeza	Condiciones de cianuración	<u>Población Muestra:</u> Cada 2 horas 200 g y ½ liros.
				<u>Dependiente.</u> - Recuperación de oro	Parámetro	<u>Técnica Recolección Datos:</u> Observación
	¿En qué medida la liberación de mineral tiene efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.?	Analizar en qué medida la liberación de mineral tiene efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	El análisis de la interrelación de los datos de la liberación de mineral con los datos de la recuperación permite relacionar el efecto en la recuperación de oro a nivel de planta en la minera SOTRAMI S.A.	<u>Independiente</u> - Liberación de minerales	Condiciones de cianuración	<u>Técnica Procesamiento</u>
				<u>Dependiente.</u> - Recuperación de oro	Parámetro	<u>Información:</u> Estadístico descriptiva.

ENERO			CABEZA GENERAL						G.E. = 2.600			OVER FLOW						COLAS						% RECURP.			
FECHA	Hra	TM/Hr	% H	TMSPD	Ley Au gr/TM	Fino Au (gr)	fino Au Acum.	DENSIDAD (g/L)	%S	Di	Vol. (m3)	SOLIDOS			LIQUIDO			Ley Au gr/TM	SOLIDO			LIQUIDO			Ley Au gr/TM		
												gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3	Finos gr Au	acum.		gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3	Finos gr Au	acum.			
1-mar.																											
2-mar.																											
3-mar.																											
4-mar.																											
5-mar.	2.00	7.600	3.09	14.73	24.926	367.17	367.17	1.300	37.50	1.67	24.55	4.917	72.43	72.43	5.371	131.86	131.86	8.952	0.850	12.52	12.52	0.022	0.540	0.540	0.887	96.44%	
6-mar.	23.40	8.280	3.09	187.77	24.926	4,680.23	4,680.23	1.300	37.50	1.67	312.94	4.917	923.24	995.67	5.371	1680.81	1812.67	8.952	0.850	159.60	159.60	0.022	6.885	7.425	0.887	96.44%	
7-mar.	23.50	8.842	2.32	202.97	16.731	3,395.83	3,395.83	1.300	37.50	1.67	338.28	5.825	1182.28	217.95	3.370	1139.99	2952.67	5.617	0.867	175.97	175.97	0.039	13.193	20.618	0.932	94.43%	
8-mar.	23.00	8.789	2.86	196.37	20.914	4,106.79	4,106.79	1.300	37.50	1.67	327.28	3.025	594.01	2771.95	6.844	2239.88	5192.54	11.407	0.825	162.00	162.00	0.041	13.418	34.036	0.893	95.73%	
9-mar.	24.00	9.125	3.24	211.90	21.500	4,577.14	4,577.14	1.290	36.53	1.74	368.16	2.284	483.99	3255.94	5.154	1897.51	7090.05	8.955	0.700	148.38	148.38	0.040	14.727	48.762	0.769	96.44%	
10-mar.	23.50	9.077	2.58	207.81	19.783	4,111.03	4,111.03	1.300	37.50	1.67	346.34	3.050	633.81	3889.75	6.128	2122.39	9212.45	10.213	0.700	145.46	145.46	0.041	14.200	63.963	0.768	96.12%	
11-mar.	23.50	9.025	2.95	205.83	19.783	4,071.95	4,071.95	1.300	37.50	1.67	343.05	6.250	1286.44	5176.20	6.139	2105.99	11318.44	10.232	0.617	127.00	127.00	0.047	16.123	79.086	0.695	96.49%	
12-mar.	24.00	8.200	2.68	191.59	15.086	2,896.40	2,896.40	1.300	37.50	1.67	319.99	5.092	977.63	6153.82	6.100	1951.93	13270.37	10.167	0.642	123.26	123.26	0.053	16.959	96.045	0.730	95.16%	
13-mar.	24.00	8.785	2.11	206.39	18.034	3,722.06	3,722.06	1.300	37.50	1.67	343.99	3.834	791.30	6945.13	5.428	1867.15	15137.52	9.047	0.584	120.53	120.53	0.056	19.263	115.309	0.677	96.24%	
14-mar.	24.00	8.487	4.57	194.38	18.446	3,585.47	3,585.47	1.300	37.50	1.67	323.97	3.450	670.61	7615.74	6.178	2001.46	17138.98	10.297	0.583	113.32	113.32	0.043	13.931	129.239	0.655	96.45%	
15-mar.	24.00	8.553	2.43	200.28	20.606	4,126.99	4,126.99	1.310	38.45	1.60	320.55	5.400	1081.53	8697.27	6.433	2062.12	19201.10	10.296	0.550	110.16	110.16	0.039	12.502	141.741	0.612	97.03%	
16-mar.	22.50	8.789	2.10	193.60	17.246	3,338.76	3,338.76	1.310	38.45	1.60	309.86	5.842	1131.01	9828.28	6.841	2119.72	21320.82	10.949	0.542	104.93	104.93	0.048	14.873	156.614	0.619	96.41%	
17-mar.	23.50	8.602	3.11	195.86	16.663	3,263.62	3,263.62	1.300	37.50	1.67	326.43	4.417	865.11	10693.39	6.962	2272.63	23593.46	11.603	0.508	99.50	99.50	0.037	12.078	168.692	0.570	96.58%	
18-mar.	21.00	9.493	2.99	193.39	18.446	3,567.26	3,567.26	1.310	38.45	1.60	309.52	3.083	596.23	11289.62	7.532	2331.33	25924.79	12.055	0.717	138.66	138.66	0.074	22.905	191.597	0.835	95.47%	
19-mar.	24.00	8.812	3.46	204.17	20.434	4,172.08	4,172.08	1.310	38.45	1.60	326.77	2.717	554.73	11844.35	9.056	2959.27	28884.06	14.494	0.650	132.71	132.71	0.075	24.508	216.105	0.770	96.23%	
20-mar.	24.00	8.412	3.44	198.94	16.563	3,248.31	3,248.31	1.310	38.45	1.60	312.01	4.300	836.26	12682.61	8.420	2627.09	31511.14	13.476	0.450	87.72	87.72	0.069	21.528	237.633	0.560	96.64%	
21-mar.	24.00	8.429	4.24	193.72	19.440	3,765.89	3,765.89	1.310	38.45	1.60	310.05	6.725	1302.76	13985.37	7.614	2360.69	33871.83	12.186	0.700	135.60	135.60	0.070	21.703	259.336	0.812	95.82%	
22-mar.	22.00	9.060	3.09	194.92	20.674	4,029.71	4,029.71	1.300	37.50	1.67	324.86	7.675	1495.99	15481.36	8.587	2789.59	36661.42	14.312	0.592	115.39	115.39	0.064	20.791	280.127	0.699	96.62%	
23-mar.	24.00	9.027	3.46	209.15	13.989	2,925.83	2,925.83	1.310	38.45	1.60	334.75	8.350	1746.42	17227.77	7.171	2400.47	39061.89	11.477	0.642	134.28	134.28	0.042	14.059	294.187	0.709	94.93%	
24-mar.	23.36	7.593	2.57	172.81	23.726	4,100.19	4,100.19	1.310	38.45	1.60	276.59	3.800	656.69	17884.47	13.000	3595.65	42657.54	20.806	0.642	110.95	110.95	0.062	17.148	311.335	0.741	96.88%	
25-mar.	23.30	7.150	3.02	161.56	16.697	2,697.63	2,697.63	1.300	37.50	1.67	269.27	3.634	587.12	18471.59	7.478	2013.62	44671.16	12.463	0.567	91.61	91.61	0.061	16.426	327.761	0.669	96.00%	
26-mar.	24.00	9.206	2.72	214.93	20.914	4,495.14	4,495.14	1.300	37.50	1.67	358.22	3.175	682.42	19154.01	8.159	2922.75	47593.91	13.598	0.717	154.11	154.11	0.055	19.559	347.230	0.808	96.14%	
27-mar.	24.00	8.945	3.95	206.20	24.377	5,026.54	5,026.54	1.300	37.50	1.67	343.67	3.800	783.56	19937.57	8.602	2956.22	50550.13	14.337	0.625	128.88	128.88	0.058	19.933	367.253	0.722	97.04%	
28-mar.	22.70	9.071	3.30	199.12	22.800	4,539.86	4,539.86	1.310	38.45	1.60	318.69	2.867	570.87	20508.44	9.557	3048.68	53595.81	15.296	0.650	129.43	129.43	0.060	19.121	386.374	0.746	96.73%	
29-mar.	23.50	9.001	4.52	201.96	22.766	4,597.88	4,597.88	1.310	38.45	1.60	323.24	7.916	1598.74	22107.17	7.208	3239.92	55925.73	11.536	0.642	129.66	129.66	0.064	20.687	407.061	0.744	96.73%	
30-mar.	23.50	9.017	3.13	205.27	25.029	5,137.63	5,137.63	1.310	38.45	1.60	328.53	6.900	1416.34	23523.51	8.860	2910.77	58836.49	14.180	0.592	121.518	121.52	0.061	20.040	427.101	0.690	97.00%	
31-mar.	21.50	9.016	2.61	188.78	18.206	3,437.01	3,437.01	1.300	37.50	1.67	314.64	7.920	1416.34	23523.51	8.860	2910.77	58836.49	14.180	0.517	97.603	97.60	0.062	19.508	446.609	0.620	96.59%	
TOTAL	609.96	8.682	3.10	5,150.81	19.80	101,984.40		1,303.70	37.85	1.64	8,456.19	4.720	24,316.41		7.26	61,516.29		11.94	0.65	3,310.70		0.052	446.61		0.05	96.26%	

ENERO			CABEZA GENERAL						G.E. = 2.600			OVER FLOW						COLAS						% RECURP.				
FECHA	Hra	TM/Hr	% H	TMSPD	Ley Au gr/TM	Fino Au (gr)	fino Au Acum.	DENSIDAD (g/L)	%S	Di	Vol. (m3)	SOLIDOS			LIQUIDO			Ley Au gr/TM	SOLIDO			LIQUIDO			Ley Au gr/TM			
												gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3	Finos gr Au	acum.		gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3	Finos gr Au	acum.				
1-feb.																												
2-feb.																												
3-feb.																												
4-feb.	15.66	8.357	3.06	126.87	20.057	2,544.55	2,544.55	1.300	37.50	1.67	211.44	11.617	1473.80	1473.80	2.463	520.76	520.76	15.722	0.617	78.28	78.28	0.035	7.379	7.379	0.675	96.63%		
5-feb.	23.50	8.234	2.94	187.81	20.126	3,779.87	3,779.87	1.310	38.45	1.60	300.59	10.067	1890.68	3364.49	3.120	937.84	1458.60	15.061	0.517	97.10	175.37	0.032	6.649	17.028	0.568	97.18%		
6-feb.	18.50	7.958	2.85	143.03	23.246	3,324.81	3,324.81	1.305	37.98	1.63	233.57	11.759	1681.86	5046.34	3.589	838.28	2296.88	17.620	0.550	78.66	254.04	0.052	12.146	29.174	0.635	97.27%		
7-feb.	24.00	8.375	2.52	195.93	24.000	4,702.44	4,702.44	1.305	37.98	1.63	319.97	7.583	1485.77	6532.12	7.693	2461.52	4758.40	20.146	0.334	65.44	319.48	0.031	9.919	39.093	0.385	98.40%		
8-feb.	9.00	7.578	1.88	66.92	21.669	1,450.09	1,450.09	1.300	37.50	1.67	111.53	6.633	443.88	6976.00	7.787	868.54	5626.95	19.612	0.317	21.21	340.69	0.089	9.882	48.975	0.465	97.86%		
9-feb.							15,801.75																					
10-feb.							15,801.75																					
11-feb.	4.50	7.480	2.31	32.88	17.177	564.83	16,366.57	1.300	37.50	1.67	54.80	7.367	242.23	7218.23	3.812	208.91	5835.86	13.720	0.650	21.37	362.07	0.033	1.798	50.772	0.705	95.90%		
12-feb.	24.00	8.499	2.31	199.26	17.177	3,422.79	19,789.36	1.310	38.45	1.60	318.92	8.400	1673.82	8892.05	5.147	1641.49	7477.35	16.638	0.683									

ENERO			CABEZA GENERAL					G.E = 2.600					OVER FLOW					COLAS					% RECUP.				
FECHA	Hra	TM/Hr	% H	TMSPD	Ley Au gr/TM	Fino Au (gr)	fino Au Acum.	DENSIDAD (g/L)	%S	Di	Vol. (m3)	gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3	Finos gr Au	acum.	Ley Au gr/TM	gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3		Finos gr Au	acum.	Ley Au gr/TM	
1-ene.																											
2-ene.																											
3-ene.																											
4-ene.																											
5-ene.																											
6-ene.																											
7-ene.																											
8-ene.																											
9-ene.																											
10-ene.	21.00	7.678	3.65	155.35	22.697	3,526.06	3,526.06	1.310	38.45	1.60	248.64	3.617	561.86	561.86	11.470	2851.92	2851.92	21.974	0.000				0.000				0.00%
11-ene.	21.50	8.750	3.63	181.30	24.686	4,475.42	8,001.49	1.300	37.50	1.67	302.16	3.767	682.88	1244.74	13.791	4166.94	7018.86	26.751	0.000				0.000				0.00%
12-ene.	23.50	8.080	4.28	181.75	23.966	4,355.84	12,357.33	1.300	37.50	1.67	302.92	3.642	661.94	1906.68	10.382	3144.94	10163.79	20.945	0.417	75.79	75.79	0.055	16.661	16.661	0.509	97.88%	
13-ene.	24.00	8.177	4.16	188.08	20.640	3,882.05	16,239.38	1.305	37.98	1.63	307.15	2.200	413.78	2320.47	10.258	3150.73	13314.52	18.952	0.708	133.16	208.95	0.048	14.743	31.044	0.786	96.19%	
14-ene.	21.75	8.360	3.45	175.56	18.617	3,268.37	19,507.75	1.300	37.50	1.67	292.59	3.858	677.30	2997.77	8.177	2392.55	15707.07	17.486	0.825	144.83	220.63	0.042	12.289	43.693	0.895	95.19%	
15-ene.	24.00	8.220	3.01	191.34	17.040	3,260.47	22,768.22	1.305	37.98	1.63	312.47	4.708	900.84	3898.60	6.366	1989.18	17696.25	15.104	0.800	153.07	373.70	0.042	13.124	56.817	0.869	94.90%	
16-ene.	22.00	8.466	2.78	181.07	18.720	3,389.71	26,157.93	1.300	37.50	1.67	301.79	1.717	310.81	4209.42	9.282	2801.22	20497.47	17.187	0.663	119.96	493.66	0.044	13.279	70.095	0.736	96.07%	
17-ene.	23.50	8.329	3.02	189.82	20.640	3,917.89	30,075.82	1.300	37.50	1.67	316.37	5.075	963.34	5172.76	6.045	1912.44	22409.91	15.150	0.708	134.38	628.05	0.046	14.553	84.648	0.785	96.20%	
18-ene.	24.00	8.296	3.19	192.75	21.429	4,130.41	34,206.23	1.325	39.86	1.51	290.84	4.933	950.85	6123.60	6.949	2201.05	24430.95	15.418	0.650	125.29	753.34	0.040	11.634	96.283	0.710	96.69%	
19-ene.	23.00	8.537	2.94	190.58	20.297	3,868.19	38,074.42	1.297	37.21	1.69	321.58	2.308	439.85	6563.46	7.611	2447.54	26878.49	15.151	0.617	117.59	870.93	0.038	12.220	108.502	0.681	96.64%	
20-ene.	24.00	8.342	2.75	194.70	19.817	3,858.44	41,932.87	1.305	37.98	1.63	317.96	3.750	730.13	7293.59	6.959	2212.66	29091.15	15.114	0.542	105.53	976.46	0.032	10.175	118.676	0.594	97.00%	
21-ene.	17.00	7.937	3.34	130.42	20.091	2,620.32	44,553.18	1.300	37.50	1.67	217.37	3.383	441.22	7734.81	6.640	1443.38	30534.53	14.450	0.517	67.43	1043.89	0.025	5.434	124.111	0.559	97.22%	
22-ene.	24.00	8.242	3.32	191.24	19.646	3,757.12	48,310.30	1.305	37.98	1.63	312.30	5.200	994.45	8729.06	6.455	2015.76	32550.30	15.740	0.567	108.34	1152.22	0.025	7.808	131.918	0.607	96.91%	
23-ene.	24.00	8.707	5.45	197.58	16.217	3,204.14	51,514.44	1.305	37.98	1.63	322.65	6.108	1206.81	9936.08	3.846	1240.93	33791.23	12.389	0.434	85.75	1237.97	0.019	6.130	138.049	0.465	97.13%	
24-ene.	24.00	8.887	2.36	208.25	15.943	3,320.20	54,834.64	1.305	37.98	1.63	340.09	9.284	1934.43	11869.51	2.657	903.61	34694.84	13.623	0.625	130.16	1368.13	0.014	4.761	142.810	0.648	95.94%	
25-ene.	22.00	8.761	2.59	187.75	18.617	3,495.34	58,329.98	1.305	37.98	1.63	306.60	10.634	1996.53	13866.04	4.011	1229.78	35924.63	17.184	0.850	159.59	1527.72	0.017	5.212	148.022	0.878	95.29%	
26-ene.	23.00	8.785	2.01	197.99	16.526	3,272.04	61,602.03	1.305	37.98	1.63	323.33	11.242	2225.85	16091.89	3.006	971.93	36896.56	16.151	0.767	151.86	1679.58	0.019	6.143	154.165	0.798	95.17%	
27-ene.	23.50	8.765	2.32	201.20	21.360	4,297.61	65,899.63	1.305	37.98	1.63	328.57	11.434	2300.51	18392.40	3.235	1062.91	37959.47	16.717	0.567	114.080	1793.66	0.014	4.600	158.765	0.590	97.24%	
28-ene.	20.66	8.907	2.67	179.11	22.869	4,095.96	69,995.59	1.305	37.98	1.63	292.49	8.559	1532.96	19923.36	4.665	1364.45	39323.92	7.618	0.542	97.075	1890.74	0.034	9.945	168.710	0.598	97.39%	
29-ene.	6.50	9.384	2.48	99.48	21.843	1,305.24	71,300.83	1.300	37.50	1.67	99.14	9.201	547.31	2072.66	4.096	406.07	39729.99	6.827	0.526	31.288	1922.02	0.044	4.362	173.072	0.599	97.27%	
30-ene.	24.00	9.937	2.86	231.67	18.549	4,297.20	75,598.03	1.300	37.50	1.67	386.11	9.842	2280.07	22752.73	3.526	1361.43	40191.42	5.877	0.509	117.919	2039.94	0.053	20.464	193.536	0.597	96.78%	
31-ene.	20.00	9.835	3.46	189.89	23.863	4,531.44	80,129.48	1.300	37.50	1.67	316.49	9.842	1868.94	24621.67	4.275	1353.00	42444.42	7.125	0.900	170.905	2210.85	0.027	8.545	202.081	0.945	96.04%	
TOTAL	480.91	8.608	3.17	3,996.90	18.91	75,598.03	1,303.73	37.86	1.64	6,243.12	6.105	22,752.73	6.53	41,091.42	10.28	0.58	2,173.11	0.031	193.54	0.03	87.29%						

ABRIL			CABEZA GENERAL					G.E = 2.600					OVER FLOW					COLAS					% RECUP.					
FECHA	Hra	TM/Hr	% H	TMSPD	Ley Au gr/TM	Fino Au (gr)	fino Au Acum.	DENSIDAD (g/L)	%S	Di	Vol. (m3)	gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3	Finos gr Au	acum.	Ley Au gr/TM	gr Au/TM	Finos gr. Au	acum.	gr. Au/m3		Finos gr Au	acum.	Ley Au gr/TM		
1-abr.																												
2-abr.																												
3-abr.	5.60	8.482	2.67	46.23	18.549	857.54	857.54	1.300	37.50	1.67	77.05	3.583	165.65	165.65	18.706	1441.33	1441.33	31.177	0.550	25.43	25.43	0.023	1.749	1.749	0.588	96.83%		
4-abr.	23.66	8.587	2.76	197.56	18.960	3,745.76	3,745.76	1.300	37.50	1.67	329.27	5.133	1014.08	1179.73	6.743	2220.26	3661.58	11.238	0.666	131.58	157.00	0.055	18.110	19.859	0.758	96.00%		
5-abr.	24.00	7.504	2.98	174.73	25.611	4,474.99	4,474.99	1.300	37.50	1.67	291.22	9.525	1664.30	2844.02	5.776	1682.06	5343.64	9.627	0.425	74.26	231.26	0.051	14.852	34.711	0.510	98.01%		
6-abr.	24.00	7.477	2.57	174.84	29.657	5,185.12	5,185.12	1.300	37.50	1.67	291.39	10.034	1929.14	4773.16	6.088	1774.00	7117.65	10.147	0.558	97.56	328.82	0.052	15.152	49.863	0.645	97.83%		
7-abr.	22.40	8.000	4.51	171.12	24.926	4,265.29	4,265.29	1.300	37.50	1.67	285.20	2.659	455.00	5228.17	16.038	4574.07	11691.72	26.731	0.725	124.06	452.88	0.051	14.545	64.408	0.810	96.75%		
8-abr.	23.10	7.580	4.10	167.92	19.714	3,310.35	3,310.35	1.300	37.50	1.67	279.86	3.292	552.79	5780.96	9.900	2770.66	14462.38	16.500	0.658	110.49	563.37	0.054	15.113	79.521	0.748	96.21%		
9-abr.	21.30	8.310	2.37	172.81	20.366	3,519.41	3,519.41	1.300	37.50	1.67	288.01	3.884	671.10	6452.06	6.121	1762.81	16225.20	10.201	0.442	76.29	639.67	0.046	13.220	92.741	0.518	97.46%		
10-abr.	21.10	8.280	2.81	169.80	17.589	2,986.59	2,986.59	1.295	37.02	1.70	288.90	4.442	754.16	7206.22	4.772	1378.77	17603.96	8.120	0.350	59.43	699.10	0.038	10.877	103.618	0.414	97.65%		
11-abr.	23.40	7.837	2.90	178.07	18.000	3,205.22	3,205.22	1.295	37.02	1.70	302.97	3.900	694.46	7900.68	5.485	1661.72	21905.60	9.332	0.625	111.29	810.39	0.045	13.619	117.236	0.701	96.10%		
12-abr.	23.30	7.920	3.25	178.54	27.566	4,921.59	4,921.59	1.298	37.26	1.68	300.64	2.367	422.51	8323.19	6.769	2035.01	33007.70	11.398	0.567	101.14	911.53	0.043	12.883	130.219	0.639	97.68%		
13-abr.	24.00	8.304	4.35	190.63	17.280	3,294.03	3,294.03	1.303	37.74	1.65	314.48	1.983	378.01	8701.20	6.301	1981.38	23282.07	10.394	0.558	106.37	1017.90	0.030	9.434	139.553	0.607	96.48%		
14-abr.	24.00	7.600	2.80	177.29	14.640	2,595.57	2,595.57	1.310	38.45	1.60	283.76	2.150	381.18	9082.38	4.241	1203.27	24485.34	6.787	0.433	76.77	1094.67	0.045	12.627</					

