



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

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

**Control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación  
de oro en la Compañía Minera Horizonte S.A.**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico**

**Autor**

**Augusto Francisco Hernando Pizarro Ibañez**

**Asesor**

**M(o). Joaquin 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**

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Augusto Francisco Hernando Pizarro Ibañez	73214108	31 – 01- 2024
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Joaquín José Abarca Rodríguez	15740291	0000-0003-1004-3824
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CODIGO ORCID</b>
Víctor Raúl Coca Ramírez	15601160	0000-0002-2287-7060
Juan Manuel Ipanaque Roña	32952515	0000-0003-2695-9802
Jaime Imán Mendoza	40936175	0000-0001-6232-0884

## CONTROL DE PARÁMETROS EN LAS OPERACIONES DE MOLIENDA Y CIANURACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE ORO EN LA COMPAÑÍA MINERA HORIZONTE S.A.

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Escuela Politecnica Nacional</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>renatiqa.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>redi.unjbg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

**Control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación  
de oro en la Compañía Minera Horizonte S.A.**

**Autor**

**Augusto Francisco Hernando Pizarro Ibañez**

**Febrero 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**

Control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la  
Compañía Minera Horizonte S.A.



VICTOR RAUL COCA RAMIREZ  
INGENIERO QUIMICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 48944

---

**Dr. Victor Raul Coca Ramirez**  
**Presidente**



---

**Dr. Juan Manuel Ipanaque Roña**  
**Secretario**



Mg. Ing. JAIME IMAN MENDOZA  
C.I.P. 108834 DNU 432

---

**M(o). Jaime Imán Mendoza**  
**Vocal**



JOAQUIN JOSE  
ABARCA RODRIGUEZ  
INGENIERO METALURGICO  
Reg CIP N°108833

---

**M(o) Joaquín José Abarca Rodríguez**  
**Asesor**

## **DEDICATORIA**

Las líneas que surcan las hojas blancas convertida en un pequeño aporte de mi conocimiento, se lo dedico a los seres que me dieron la vida y hermanos quienes estuvieron en todo momento apoyándome con un granito de área y moral.

## **AGRADECIMIENTO**

Al ser supremo por permitirme llegar y guiarme en el camino de la vida y a todos quienes contribuyeron en el desarrollo profesional y realizar este humilde aporte de mi tesis, y el apoyo moral, económico que día a día me brindaron.

**ÍNDICE GENERAL**

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE DE TABLA.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURA .....	xiv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii
CAPITULO I.....	19
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA .....	19
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	19
1.2. Formulación del problema. ....	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problema.....	19
1.3. Objetivos. ....	20
1.3.1. Objetivos.....	20
1.3.2. Objetivos.....	20
1.4. Justificación de la investigación. ....	20
1.5. Delimitación del estudio. ....	20
1.5.1. Delimitación.....	20
1.5.2. Delimitación.....	21

1.5.3.	Delimitación.....	21
1.6.	Viabilidad del estudio. ....	21
CAPITULO II .....		22
MARCO TEORICOS .....		22
2.2.	Antecedentes de la Investigación.....	22
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	22
2.1.2.	Antecedentes Nacionales. ....	23
2.2.	Molienda y cianuración.....	24
2.2.1.	Molienda. ....	24
2.1.1.	Mecanismo de molienda. ....	25
2.1.2.	Medios de molienda. ....	25
2.1.3.	Variables de operativas de los molinos. ....	26
2.1.4.	Factores que Influyen en la Capacidad de Molienda .....	28
2.1.5.	Caracterización de la partícula del mineral. ....	29
2.2.2.	Cianuración. ....	30
2.2.3.	<i>Factores que influyen en la cianuración de minerales auríferos.</i> .....	31
2.2.3.1.	Granulometría.....	31
2.2.3.2.	Tiempo de contacto de la cianuración de minerales auríferos. ....	31
2.2.3.3.	Concentración del cianuro de sodio como disolvente.....	32
2.2.3.4.	Temperatura del Disolvente .....	33
CAPITULO III .....		38
METODOLOGÍA .....		38

3.1.	Diseño metodológico. ....	38
3.1.1.	Tipo de Investigación. ....	38
3.1.2.	Nivel de Investigación. ....	38
3.1.3.	Diseño de la Investigación. ....	38
3.1.4.	Enfoque de la Investigación. ....	38
3.2.	Población y muestra. ....	39
3.2.1.	Población. ....	39
3.2.2.	Muestra. ....	39
3.3.	Operacionalización de variables. ....	39
3.4.	Técnica e instrumento de recolección de datos. ....	40
3.4.1.	Técnicas a emplear. ....	40
3.4.2.	Descripción de los instrumentos. ....	40
3.5.	Técnica para el procesamiento de la Información. ....	40
3.1.	Matriz de Consistencia. ....	41
CAPITULO IV .....		42
RESULTADOS .....		42
4.1.	Análisis de Resultados. ....	42
4.1.1.	Datos Obtenidos Durante el Periodo de Estudio. ....	42
4.1.2.	Tratamiento de Datos. ....	44
4.2.	Contrastación de Hipótesis. ....	69
4.2.1.	Contrastación de Hipótesis General. ....	69
4.2.2.	Contrastación de Hipótesis Especifico. ....	69

CAPÍTULO V ..... 71

DISCUSIÓN ..... 71

5.1. Discusión de Resultados. .... 71

CAPÍTULO VI..... 73

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 73

6.1. Conclusiones..... 73

6.2. Recomendaciones. .... 74

CAPÍTULO V BIBLIOGRAFÍA ..... 75

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Operaciones de las variables de estudio.....	39
Tabla 2 Matriz de consistencia.....	41
Tabla 2 Datos recopilados de planta de molienda, cianuración de planta .....	42
Tabla 3 Coeficiente en la recuperación de oro en función de las variables intervinientes .....	44
Tabla 4 Análisis de Varianza en la recuperación de oro en función de las variables intervinientes.....	45
Tabla 5 Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes recuperación de oro en función de las variables intervinientes.....	46
Tabla 6 Coeficientes correlación recuperación Au densidad de pulpa %-200m .....	54
Tabla 7 Análisis de Varianza de recuperación Au vs densidad de pulpa %-200m.....	54
Tabla 8 Ajustes y diagnósticos para recuperación Au vs densidad de pulpa %-200m .....	55
Tabla 9 Coeficientes correlación recuperación Au ley de cabeza y fuerza de cianuro .....	64
Tabla 10 Análisis de varianza en la recuperación Au vs ley de cabeza y fuerza de cianuro...	64
Tabla 11 Ajustes y diagnósticos para la recuperación Au vs ley de cabeza y fuerza de cianuro .....	65

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Concentración de cianuro de sodio m/l.....	33
Figura 2 Diagrama de Pourbaix. de Au-CN-H <sub>2</sub> O.....	34
Figura 3 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados recuperación Au función de las variables intervinientes. ....	46
Figura 4 Parámetros de control de la liberación %-200m .....	47
Figura 5 Capacidad de proceso con seis sigmas en la liberación %-200m.....	48
Figura 6 Capacidad de proceso con seis sigmas en la liberación %-200m. ....	49
Figura 7 Parámetros de control de la densidad de pulpa (g/L) .....	50
Figura 8 Capacidad de proceso con seis sigmas en la densidad de pulpa g/L. ....	51
Figura 9 Intervalo de tolerancia en la densidad de pulpa g/L. ....	52
Figura 10 Área de distribución de la recuperación de oro vs densidad de pulpa g/L y %-200m .....	53
Figura 11 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados recuperación Au vs densidad de pulpa y %-200m.....	55
Figura 12 Parámetros de Control de la recuperación de oro.....	56
Figura 13 Parámetros de Control de la ley de cabeza g/t Au .....	57
Figura 14 Capacidad de proceso con seis sigmas en la ley de cabeza g Au/t.....	58
Figura 15 Intervalo de tolerancia en la ley de cabeza g Au/t.....	59
Figura 16 Parámetros de Control de la fuerza del cianuro g/L .....	60
Figura 17 Capacidad de proceso con seis sigmas en la fuerza de NaCN g/L.....	61
Figura 18 Intervalo de tolerancia en la fuerza NaCN g/L.....	62
Figura 19 Área de distribución de la recuperación de oro vs fuerza de NaCN g/L y ley de cabeza g/t Au. ....	63

Figura 20 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados recuperación Au vs ley de cabeza y fuerza de cianuro. ....65

Figura 21 Parámetros de Control de la recuperación de oro.....66

Figura 22 Capacidad de proceso con seis sigmas en la recuperación de Au. ....67

Figura 23 Intervalo de tolerancia en la recuperación de oro.....68

## RESUMEN

El propósito de la investigación es establecer los parámetros de control en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación de oro en la compañía minera Horizonte S.A. Es un estudio netamente aplicada a nivel industrial, con niveles explicativa de los parámetros de control, perteneciente al diseño no experimental y con un enfoque cuantitativa.

Los resultados de los parámetros para la liberación pasante a la malla 200 se tiene LI 69,436% y LS 72,894%. Mientras que la densidad de pulpa es de LI 1401,732g/L y LS 1422,190 g/L. Por otra parte, la ley de cabeza tiene LI 5,442 g/t y LS 10,113 g/t y para la fuerza de cianuro de sodio su LI 1,703 g/L y LS 2,984 g/L. Con ello se tiene una recuperación de oro LI 93,648% y LS 96,453%.

Se concluye que la dispersión real del proceso es representada por 6 sigma, sin embargo, al ser menor  $cp$  menor a 1,33 se requiere el ajuste de los parámetros de control para mejorar la recuperación del oro y que las variables que tiene influencia por tener  $t$  mayor 2,4 en la recuperación son ley de cabeza (Au g/t) positivamente +5,89, %-200m 2,50, Relave (Au g/t) - 9,62, reafirmando con el diagrama de Pareto las tres variables son superior a 2,02.

Palabra clave: Control de parámetros lixiviación, Parámetros de cianuración, control de variable de molienda y cianuración.

## ABSTRACT

The purpose of the investigation is to establish the control parameters in the milling and cyanidation operations in the recovery of gold at Horizonte S.A. It is a study clearly applied at an industrial level, with explanatory levels of control parameters, belonging to the non-experimental design and with a quantitative approach.

The results of the parameters for the through-release to the 200 mesh have LI 69.436% and LS 72.894%. While the pulp density is LI 1401,732g / L and LS 1422,190 g / L. On the other hand, the head grade has LI 5,442 g / t and LS 10,113 g / t and for the sodium cyanide strength its LI 1,703 g / L and LS 2,984 g / L. With this, there is a recovery of gold LI 93.648% and LS 96.453%.

It is concluded that the real dispersion of the process is represented by 6 sigma, however, since it is less cp less than 1.33, the adjustment of the control parameters is required to improve the recovery of gold and that the variables that have an influence to have t greater than 2.4 in the recovery are head grade (Au g / t) positively + 5.89,% -200m 2.50, Tail (Au g / t) -9.62, reaffirming with the Pareto diagram the three variables are greater than 2.02.

Keyword: Leaching parameters control, cyanidation parameters, milling variable control and cyanidation.

## INTRODUCCIÓN

En el proceso de producción de oro mediante la cianuración se inició en 1887 por MacArthur quien aplicó por primera vez en la disolución de oro en la minería en el mundo, siendo una de las técnicas más empleadas actualmente en la extracción de oro por sus métodos, técnicas y económicos factible.

En el Perú con la explotación de minerales auríferos de alta ley desde la invasión de los españoles hasta la actualidad se han agotado, por ello es necesario la búsqueda para el aprovechamiento de minerales de baja ley de oro, para su tratamiento industrial por percolación en pilas como por agitación en el cual se usa el cianuro sodio para su disolución y sea rentable, por ello es necesario el control de ciertos parámetros.

En los tanque de agitación de minerales en pulpa, es necesario el control de parámetros de las variables que interfieren en la recuperación de oro, estos parámetros más comunes es la ley de cabeza, flujo del mineral, liberación, densidad de pulpa, pH, tiempo de cianuración, fuerza de cianuro, carbón, ley de relave, etc., ello permite obtener una recuperación de oro óptimo.

Los controles de parámetros tienen márgenes o límite superior e inferior, para poder tener un control en todas las operaciones, desde el punto de vista de control se establece con seis sigmas.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática .

En los proyectos mineros donde se realiza una recuperación de oro y plata mediante la cianuración en tanque se realizan los estudios del comportamiento de los minerales y las variables que intervienen en la molienda y cianuración por ello es necesario el control de los parámetros de operación de las variables que se debe de tener en cuenta a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

En la extracción de oro por agitación en carbón activado en pulpa a una granulometría de liberación 85% -200m, pH en un rango de 10 – 11, para una dosis de 200 kg NaCN, 100 kg de NaOH a un consumo de 150 m<sup>3</sup> de agua por día con un incremento de tiempo se tiene una recuperación del orden de 94% de oro (**Machaca Chuquimamani, 2019**).

Por las consideraciones expuestas es necesario buscar parámetro de control en el tratamiento de los minerales por agitación con la finalidad de obtener una recuperación satisfactorio.

#### 1.2. Formulación del problema.

##### 1.2.1. Problema general.

¿En qué medida se podrá realizar el control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.?

##### 1.2.2. Problema específico.

¿En qué medida el control de los parámetros de liberación del mineral en la molienda y densidad de pulpa nos permitirá una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.?

¿En qué medida el control de los parámetros de fuerza de cianuro y ley de cabeza, nos permitirá una recuperación óptima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.?

### 1.3. **Objetivos.**

#### 1.3.1. **Objetivos Generales.**

Establecer el control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

#### 1.3.2. **Objetivos Específicos.**

Establecer el parámetro de liberación del mineral en la molienda y densidad de pulpa para una recuperación óptima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

Establecer el parámetro fuerza de cianuro y ley de cabeza, para una recuperación óptima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

### 1.4. **Justificación de la investigación .**

La importancia sobre el trabajo realizara sobre control de parámetros en las operaciones de molienda, recuperación de oro por extracción con NaCN a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A, permitirá encontrar los parámetros de control de las operaciones tanto en la molienda y cianuración, que se tenga una recuperación óptima del oro en el presente trabajo de investigación que se realizará.

### 1.5. **Delimitación del estudio.**

#### 1.5.1. **Delimitación Territorial.**

El trabajo de pilotaje para establecer los parámetros operaciones de proceso de producción se encuentra localizado en:

**Departamento** : La Libertad.

**Provincia** : Pataz

**Distrito** : Parcoy

**Empresa** : Consocio Minero Horizonte S.A.

Coordenadas latitud oeste  $77^{\circ}36'$ , latitud sur  $08^{\circ}00'$  a 3100 msnm

#### 1.5.2. **Delimitación Tiempo y Espacio.**

El presente estudio se realizó en la planta piloto de la Compañía Minera Horizonte S.A., entre mayo y octubre del 2022, las corridas y contra corridas.

#### 1.5.3. **Delimitación de Recursos.**

Respecto a la delimitación económica se precisar que se carecen para realizar un trabajo con mayor rigor para llevar a cabo el trabajo de investigación, esta parte financiera asumió la compañía.

#### 1.6. **Viabilidad del estudio.**

El estudio fue viable por contar con el permiso de las autoridades de la empresa para recopilación y uso de los datos de los pilotajes, por otra parte, por contar con la información pertinente de las metodología, técnicas, métodos y parte teóricos para realizar el estudio.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICOS

#### 2.2. Antecedentes de la Investigación.

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Valarezo (2017) en su trabajo sobre “Evaluación hidrometalúrgica por cianuración de los concentrados de flotación de la empresa Ecoluxen S.A” presentado a la Universidad Técnica Particular de Loja, es un trabajo experimental. Se realizaron una tostación oxidante a concentrado luego se realizaron la molienda y se prepararon pasante a la malla 170 y 200, con una fuerza de 1.5 g/L NaCN; la cianuración se realizó a concentrado sin tostar y tostado. Resultados para material sin tratamiento a malla 170 se tiene una recuperación de 9.91% Au, malla 200 6.90% Au el tratado pasante a la malla 200 se tiene 89% de recuperación de oro. Concluyendo que el material sin tratamiento tiene menor consumo de reactivo baja recuperación frente al material tratado tiene alto consumo de reactivo y alta recuperación, sin embargo, el gasto de operación es mayor al de sin tratamiento (p.74).

Huamaní, y otros (2019) en su trabajo sobre “Contribución al conocimiento sobre la minimización del consumo de Cianuro en la minería del Oro; Sales oxidantes, Aireación y Sobremolienda para minerales Cianicidas” publicado en la revista Bolivaria de Química. Es una investigación experimental. Trabajo realizado con las condiciones de fuerza de cianuro de sodio de 0.15%, pH 10.5, dilucion 2.5, en 16 horas, pasante a la malla 200 100% y pasante al 100% a la malla 270 tyler para la sobre molienda; realizando la cianuración convencional, cianuración con sales oxidantes, cianuración con sales oxidantes y sobre molienda y cianuración sales oxidantes sobre molienda y pretratamiento. Resultados consumo de 6 kg/t de NaCN con una recuperación de 80% Au, 3.2 kg/t de NaCN con una recuperación de 93% Au, 2.8 kg/t de NaCN con una recuperación de 94.5% Au, 2.5 kg/t de NaCN con una recuperación

de 97.78% Au. Concluyendo que el pretratamiento con una inyección de aire, sales oxidantes, y sobre molienda permite una mejor recuperación del oro.

Ruiz-Córdoba M. Sc et al. (2019) Es su investigación “Modelamiento estadístico y optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero” publicado en la revista Scielo. En su trabajo y flotación de minerales auríferos. Se obtuvieron en la flotación una recuperación de 85% a una liberación pasante a la malla 170 tyler con un ratio de concentración de 3.6. Mientras que en la prueba experimenta de diseño factorial de 2k se realizaron con tiempo, porcentaje pasante a la malla 200, concentración de NaCN. El resultado obtenido de la cianuración se recuperó el 89.35% de oro con una fuerza de 2.5 Lb/m<sup>3</sup> de NaCN, pasante a la malla 200, en siete horas. Concluye que el diseño factorial es una herramienta que permite obtener información adecuado para la optimización.

#### 2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Saravia (2018) es su trabajo de investigación “Optimización del proceso de cianuración en la minera Veta Dorada SAC” presentada a la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, es una investigación experimental. Las condiciones de trabajo realizados se realizaron con una fuerza de cianuro de sodio del 3.33%, una granulometría pasante a la malla 200 el 96% a un pH de 11.5. Resultado obtenido del orden del 95% de recuperación del oro. Concluyendo que la granulometría tiene una alta significancia en la recuperación del oro (p.72).

Cornelio (2017) en su trabajo sobre, “Diagnóstico del circuito de molienda y cianuración para fijar los parámetros de control de las operaciones de la Minera Vicus S.A.C.”, Con un parámetro de control de densidad de pulpa alimentación al hidrociclón de 1388 g/L a 1391 g/L, rebose 1317.5 g/L a 1321 g/L y arenas de 1521 g/L a 1539g/L , en la molienda entre 1726.2 g/L a 1783.16 g/L y fuerza de cianuro de 1.2178g/L a 1.3486g/L. Se tiene los resultados de 0.9 de carga circulante, liberación de malla pasante a la malla 200 entre 71.74% a 89.85% y

una recuperación de oro entre 88.873% a 90.825%. concluyendo que el control de los parámetros nos permite establecer una recuperación optima (pp. 68-69).

**Ruiz, López, Carmona, & Bolicar (2019)** en su investigación respecto a “Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios”. Se tiene una flotación con una liberación pasante a la malla 170 tyler se tiene una recuperación del 85% de oro, mientras que, en la cianuración con una pasante a la malla 200 y una fuerza de NACN 2.5 g/L se tiene una recuperación del orden de 89.35% de oro. Concluyendo que un proceso de secuencial de concentración gravimétrica, flotación y cianuración permite aumentar la eficiencia de la recuperación del oro (p. 16).

## **2.2. Molienda y cianuración.**

### **2.2.1. Molienda.**

Es el proceso mecánico de reducción de partículas de minerales provenientes del circuito de chancado, el mineral ingresa en un rango de tamaño de 1” a 3/4” en un procesamiento de mineral convencional junto con el agua formado una pulpa entre 50% a 80% de sólidos, el giro del molino produce fuerza de abrasión, impacto, etc., donde una velocidad de operación del molino regulada produce las cataratas y cascada permitiendo estos impactos una reducción de mineral (**Quiroz, 1986**).

El mineral que ingresa a la molienda tiene en su mayoría de los casos un promedio menor a 1” a 3/8” después de un determinado tiempo de permanencia del mineral en el molino debe salir en un promedio mayor entre la malla 35 a 200 (420 a 74  $\mu\text{m}$ ), luego es clasificado de las cuales los gruesos regresan a la molienda y los finos pasan al siguiente proceso de la flotación o cianuración. La granulometría es definida de acuerdo el proceso de flotación, cianuración y el costo de operación (**Chia-Aquiye, 1984**).

### **2.1.1. Mecanismo de molienda.**

Para que se fragmente el mineral, el molino debe girar sobre su eje, en los molinos horizontales, a una velocidad de operación que permita levantar a los medios moledoras y esto formen una cascada, catarata y fricción que permita la reducción del mineral, a una altura adecuada permitirá producir una energía potencial adecuada que será aprovechado en la reducción de las partículas de mineral sin chocar con la carcasa del molino, sino con la carga de mineral, esto ocurre con una velocidad de rotación del molino adecuado de operación (Cáceres, 2007).

Entre los mecanismos de molienda de los minerales en un molino de bolas, barras, autógenas y semiautógenas se tiene por abrasión, impacto y cizalla.

Molienda por abrasión: Se genera por fricción de la carga moledora con el mineral, fragmentado el mineral por la fuerza de abrasión (WILLS, 1994).

Molienda por impacto: Se generan cuando el medio de molienda las barras, bolas, mineral grueso o guijarro impacta desde una altura contra el mineral, fragmento el mineral por impacto (WILLS, 1994).

Molienda por cizalla: Se genera cuando el mineral es sometido a una fuerza de corte entre el medio de molienda y el mineral.

### **2.1.2. Medios de molienda.**

En la molienda de los minerales se emplean diferentes medios de molienda desde mineral grueso, guijarros, barras de acero y bolas de acero, etc., quienes se encarga la reducción de los minerales, para ello el medio de molienda debe moverse, esto lo realiza por el movimiento del molino sobre su eje central de los molinos horizontales, mientras que los molinos verticales sobre el eje central gira el espiral que levanta de los medio moledoras, mientras que en los molinos horizontales tiene en las forros los lifters que se encarga de levantar

la carga moledora. La carga moledora de las bolas debe de ocupar 280 libras por pie cubico, el rebalse se debe de mantener por encima del trunión (**Chia-Aquiye, 1984**)

### **2.1.3. Variables de operativas de los molinos.**

#### **2.1.3.1.Carga de Mineral.**

El mineral que ingresa a la molienda debe de tener relación con la capacidad del molino y la granulometría que desea producir, por lo que es necesario un control de la alimentación de ingreso del mineral mediante un corte de faja y su pesado, continuamente en un espacio de tiempo de 1 hora a 2 horas de acuerdo su variabilidad esto depende de la homogeneidad de la granulometría que ingresa de la tolva de fino. El control se puede realizar mediante el control manual o mediante una balanza instalada en la faja que nos permite reportar en forma simultánea el flujo de mineral que ingresa al molino. En este proceso se tiene que tener en cuenta:

- a. Control de peso:** El peso del mineral debe ser constante con un peso máximo posible y uniforme, la variación del mineral genera dos problemas cuando sea mayor se produce una granulometría gruesa y se pierde capacidad y tiempo por la recirculación del mineral, mientras que cuando tiene una menor carga se pierde capacidad de producción y desgaste de las bolas y chaquetas por la interacción de bolas y chaquetas.
- b. Tamaño de mineral:** La homogeneidad del mineral que ingresa al molino debe ser controlada con un parámetro para poder obtener una granulometría adecuada en la producción, por lo que en el circuito de chancando se debe tener un control opimo, un mineral grueso no adecuado necesitará mayor permanencia en el molino, mientras que un mineral fino producirá material extremadamente fino que el siguiente circuito de flotación se tendrá problemas (**Bravo , 2003**).

### **2.1.3.2. Suministro de agua.**

En la molienda de minerales en pulpa es necesario su control del agua para poder tener una densidad adecuada para su liberación de los minerales, si la densidad es alta o muy baja se tiene una deficiencia en la fragmentación del mineral, la cantidad de agua administrada permite el tiempo de permanencia del mineral en los molinos.

La presencia de agua en exceso tiende a lavar las bolas y no se muele el mineral, para una molienda las partículas del mineral deben adherirse a la superficie de las bolas, este exceso de agua permite un menor tiempo de permanencia del mineral en el molino y produce una molienda gruesa.

Deficiencia del agua en el molino permite producir una masa o borro en la superficie del molino lo que permite un amortiguamiento esto no permite la molienda del mineral, en consecuencia, el tiempo de permanencia del mineral se incrementa, para evitar esta deficiencia es necesario el control incrementado el ingreso del agua para tener una adecuada adhesión de las partículas del mineral a las bolas y una salida adecuada para poder tener una liberación óptima del mineral, el porcentaje de sólido en la molienda debe estar en un rango de 60% a 75% (Gupta & Yan, 2006).

### **2.1.3.3. Carga de bolas.**

la eficiencia de la molienda tiene una relación con el nivel de carga del medio moledora, esta carga en los procesos reales en el mundo tiene el 35% del volumen del molino. Sin embargo, en los procesos se tiene que considerar un rango de carga moledora en un rango de 40 a 50% del volumen de carga, la abrasión del mineral desgasta carga moledora y las chaquetas, por lo que es necesario su reposición de lo contrario una carga insuficiente produce una disminución de capacidad del molino, mientras que una carga en exceso reduce la capacidad del molino ya que ocupa el espacio de la carga (Napier-Munn, Morrell, Morrison, & Kojovic, 1999).

#### **2.1.3.4. Tiempo de Molienda.**

En la molienda el tiempo es importante ya que el mineral cuando se encuentra mayor tiempo permitirá una mayor liberación de las partículas y sean más fina, mientras que a menor tiempo el mineral tendrá que salir más grueso, por lo que es necesario el flujo de agua para un control adecuado de la liberación, el tiempo y las beses de molienda que se realizan al mineral se tendrá una partícula más fina (Romero, Flores, & Arévalo, 2009)

#### **2.1.4. Factores que Influyen en la Capacidad de Molienda**

##### **2.1.4.1. Grado de llenado.**

El llenado de la carga moledora en los molinos tiene una influencia directo sobre la velocidad de operación, teniendo una relación de la transmisión de la energía en los molinos con el grado de llenado proporcional máxima, el rango de velocidad operación para los molinos de bolas se encuentran entre 65% a 85% de la velocidad critica, para ello la carga moledora debe ser el 50% del volumen del molino, pero por condiciones de diseño y operación las bolas deben de tener menor al 45% de su volumen, para el caso de molienda con bolas su rango de carga se encuentra entre 38% a 43% del volumen interno del molino que deben de estar la carga moledora y mineral, agua conforma la pulpa, en este rango permite una óptima operación, donde las carga moledora no se descarga, permitiendo solo la evacuación de la pulpa (Cáceres, 2007)

##### **2.1.4.2. Velocidad de rotación**

Los molinos son rotadas sobre una base mediante un motor, por lo que es necesario controlar la velocidad de operación, la velocidad de operación debe de garantizar que las bolas caigan sobre la carga y no sobre las chaquetas del molino por ello es necesario que la velocidad de operación del molino se encuentren entre 65% a 85% de su velocidad critica del molino (Cáceres, 2007)

### **2.1.5. Caracterización de la partícula del mineral.**

En el proceso de caracterizar los minerales se pueden realizar en dos forma básica y derivada, las básicas cuando el mineral como se encuentras, mientras que la derivada a sido sometido a un proceso de **(Fuerstenau & Han, 2009)**

#### **2.1.5.1.Tamaño de la Partícula del mineral.**

Los tamaño de las partículas de los minerales es la representación de la forma expresado en el espacio dimensional lineal, superficial volumétrica, de una medida de longitud desde un punto de origen a un punto de posesión preestablecida en los tres dimensiones de la partícula del mineral, para la caracterización del mineral va depender de las técnicas a emplear, con el tamizado se puede separar por tamaño, medición superficial mediante una medida de comparación, toma de imagen empleado un software wipfrag y microscopio electrónicos mineralógico y otras técnicas metodológicas que nos permitan calcular el tamaño del mineral a evaluar **(Sepulveda, & Gutierrez, 1986, pág. 13)**.

#### **2.1.5.2.Liberación de partícula de mineral.**

El proceso de liberación de las partículas de minera se realiza mediante la aplicación de fuerzas de abrasión, compresión, impacto etc., permitiendo a las partículas reducir de tamaño conforme se realizan las operaciones, volviéndose cada momento más pequeño, en estos procesos la liberación de las partículas se dividen en diferentes tamaños o fragmentos, desde partículas gruesas a ultrafinas**(Guzmán, 2016)**.

#### **2.1.5.3.Grado de liberación de mineral.**

Es la expresión cuantitativa de separar desde un conjunto de minerales mediante una fuerza aplicada de fragmentación con la finalidad de liberar las partículas de mineral de las impurezas o otros componentes presente en las rocas. El grado de liberación es la fragmentación de as partículas de tamaño grande a partículas a tamaño de granos semi liberado o liberada con

respecto a la asociación de los minerales que se encontraron inicialmente antes de ser sometido una fuerza de impacto o abrasión mediante la molienda, pulverizado(**Guzmán, 2016**)

#### **2.1.5.4. Caracterización por tamizado de mineral.**

Es una técnica de clasificación de los minerales mediante un tamiz vibratorio y clasificador en columna, consiste pasar por directas mallas de acuerdo la abertura desde un tamaño grande a menor, donde las patrullas gruesas son tenido en las malla de acuerdo su abertura y los más finos pasan las malla empleadas de acuerdo su abertura(**Echavaudis & Perez, 2017**)

#### **2.2.2. Cianuración.**

Es una método que permite disolver los metales nobles en un medio acuoso donde el metal pasa a un anión metálico complejo, este proceso se emplea para la extracción del oro y plata a partir de minerales, donde el oro y plata se encuentran diseminado, para ello se emplea el cianuro de sodio diluido en agua en una concentración de 0.03% (**Habashi, 1996**).

En la lixiviación de los minerales auríferos conocido como cianuración, “la reacción para la disolución de oro en una solución acuosa diluida de cianuro alcalino aireada puede expresarse mediante la ecuación clásica de Elsner”(Kumar, 2003, pág. 563):



o



La reacción que ocurre en la cianuración del oro es necesario contar con el cianuro, oro, agua y oxígeno para que pueda existir la disolución, como consecuencia se produce una sal compleja de cianuro áurico e hidróxido de sodio, mientras que para la plata tiene las misma reemplazando la plata al oro (**Domic, 2001**).

En la cianuración también se puede emplear el cianuro de potasio y cianuro de calcio por lo que el cianuro de calcio y cianuro de potasio puede reemplazar el cianuro de sodio.

El remplazo en la cianuración cianuro de sodio por el cianuro de potasio para la extracción del oro que se encuentra en forma sólida para pasar al medio acuoso quedaría la reacción química representado (**Kumar, 2003, pág. 563**),



### **2.2.3. Factores que influyen en la cianuración de minerales auríferos.**

Las variables a considerar en un proceso de cianuración son muchas de las cuales las más resaltantes que permita una extracción del oro optimo a la en la solución en forma de iones se puede considerar los siguientes: Granulometría, Tiempo, Concentración del disolvente, Temperatura, pH, pre aireación, oxígeno, mineralogía (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1988).

#### **2.2.3.1. Granulometría.**

El tamaño de las partículas para la cianuración es importante, ya que a función de ello se permitirá elegir el tipo de proceso cianuración en pilas o por agitación, para es necesario tener en consideración, la mineralogía, porosidad, distribución y el porcentaje de finos que contiene el mineral a procesar (**Domic, 2001**).

En la cianuración los minerales porosos son necesario un chancado y cianuración en pilas o estática, mientras que los minerales que tiene asolaciones en material cuarcífero, sulfatos asociados a otro mineral es necesario una molienda fina y la lixiviación dinámica por agitación, los minerales que contiene material fino y de baja ley es Cesario una paletización y cianuración estática. Efecto de la liberación para mineral auríferos en la cianuración efectuada en la minera Kaswa a una liberación pasante a la 400 se tiene una recuperación promedio de 95.5% (**Camayo & Tito, 2021**).

#### **2.2.3.2. Tiempo de contacto de la cianuración de minerales auríferos.**

Es el espacio empleado para la extracción de oro y plata desde el mineral, para ellos en la cianuración en pilas se demoran por meses, por inundación en las pozas por semana y la

cianuración por agitación se emplea por o horas, el tamaño del oro presente en el mineral predefine el tiempo de contacto de la cianuración si el oro en el mineral es fina tendrá menor tiempo y las que si son más grueso se tendrá mayor permanecía para su disolución del oro mientras que la plata demora el doble tiempo que el oro, es decir para un tamaño de 44 micras demora 44 horas y un tamaño de 119 micras demora 44 horas (Misari, 2010).

Cianuración de minerales auríferos sulfurados con oxidación con ozono, se empleó 48 horas para una extracción del orden del 93%, mientras que sin oxidación tuvo una extracción en 72 horas el 40% (Salinas, y otros, 2001).

#### 2.2.3.3. Concentración del cianuro de sodio como disolvente.

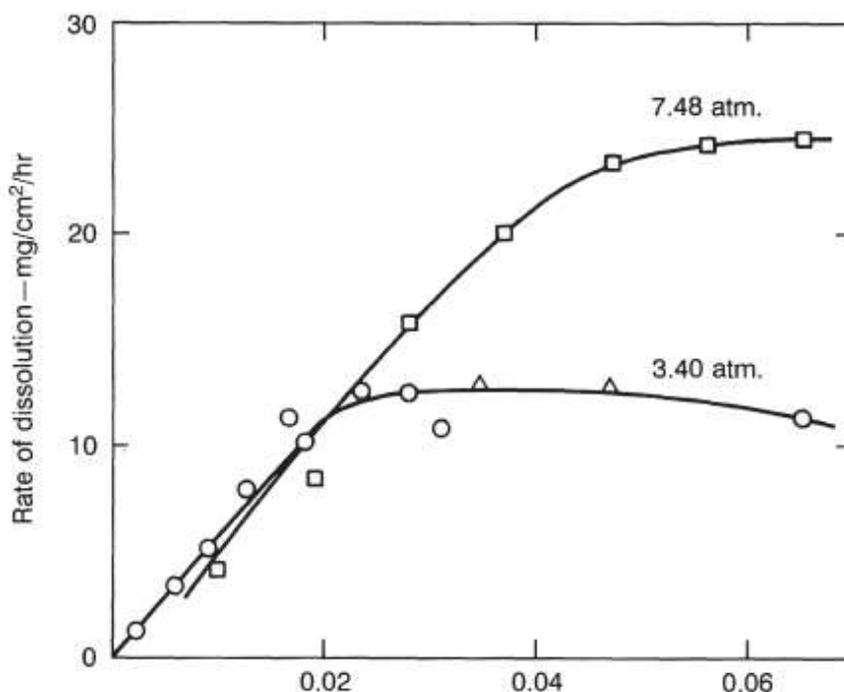
El cianuro de sodio para que pueda extraer el oro de los minerales presentes se debe dosificar de acuerdo a la mineralogía, ya que si el cianuro de sodio se encuentra muy concentrado permitirá extraer otros elementos presentes y produciendo un gasto innecesario en el proceso.

La dosis del extractor del oro en la pulpa del mineral en la cianuración del cianuro de sodio y el oxígeno es importante para la extracción de los valores de oro y plata, para "Machaurin la rapidez de disolución del oro está en soluciones diluidas a una concentración máxima de 0.25% de NaCN" (Misari, 2010, pág. 25).

Cuando se trabaja en las condiciones de "temperatura y presión atmosférica ambiental, el oxígeno en 8,2 mg/l se disuelven en agua que es equivalente a  $0.26 \times 10^{-3}$  moles/l. El cianuro de sodio debe ser igual 0.051 g/l" (Yannopoulos, 1991, pág. 148). Es importa tener en consideración la concentración del oxígeno y el cianuro para una extracción adecuada.

En la cianuración para la disolución del oro el "oxígeno disuelto en una solución cianurada depende de la temperatura, altitud, agitación y fuerza iónica en el medio" (Yannopoulos, 1991, pág. 146). El oxígeno como se encuentra en estado gaseoso su presencia está sujeto a presión, temperatura esencialmente.

Figura 1  
Concentración de cianuro de sodio m/l



Nota: Fuente "Rates of dissolution of silver (mg/cm/hr) at different oxygen pressures as a function of NaCN concentration at 24° C" (Yannopoulos, 1991, pág. 146).

#### 2.2.3.4. Temperatura en la cianuración.

En el proceso de cianuración la temperatura permite la aceleración de la disolución del oro y plata sin embargo cuando la temperatura sube por y la presión supera a la presión atmosférica el oxígeno es evaluado por que la que la cianuración decrece por lo tanto la temperatura se debe tener un control para una adecuada cianuración cuando existe elementos sulfurados que se tiende a cianuro a una temperatura diferente al medio ambiente (Misari, 2010, pág. 29).

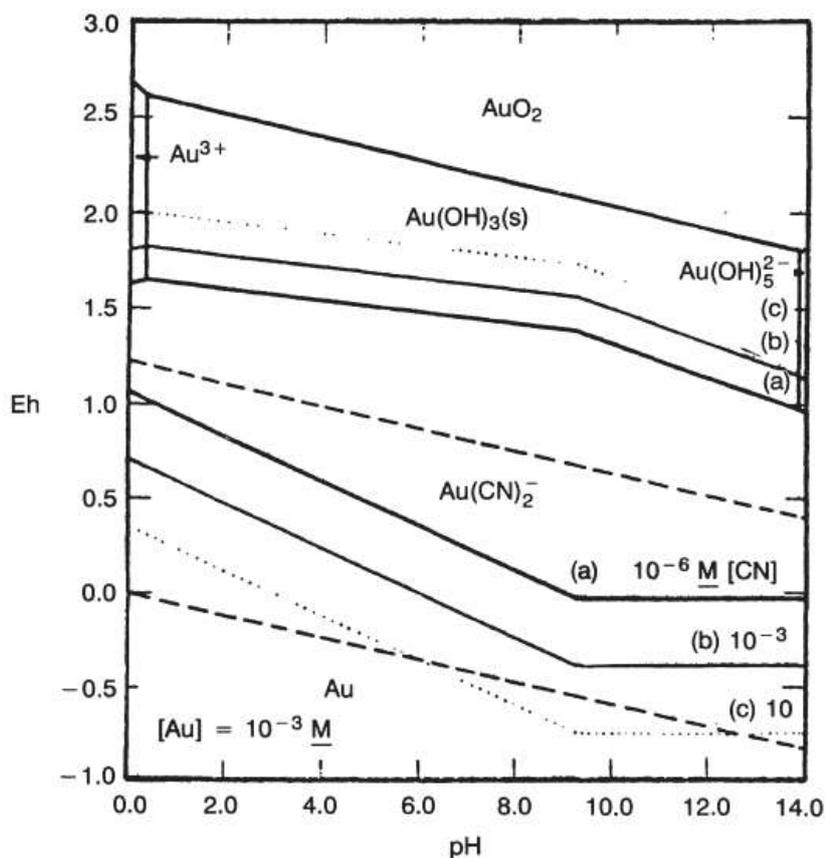
#### 2.2.3.5. pH en la cianuración.

En la cianuración la acidez del medio es importante ya que un pH acida tiende a producirse un gas cianuro de hidrogeno que se pierde al ambiente y es un gas letal para los seres vivos, mientras que a pH muy básica disminuye la eficiencia de la extracción del oro y plata

del minera, por que en los estudios realizados el pH debe tener 10.5 para tener una optimo proceso, porque se debe realizar la cianuración a un pH de 11 para evitar las consecuencia que pueden producir (Misari, 2010, pág. 29).

En la disolución del oro mediante el cianuro, el pH es importante en donde se debe mantener entre 10.5 – 11 para mantener ciertos condiciones de extracción y seguridad, en las operaciones en una disolución los “iones de cianuro auroso  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$  depende del sistema agua, cianuro y oro” (Yannopoulos, 1991, pág. 148). En la figura se aprecian de acuerdo su potencial y su pH el comportamiento del oro en forma iónica.

Figura 2  
Diagrama de Pourbaix. de Au-CN-H<sub>2</sub>O



Nota: Fuente “FIGURE 8-6. Redox potential vs. pH diagram for the Au-CN-H<sub>2</sub>O system at 25° C with concentrations in Kmol/m<sup>3</sup>” (Yannopoulos, 1991, pág. 151).

## 2.1 Definiciones de conceptos.

- a. **Cabeza Mineral:** Es el mineral que ingresa al proceso para realizar el chancado, molienda y cianuración (**Bravo, 2003**).
- b. **Control:** Término que “proviene del término francés contrôle y significa comprobación, inspección, fiscalización o intervención” (**Pérez, 2008**). Es establecer parámetro para establecer la variación de los factores que intervienen en un proceso.
- c. **Densidad de pulpa:** Expresión relacionada masa sobre el volumen del peso de mineral más agua respecto al volumen del mineral y agua representada por  $\text{g/cm}^3$  o  $\text{t/m}^3$  (**Bravo, 2003**).
- d. **Granulometría:** Esta “relacionado con la medición del tamaño de las partículas de rocas o sedimentos” (**Ministerio de energía y minas, 2003, pág. 78**).
- e. **Mena:** Conjunto de minerales valioso de interés comercial como sulfuros, óxidos.
- f. **Muestreo:** Es el “método sistemático de toma de muestras con el objeto de obtener los mejores resultados para la evaluación” (**Dávila, 2011, pág. 569**). Es la manera de recopilar la muestra.
- g. **Optimización:** “Es la acción y efecto de optimizar. Se refiere a la capacidad de hacer o resolver alguna cosa de la manera más eficiente posible y, en el mejor de los casos, utilizando la menor cantidad de recursos” (**Significados, 2019**). Es mejorar un proceso con el ordenamiento adecuado los componentes y variables de una planta de producción.
- h. **Oro:** Metal precioso de color amarillo brillante muy dúctil y maleable, que es resistente a la corrosión por aire y por agua.
- i. **Óxido:** Compuesto que resulta de combinar oxígeno generalmente con un metal, o a veces con un metaloide. Capa, de diversos colores, que se forma en la superficie de los metales por oxidación, como el orín.

- j. **Parámetro:** Son rangos donde los “datos que se considera como imprescindible y orientado para lograr evaluar o valorar una determinada situación” (Pérez, 2008).
- k. **pH:** Significa “pondus Hydrogenium. Esto significa literalmente el peso del hidrógeno. El pH es un indicador del número de iones de hidrógeno. Tomó forma cuando se descubrió que el agua estaba formada por protones ( $H^+$ ) e iones hidroxilo ( $OH^-$ )” (Lenntech, 1998). El potencial de hidrogeno es la concentración del hidrógeno presencia en una solución.
- l. **Plata:** Metal muy maleable que se encuentra naturalmente en un estado no combinado o con otros materiales.
- m. **Proceso:** El significado viene del “latín processus, formado por pro (“adelante”) y cadere (“caminar”), por lo que refiere a la acción de ir hacia adelante, de avanzar en una trayectoria determinada y, por semejanza, avanzar en el tiempo” (Raffino, 2020). El proceso son fases sucesivas de las operaciones de un proceso de producción.
- n. **Pulpa:** Es la “mezcla de mineral molido o pulverizado con agua o una solución acuosa” (Ministerio de energía y minas, 2003, pág. 133).
- o. **Sistema:** Es el ordenamiento secuencial de los fenómenos, “conjunto de reglas o principios sobre una materia relacionamente enlazados entre sí” (RAE, 2019). El sistema de producción en los procesos de producción tiene una relación para el funcionamiento de lo contrario no se produce.

## 1.7. **Formulación de hipótesis.**

### 1.7.1. **Hipótesis General.**

Obteniendo los datos de las operaciones mediante un muestreo adecuado se tendrá control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración, para establecer una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

### 1.7.2. **Hipótesis Específicas.**

Realizando un muestreo adecuado de los parámetros de liberación del mineral en la molienda y densidad de pulpa, nos permitirá obtener una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

Realizando un muestreo adecuado de los parámetros fuerza de cianuro y ley de cabeza, para una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. **Diseño metodológico.**

##### 3.1.1. **Tipo de Investigación.**

Es una investigación aplicada, permite buscar la generación de conocimiento a partir de una aplicación directa de un proceso (**Baena Paz, 2017**). El tipo de investigación de acuerdo a su naturaleza Correlacional y de acuerdo al propósito o utilización: aplicativa. Se realiza investigación correlacional y aplicativa, en este trabajo ya que se realiza control de parámetros con un control mínimo a fin de encontrar las condiciones óptimas del estudio.

##### 3.1.2. **Nivel de Investigación.**

Es una investigación nivel relacional porque se aplicará métodos y técnicas para mejorar y corregir la situación problemática, que da origen al estudio de investigación (**Carrasco, 2005**).

##### 3.1.3. **Diseño de la Investigación.**

En el presente estudio se aplicará el diseño no experimental longitudinal ya que se emplearán datos de las variables independientes, para observar su efecto sobre la variable dependiente con una situación de control (**Fernandez, 2014**).

##### 3.1.4. **Enfoque de la Investigación.**

El enfoque del presente estudio es cuantitativo, porque el estudio son variables o fenómenos cuantificables o fácilmente mensurables. “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teoría” (**Fernandez, 2014**).

### 3.2. Población y muestra.

#### 3.2.1. Población.

La población estura constituida por el mineral del proceso de operaciones a nivel planta piloto de la Compañía Minera Horizonte S.A.

#### 3.2.2. Muestra.

La muestra para el trabajo de investigación se obtendrá del circuito de molienda y cianuración a nivel panta piloto para su posterior análisis con un lapso de 2 horas de medio litro o kilo en cada guardia haciendo un total de 12 litros para la pulpa y 12 kilos para los sólidos en la Compañía Minera Horizonte S.A.

### 3.3. Operacionalización de variables.

*Tabla 1*

*Operaciones de las variables de estudio.*

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
<b>Independiente</b>			
Parámetros en las operaciones	El control de parámetro es una medida estadística limitada más o menos con error de ajuste	Parámetro	- Liberación. - Densidad de pulpa - Ley de cabeza - Fuerza de cianuro
<b>Dependiente</b>			
Recuperación	Proceso por el cual se extrae una cantidad determinada de elemento del mineral que se tenía inicialmente.	Calidad	- Recuperación
<b>Intervinientes.</b>			
		Control	- pH. - Agitación. - Tiempo.

Nota: Diseñado por el autor de acorde las variables de estudio.

### 3.4. **Técnica e instrumento de recolección de datos.**

#### 3.4.1. **Técnicas a emplear.**

##### a. **Observación sistemática Directa.**

Se empleará esta técnica para observar el proceso de investigación en el momento que se está desarrollando.

##### b. **Observación Sistemática Indirecta.**

Mediante esta técnica se podrá analizar y estudiar los diversos documentos que contiene información sobre el tema de investigación.

##### c. **Observación experimental.**

Con esta técnica será posible conocer la forma como se desarrollan las actividades en el desarrollo experimental para extraer datos con el fin de procesar posteriormente.

##### d. **Otras Técnicas.**

Técnica de cuestionario.

#### 3.4.2. **Descripción de los instrumentos.**

- a. Ficha de observación.
- b. Lista de cotejo.
- c. Escalas libreta de notas.
- d. Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

### 3.5. **Técnica para el procesamiento de la Información.**

Para el procesamiento de los datos obtenidos del proceso a nivel planta piloto se empleará el análisis estadístico descriptivo; mediante los programas de Excel, Minitab 19, Statgraphics, jamovi, etc. Para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, figuras, promedios, medianas, desviación estándar, ecuaciones por regresión, análisis de varianza, diagrama de Pareto, y otros.

### 3.1. Matriz de Consistencia.

Tabla 2

Matriz de consistencia.

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología
Generales	¿En qué medida se podrá realizar el control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.?	Establecer el control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.	Obteniendo los datos de las operaciones mediante un muestreo adecuado se tendrá control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración, para establecer una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.	Independiente - Parámetros en las operaciones	Parámetro	Tipo de investigación: aplicada
				Dependiente. - Recuperación	Calidad	Nivel de Investigación: relacional.
Específico	¿En qué medida el control de los parámetros de liberación del mineral en la molienda y densidad de pulpa, nos permitirá una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.?	Establecer el parámetro de liberación del mineral en la molienda y densidad de pulpa para una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.	Realizando un muestreo adecuado de los parámetros de liberación del mineral en la molienda y densidad de pulpa, nos permitirá obtener una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.	Independiente - Densidad de pulpa, % -200m.	Parámetro	Diseño de Investigación: no experimental
				Dependiente. - Recuperación	Calidad	Enfoque de Investigación: cuantitativa
				Independiente - Ley de cabeza, Fuerza de NaCN	Parámetro	Población Muestra: 0,5 kg o Litros
	¿En qué medida el control de los parámetros de fuerza de cianuro y ley de cabeza, nos permitirá una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.?	Establecer el parámetro fuerza de cianuro y ley de cabeza, para una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.	Realizando un muestreo adecuado de los parámetros fuerza de cianuro y ley de cabeza, para una recuperación optima de oro a nivel planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.	Dependiente. - Recuperación	Calidad	Técnica Recolección Datos: observación
	-	-	-	Independiente		Técnica Procesamiento Información: Estadístico descriptivo.
				Dependiente.		

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de Resultados.

##### 4.1.1. Datos Obtenidos Durante el Periodo de Estudio.

*Tabla 3*

*Datos recopilados de planta de molienda, cianuración de planta*

N°	Días	Ley Cabeza	Liberación	Densidad de Pulpa	F NaCN	%Au	Relave
	Fecha	g/t	%-200m	g/L	g/L	Recup	g/t
1	30-jul	9,692	70,76	1422	2,430	94,25	0,459
2	31-jul	10,821	71,62	1401	1,789	94,70	0,459
3	01-ago	8,452	72,53	1402	2,308	94,50	0,467
4	02-ago	9,249	71,86	1423	2,284	94,87	0,467
5	03-ago	8,288	70,59	1406	2,317	95,27	0,384
6	04-ago	7,502	72,25	1406	2,346	95,27	0,345
7	05-ago	6,445	71,62	1412	2,415	93,37	0,417
8	06-ago	8,592	70,64	1411	1,761	95,19	0,367
9	07-ago	7,969	70,31	1417	2,362	95,13	0,350
10	08-ago	7,719	72,39	1410	2,416	94,98	0,375
11	09-ago	7,400	72,15	1413	1,703	95,25	0,350
12	10-ago	8,019	71,28	1417	2,388	95,49	0,334
13	11-ago	9,139	70,32	1417	2,262	95,89	0,342
14	12-ago	7,124	71,85	1408	2,297	94,40	0,384
15	13-ago	7,581	70,46	1410	2,340	95,48	0,334
16	14-ago	7,274	70,70	1407	1,761	94,58	0,350
17	15-ago	6,646	70,86	1412	1,769	94,00	0,400
18	16-ago	7,998	71,18	1409	2,984	94,92	0,403
19	17-ago	8,591	72,47	1415	2,348	95,51	0,300
20	18-ago	7,748	71,80	1414	2,349	96,53	0,284
21	19-ago	6,051	71,85	1414	1,855	95,97	0,317
22	20-ago	5,497	69,60	1409	2,237	94,61	0,317
23	21-ago	6,778	69,72	1420	2,301	94,04	0,317
24	22-ago	7,209	71,16	1416	1,715	95,19	0,267
25	23-ago	7,361	70,16	1406	2,191	95,66	0,317
26	24-ago	7,975	69,72	1418	1,724	96,55	0,225
27	25-ago	9,655	71,64	1408	2,176	94,48	0,461
28	26-ago	9,508	72,00	1409	2,127	94,69	0,464
29	27-ago	8,663	71,66	1410	2,303	94,88	0,439
30	28-ago	8,347	71,57	1412	2,316	95,14	0,399
31	29-ago	7,412	71,49	1408	2,359	94,63	0,382
32	30-ago	7,513	71,50	1410	2,174	94,61	0,376
33	31-ago	7,669	70,86	1413	2,179	94,56	0,378
34	01-sep	8,093	71,11	1413	2,180	95,10	0,364

N°	Días	Ley Cabeza	Liberación	Densidad de Pulpa	F NaCN	%Au	Relave
	Fecha	g/t	%-200m	g/L	g/L	Recup	g/t
35	02-sep	7,70	71,61	1413	2,160	95,12	0,358
36	03-sep	8,069	71,53	1414	2,192	95,40	0,350
37	04-sep	7,920	71,40	1414	2,162	95,26	0,352
38	05-sep	7,966	70,98	1413	2,322	95,31	0,348
39	06-sep	7,779	70,83	1411	2,165	95,09	0,352
40	07-sep	7,156	70,97	1409	2,042	94,61	0,367
41	08-sep	7,375	70,80	1409	2,214	94,75	0,372
42	09-sep	7,627	71,30	1411	2,216	94,75	0,363
43	10-sep	7,746	71,58	1412	2,363	95,24	0,347
44	11-sep	7,597	71,83	1413	2,384	95,73	0,326
45	12-sep	6,972	71,43	1413	2,197	95,66	0,304
46	13-sep	6,519	70,74	1414	2,185	95,29	0,308
47	14-sep	6,384	70,58	1415	2,027	94,95	0,304
48	15-sep	6,711	70,16	1413	2,111	94,87	0,304
49	16-sep	7,331	70,19	1415	1,983	95,36	0,281

Nota: Fuente información recopilado de planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A. durante el periodo de estudio procesado en Excel.

#### 4.1.2. Tratamiento de Datos.

##### a. Control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración para mejorar la medida de recuperación de oro.

La ecuación de regresión para la recuperación de oro en función de la ley de cabeza, liberación, fuerza de cianuro y ley en relave.

$$\text{Recup (\%Au)} = 93,1 + 0,3672 \text{ Cabeza (Au g/t)} - 0,0075 \text{ Densidad pulpa(g/L)} \\ + 0,214 \text{ NaCN (g/L)} + 0,1906 \% -200\text{m} - 11,96 \text{ Relave (Au g/t)}$$

Tabla 4

Coeficiente en la recuperación de oro en función de las variables intervinientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	93,1	19,1	4,88	0,000	
Cabeza (Au g/t)	0,3672	0,0624	5,89	0,000	1,56
Densidad pulpa(g/L)	-0,0075	0,0124	-0,61	0,547	1,18
NaCN (g/L)	0,214	0,214	1,00	0,324	1,10
%-200m	0,1906	0,0761	2,50	0,016	1,27
Relave (Au g/t)	-11,96	1,24	-9,62	0,000	1,95

Nota: Fuente procesado datos en minitab 19

En la tabla 4. Las variables que tiene influencia t mayor 2,4 en la recuperación son ley de cabeza (Au g/t) positivamente +5,89, %-200m 2,50, Relave (Au g/t) -9,62, mientras que Densidad pulpa(g/L) -0,61, NaCN (g/L) +1,00 que está por debajo de 2,4 no influyen.

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,342946	69,55%	66,09%	53,24%

Tabla 5

Análisis de Varianza en la recuperación de oro en función de las variables  
intervinientes

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	11,8191	2,3638	20,10	0,000
Cabeza (Au g/t)	1	4,0760	4,0760	34,66	0,000
Densidad pulpa(g/L)	1	0,0433	0,0433	0,37	0,547
NaCN (g/L)	1	0,1171	0,1171	1,00	0,324
%-200m	1	0,7370	0,7370	6,27	0,016
Relave (Au g/t)	1	10,8754	10,8754	92,47	0,000
Error	44	5,1749	0,1176		
Total	49	16,9940			

Nota: Fuente procesado datos en minitab 19

En la tabla 4. Las variables que tiene p menor al 0,005 son Cabeza (Au g/t) 0.000, %-200m 0.016, Relave (Au g/t) 0.000, mientras que Densidad pulpa(g/L) 0,547, NaCN (g/L) 0,324 que está por encima del 0,005.

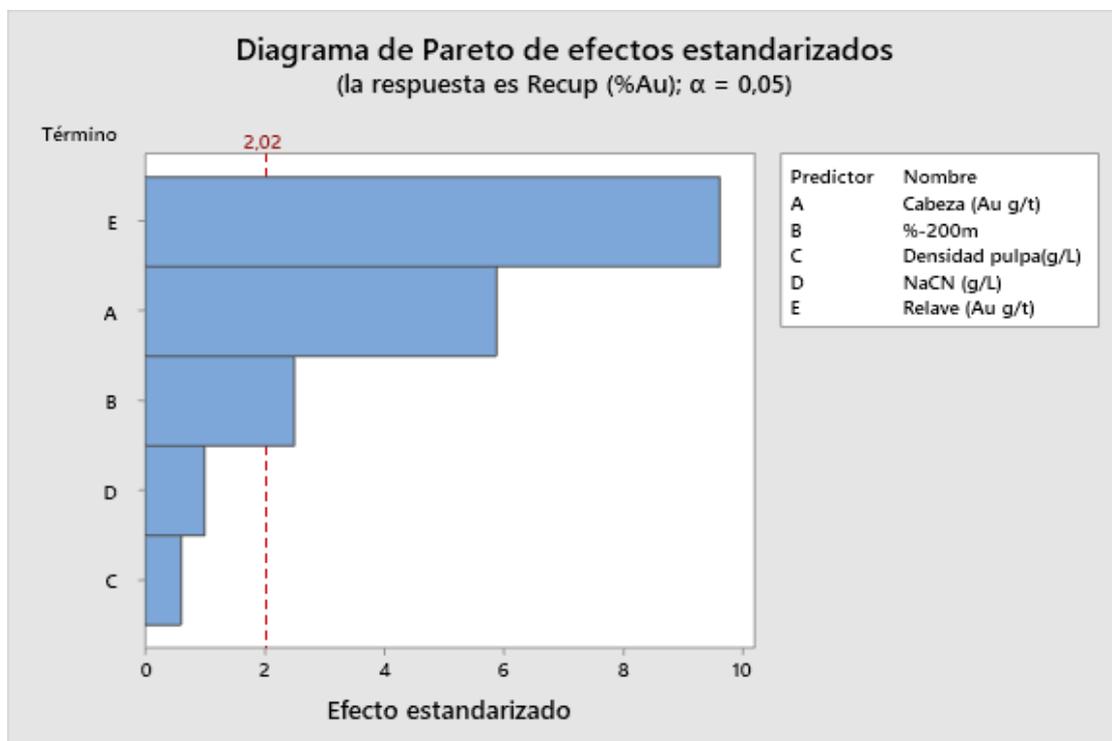
Tabla 6

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes recuperación de oro en función de las variables intervinientes

Obs	Recup (%Au)	Ajuste	Resid	Resid est.	
2	94,697	95,057	-0,360	-1,36	X
7	93,370	94,009	-0,638	-2,05	R
19	95,513	96,315	-0,801	-2,69	R
21	95,967	94,967	1,000	3,25	R
23	94,037	94,875	-0,838	-2,67	R

Figura 3

Diagrama de Pareto de efectos estandarizados recuperación Au función de las variables intervinientes.

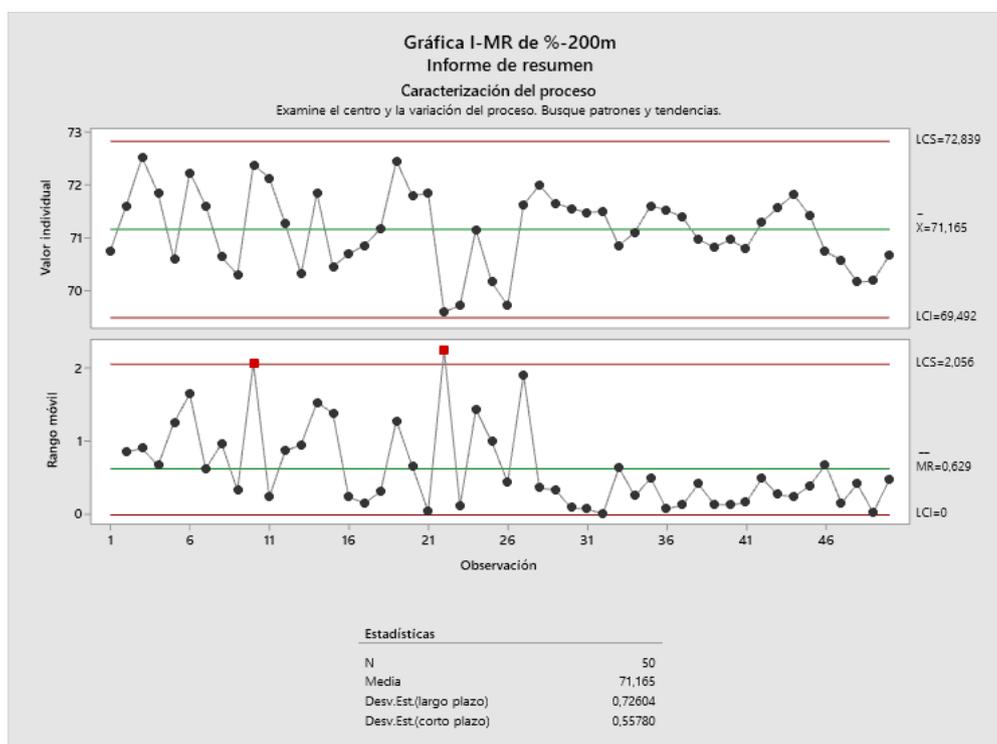


En la figura 3. En el diagrama de Pareto en las variables que intervienen en la recuperación del oro tiene efecto la ley de cabeza g/t Au (A), liberación pasante %200m (B) y relave g/t Au (E) están por encima del valor de 2.02, mientras que densidad de pulpa g/L(C) y fuerza cianuro de sodio g/L(D) no tiene efecto.

b. **Porcentaje pasante a malla 200 y densidad de pulpa en la recuperación de oro:** Se realizarán la relación de las variables independientes y dependientes en las figuras de 4 hasta la 12 y tabla 6 a 8. Donde se tendrá que ver los parámetros de control y relación que tiene.

*Figura 4*

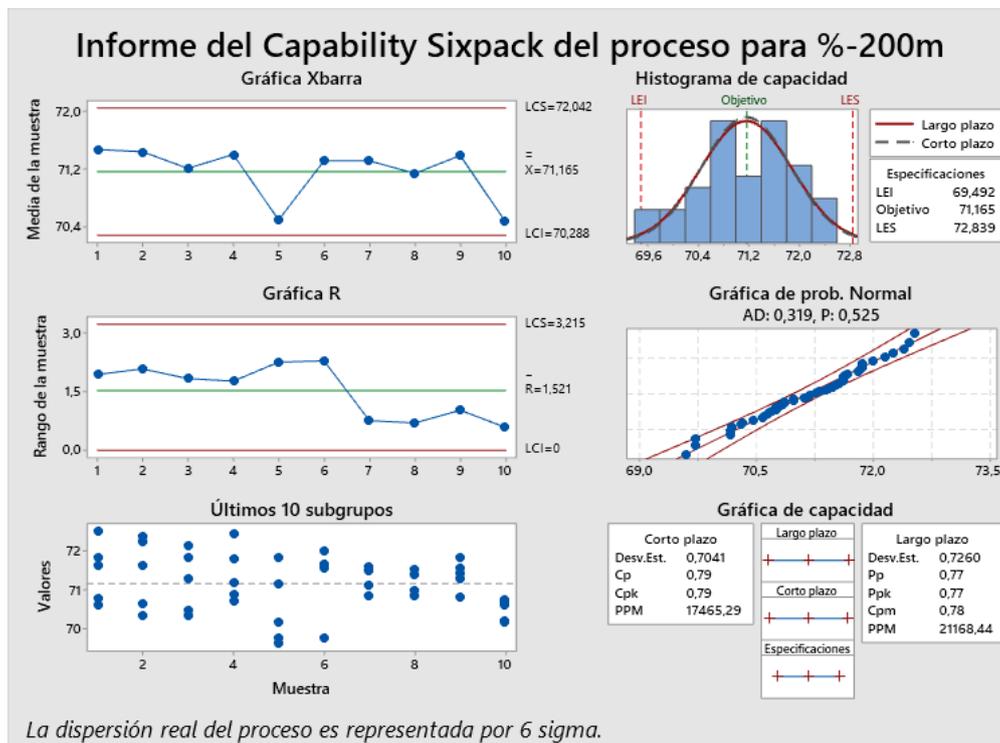
*Parámetros de control de la liberación %-200m*



En la figura 4. El rango de la liberación del mineral para los 50 datos, el promedio es de 71,165%, mientras que el límite inferior es de 69,492% y el límite superior de 72,839% respecto a los datos fijos, mientras que los móviles están en promedio de 0,629 y superior de 2.056, con una desv. Est es de 0.72604 en largo plazo y de 0.55780 en corto plazo. Los datos están dentro de los límites de control para los datos patrones como para los móviles.

Figura 5

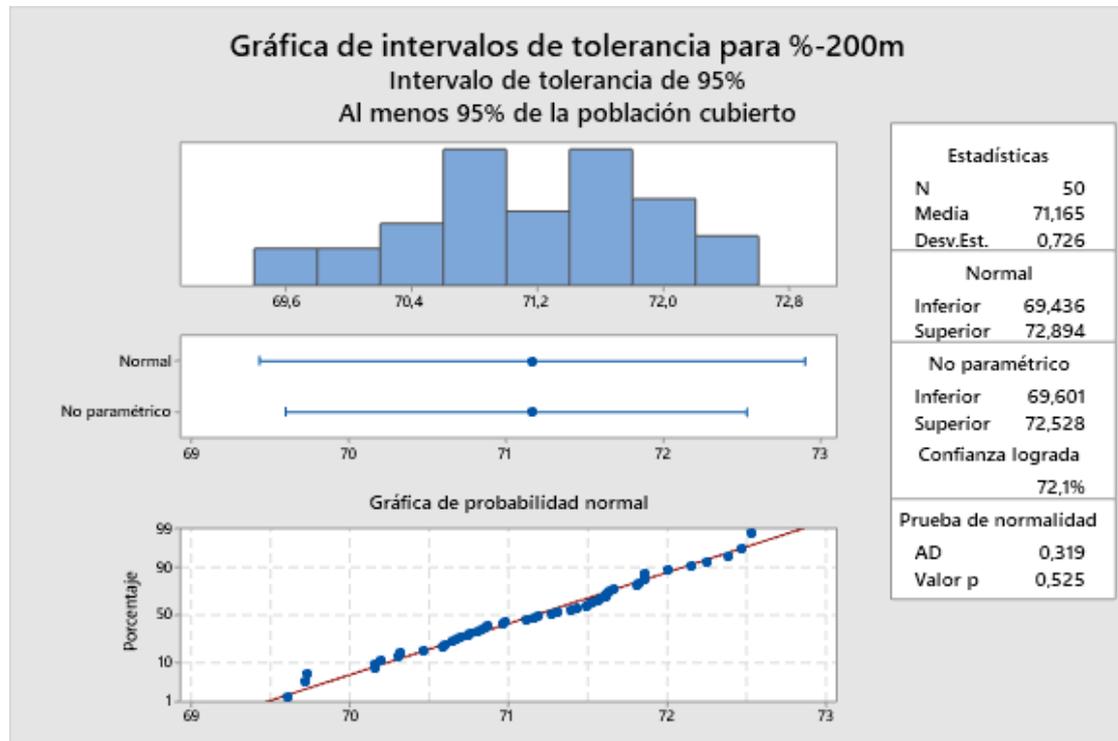
Capacidad de proceso con seis sigmas en la liberación %-200m.



En figura 5. Las medidas de muestra están dentro de los límites de control y los rangos de muestras móviles, mientras que los valores de las muestras no tienen mucha variación, en la gráfica de probabilidad normal están dentro de los límites, sin embargo,  $p$  es 0,525 que es mayor a 0,005 no tiene efecto en el proceso y el valor  $C_p$  es de 0,79 para corto plazo y 0,77 para largo plazo que es menor a 1,33 que lo hace no adecuada para el proceso, requiere modificación para mejorar. Sin embargo, la dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Figura 6

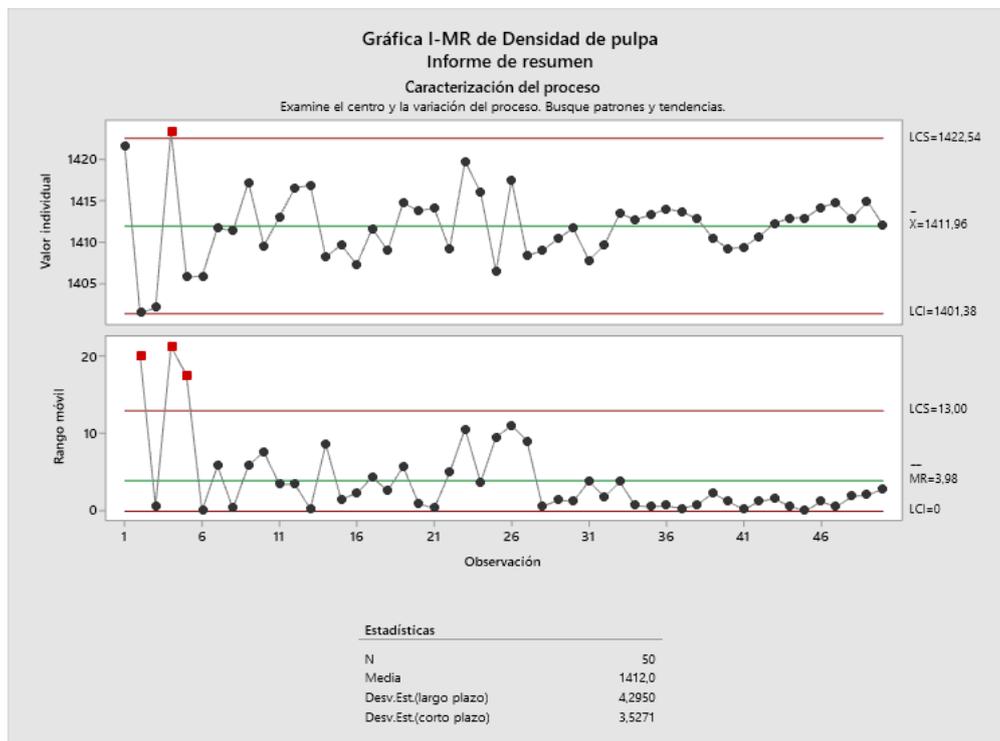
Capacidad de proceso con seis sigmas en la liberación %-200m.



En figura 6. En la prueba de normalidad el valor p es 0,525 menor que 0.005 por lo que se tiene una proyección de rango para una liberación del mineral pasante a la malla 200 en promedio de 71,165% límite inferior de 69,436% y superior de 72,894%, con una desviación estándar de 0,726.

Figura 7

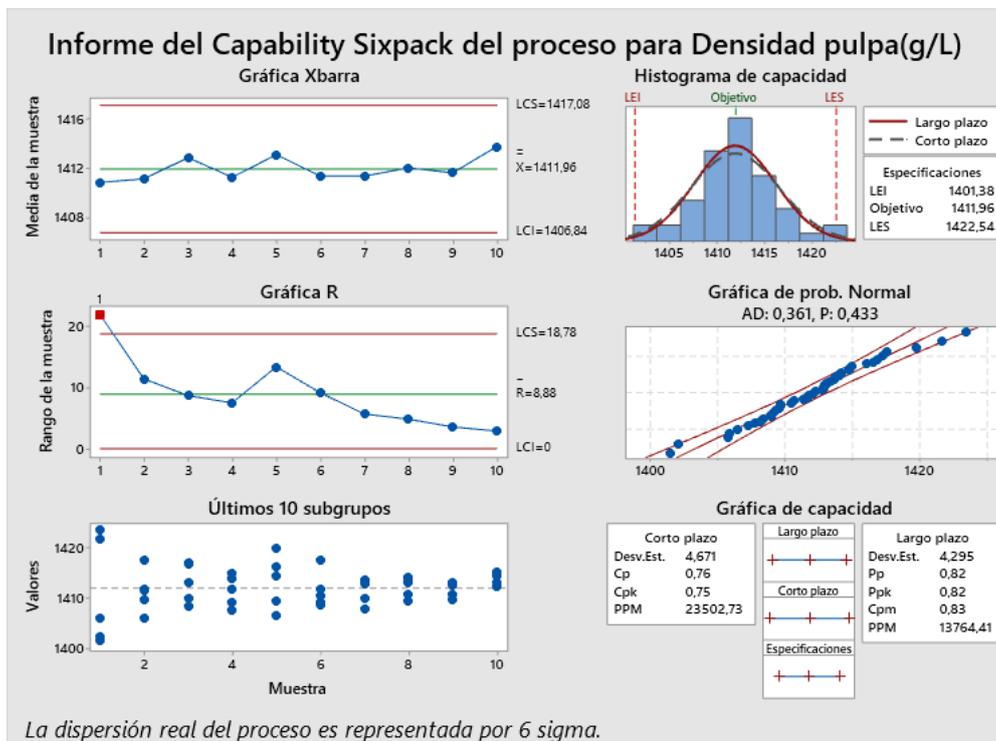
Parámetros de control de la densidad de pulpa (g/L)



En la figura 7. El rango de la densidad de pulpa para los 50 datos, el promedio es de 1411,96g/L, mientras que el límite inferior es de 1401,38g/L y el límite superior de 1422,54g/L respecto a los datos patrón, mientras que los móviles están en promedio de 3,98 y superior de 13,00, con una desv. Est es de 4,2950 en largo plazo y de 3,5271 en corto plazo. Los datos el 2% están fuera de los límites de control para los patrones, mientras que el 6,00% de los móviles están fuera de rango de control.

Figura 8

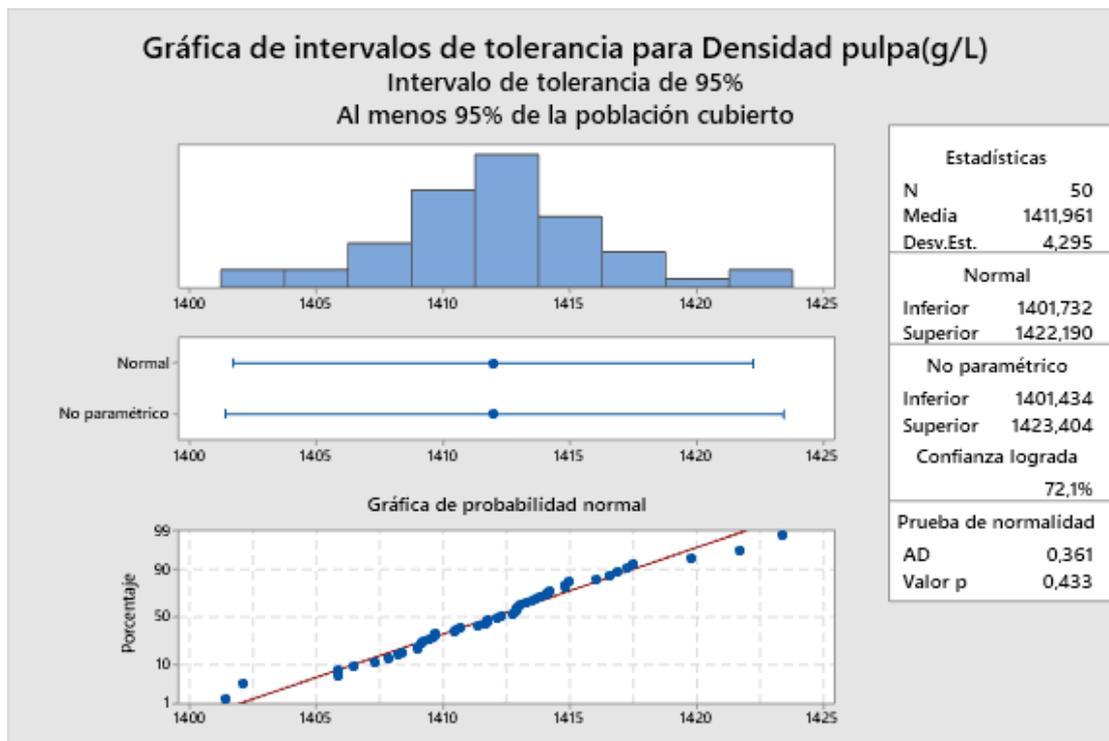
Capacidad de proceso con seis sigmas en la densidad de pulpa g/L.



En figura 8. Las medida de muestra están dentro de los límites de control y los rangos de muestras en uno está fuera del límite de control, los valores de las muestras no tienen mucha variación, la gráfica de probabilidad normal están dentro de los límites, sin embargo, p es 0,433 que es mayor a 0,005 no tiene efecto en el proceso y el valor Cp es de 0,76 para corto plazo y 0,82 para largo plazo, siendo menor a 1,33 que lo hace no adecuada para el proceso, requiere modificación para mejorar. Sin embargo, la dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

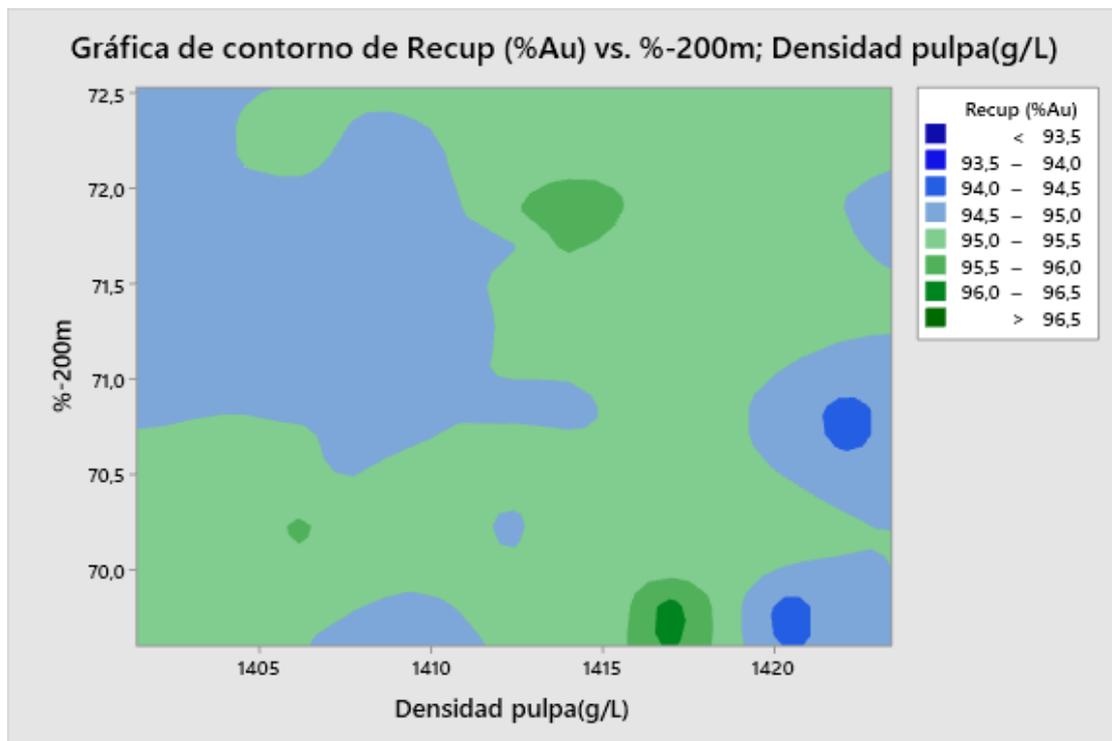
Figura 9

Intervalo de tolerancia en la densidad de pulpa g/L.



En la figura 7. En la prueba de normalidad el valor p es 0,433 menor que 0.005 por lo que se tiene una proyección de rango para una densidad de pulpa en promedio de 1411,961 g/L límite inferior de 1401,732g/L y superior de 1422,190 g/L, con una desviación estándar de 4,295.

Figura 10 Área de distribución de la recuperación de oro vs densidad de pulpa g/L y %-200m



En la figura 10. El área de recuperación de oro en función de la densidad de pulpa(g/L) y el grado de liberación(%-200m) la recuperación entre el 96% a 96.5% esta cuando la densidad de pulpa esta entre 1416,60 a 1417, 40 g/L con una liberación del 69,9 a 69,9% pasante a la malla 200. En la gráfica se puede apreciar que no existe una correlación entre las dos variables de densidad de pulpa y el %-200m en la recuperación del oro.

Ecuación de Regresión

$$\text{Recup}(\% \text{Au}) = 55,7 + 0,0275 \text{ Densidad pulpa}(\text{g/L}) + 0,008 \text{ } \%-200\text{m}$$

Tabla 7

*Coefficientes correlación recuperación Au densidad de pulpa %-200m*

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	55,7	31,9	1,75	0,087	
Densidad pulpa(g/L)	0,0275	0,0203	1,36	0,182	1,07
%-200m	0,008	0,120	0,07	0,947	1,07

En la tabla 6 El valor p es mayor a 0.05 por lo que no tiene efectos.

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,589395	3,92%	0,00%	0,00%

Tabla 8

*Análisis de Varianza de recuperación Au vs densidad de pulpa %-200m*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,6668	0,333424	0,96	0,390
Densidad pulpa(g/L)	1	0,6386	0,638586	1,84	0,182
%-200m	1	0,0016	0,001572	0,00	0,947
Error	47	16,3272	0,347387		
Total	49	16,9940			

En la tabla 7. En el análisis de varianza, el valor p es mayor a 0.05 por lo que no tiene efectos.

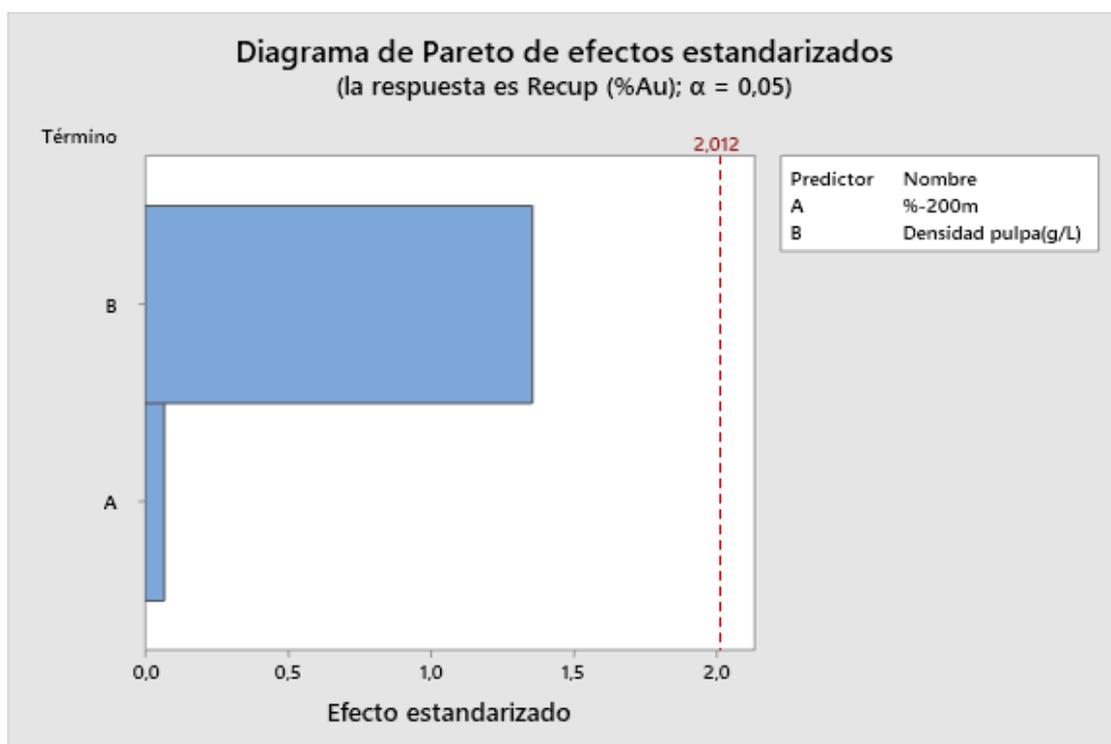
Tabla 9

Ajustes y diagnósticos para recuperación Au vs densidad de pulpa %-200m

Obs	Recup (%Au)	Ajuste	Resid	Resid est.	
4	94,874	95,370	-0,496	-0,96	X
7	93,370	95,048	-1,677	-2,89	R
20	96,533	95,105	1,428	2,48	R
23	94,037	95,254	-1,216	-2,22	R
26	96,546	95,191	1,355	2,44	R

Figura 11

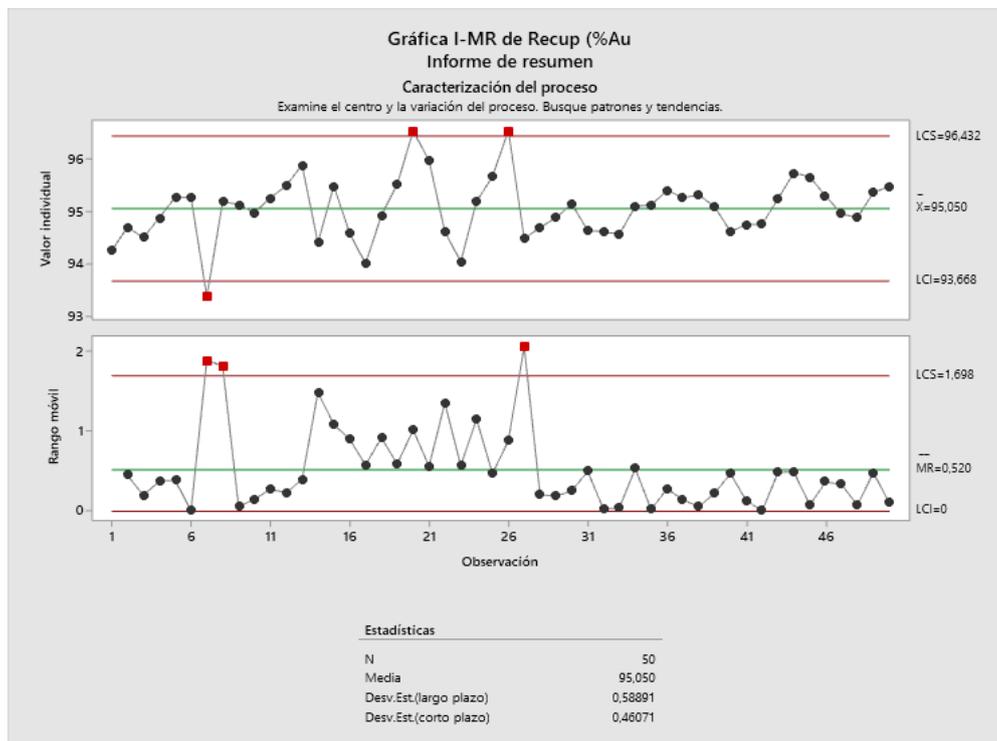
Diagrama de Pareto de efectos estandarizados recuperación Au vs densidad de pulpa y %-200m



En la figura 11. En el diagrama de Pareto las variables del porcentaje pasante a la malla 200 y densidad de pulpa no tiene efecto ya que está por debajo del valor 2,012.

Figura 12

## Parámetros de Control de la recuperación de oro

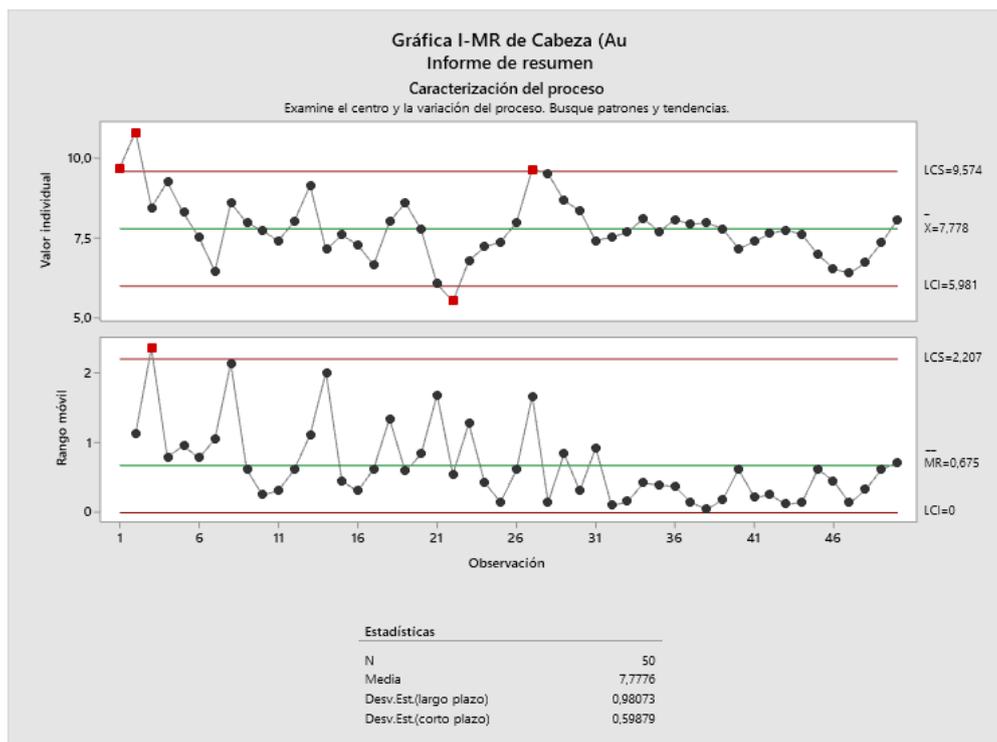


En la figura 12. El rango de la recuperación para los 50 datos, el promedio es de 94,050%, mientras que el límite inferior es de 93,668% y el límite superior de 96,432% respecto a los datos patrón, mientras que los móviles están en promedio de 0, 520 y superior de 1,698, con una desv. Est es de 0,58891 en largo plazo y de 0,46071 en corto plazo. Los datos están el 6% fuera de los límites de control para los individuales y los móviles.

- c. **Fuerza de cianuro y ley de cabeza en la recuperación de oro:** Se realizarán la relación de las variables independientes y dependientes en las figuras de 13 hasta la 23 y tabla 9 a 11. Donde se tendrá que ver los parámetros de control y relación que tiene.

*Figura 13*

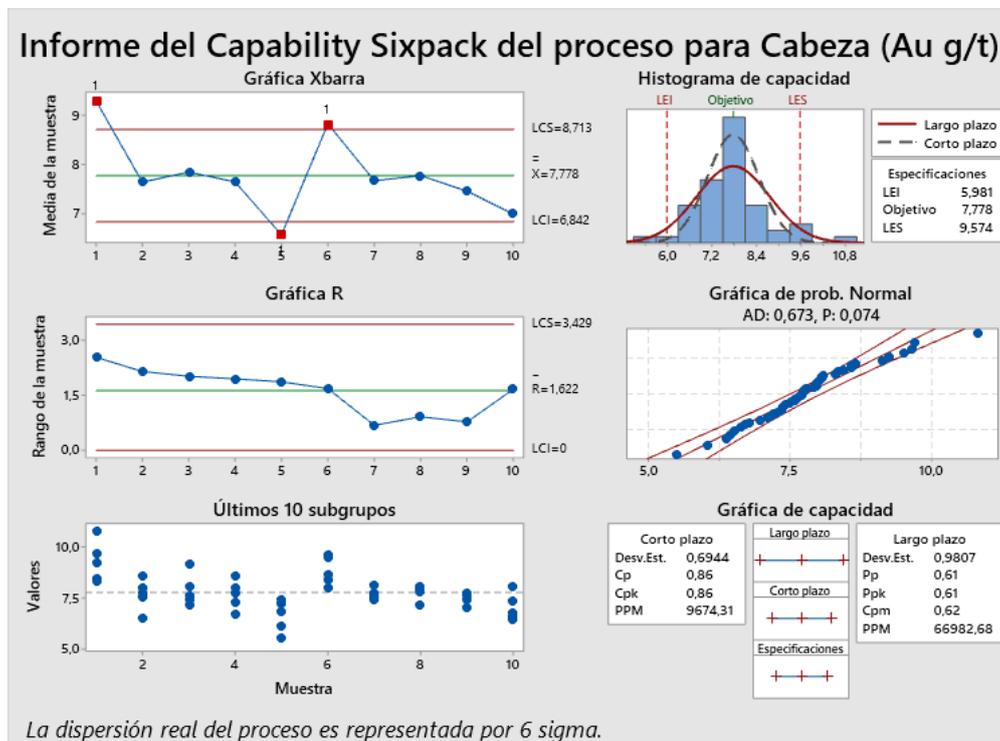
*Parámetros de Control de la ley de cabeza g/t Au*



En la figura 13. El rango de la ley de cabeza g/t Au para los 50 datos, el promedio de 7,778 g/t Au, mientras que el límite inferior es de 5,981 g/t Au y el límite superior de 9,574 g/t Au respecto a los datos de la muestra, mientras que los móviles están en promedio de 0,675 y superior de 2,207, con una desv. Est es de 0,98073 en largo plazo y de 0,59879 en corto plazo. Los datos para valor individual el 8% está fuera del límite de control, mientras que los móviles 2% están fuera del parámetro de control.

Figura 14

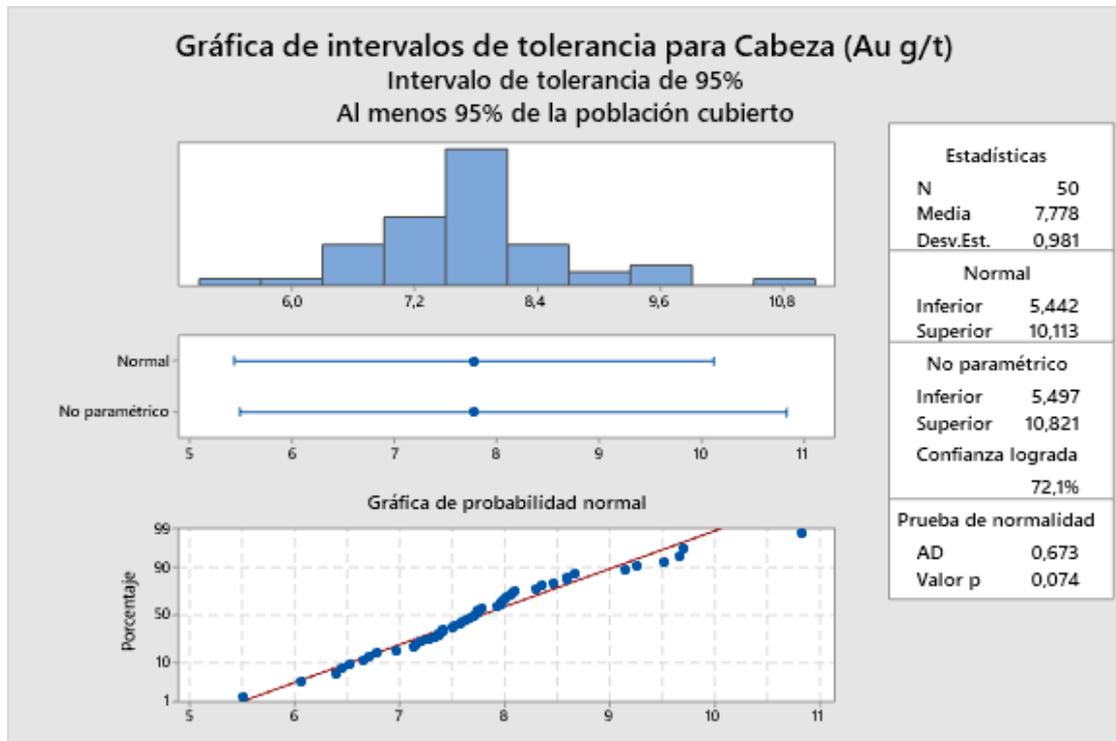
Capacidad de proceso con seis sigmas en la ley de cabeza g Au/t



En figura 14. Las medidas del límites de control en 1,5 y 6 están fuera para las medidas de la muestra y de los rangos de muestran están dentro del límite de control, los puntos de las muestras no tienen mucha variación, en la gráfica de probabilidad normal están dentro de los límites, sin embargo, p es 0,074 que es mayor a 0,005 no tiene efectos en el proceso y el valor Cp es de 0,86 a corto plazo 0,61 a largo plazo que es menor a 1,33 que lo hace no adecuada para el proceso, requiere modificación para mejorar.

Figura 15

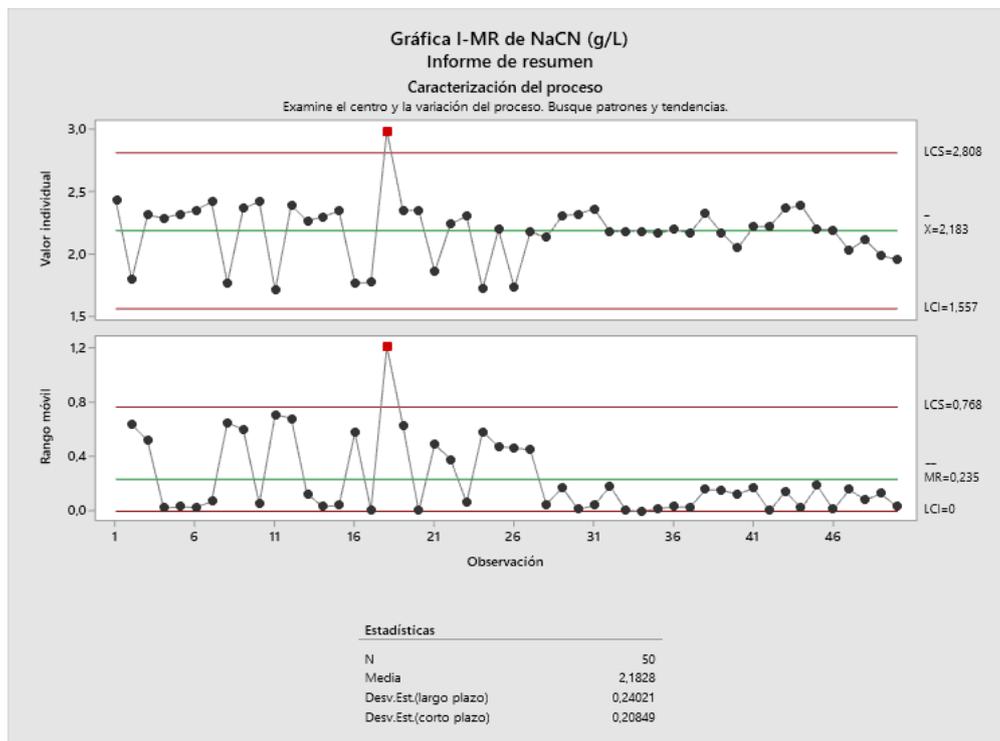
Intervalo de tolerancia en la ley de cabeza g Au/t.



En la figura 15. En la prueba de normalidad  $p$  es 0,074 mayor que 0,005 es normal y tiene una proyección de rango para una ley de cabeza en promedio de 7,778 g/t límite inferior de 5,442 g/t y superior de 10,113 g/t, con una desviación estándar de 0,981.

Figura 16

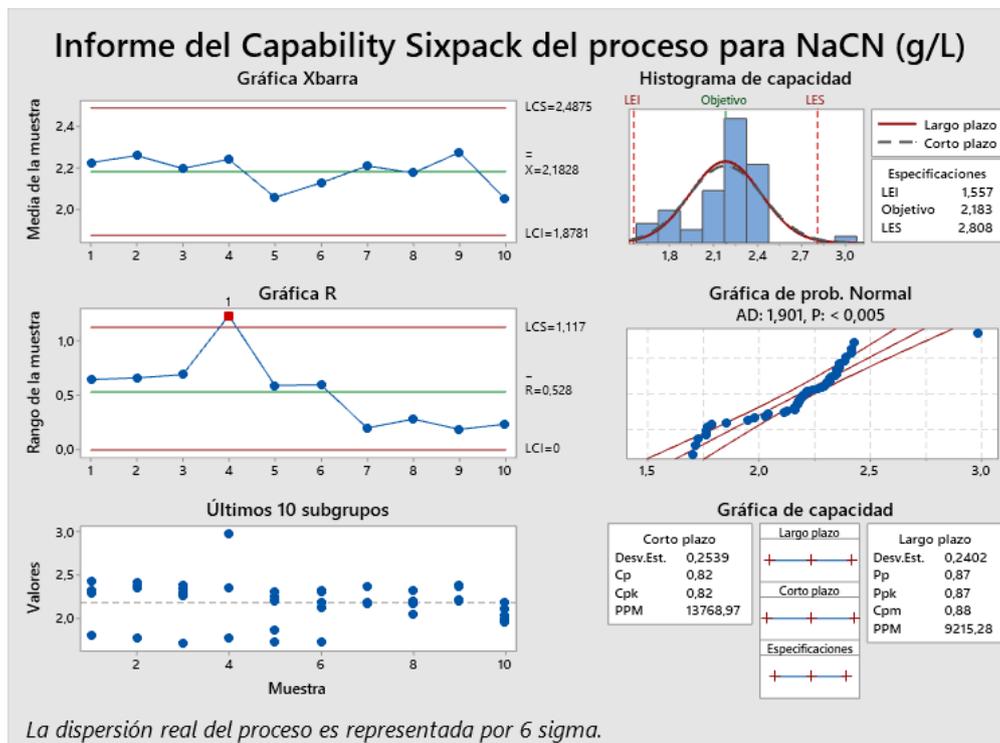
## Parámetros de Control de la fuerza del cianuro g/L



En la figura 16. El rango de la fuerza de cianuro de sodio para los 50 datos, el promedio es de 2,183 g/t NaCN, mientras que el límite inferior es de 1,557 g/t NaCN y el límite superior de 2,808 g/t NaCN respecto a los datos de la muestra, mientras que los móviles están en promedio de 0,235 y superior de 0,768, con una desv. Est es de 0,24021 en largo plazo y de 0,20849 en corto plazo. Los datos para valor individual y el móvil el 2% está fuera del límite de control.

Figura 17

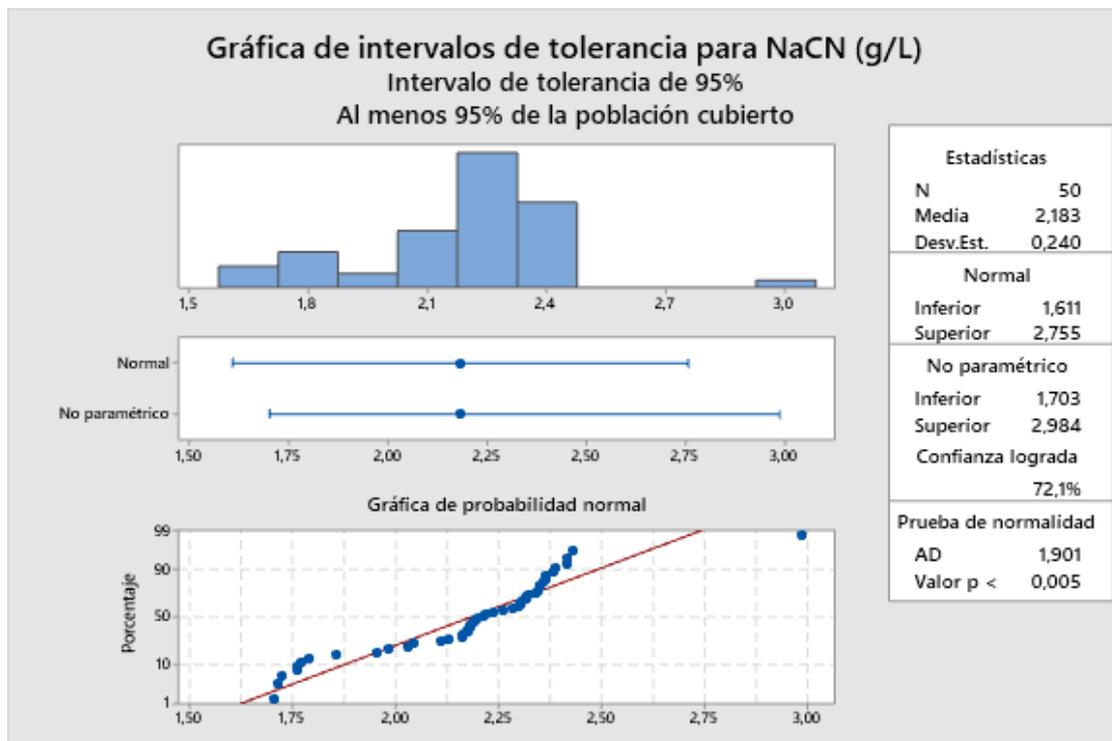
Capacidad de proceso con seis sigmas en la fuerza de NaCN g/L



En figura 17. Las medidas de los límites de control de los medida de muestras están dentro de los límites y en cuatro de los móviles rango de la muestras fueran del límite, los puntos de las muestras no tienen mucha variación, la gráfica de probabilidad normal están dentro de los límites, sin embargo, p es menor a 0,005 tiene efecto en el proceso y el valor Cp es de 0,82 a corto plazo 0,87 a largo plazo que es menor a 1,33 que lo hace no adecuada para el proceso, requiere modificación para mejorar.

Figura 18

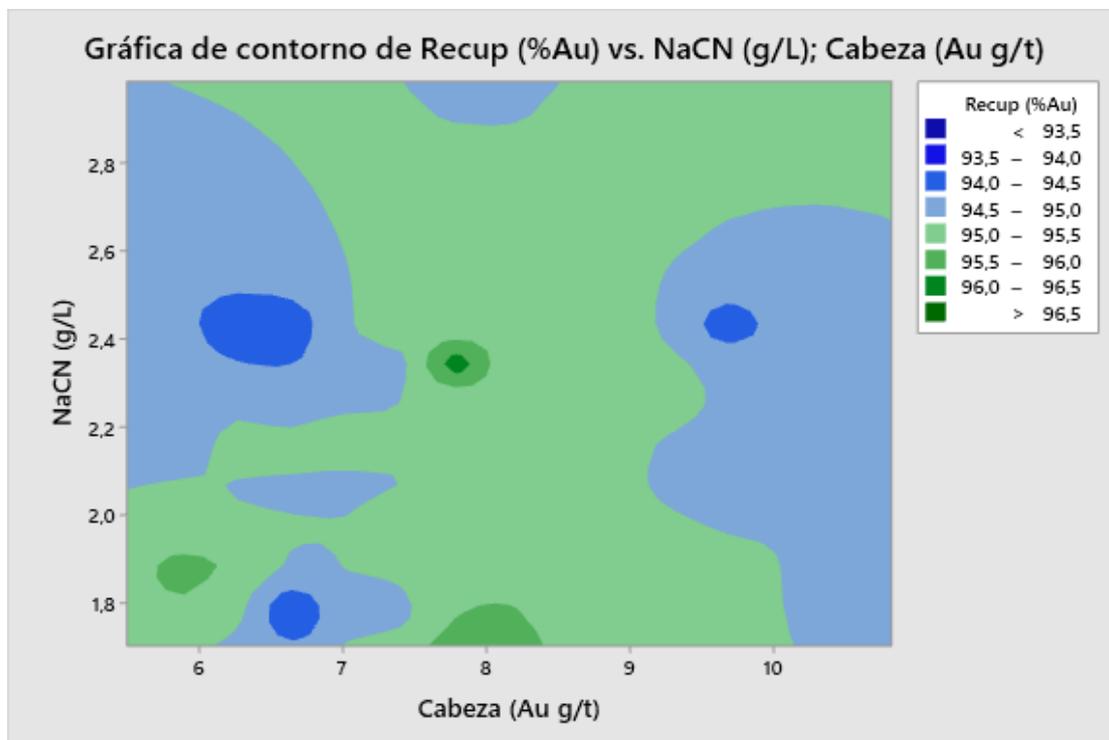
Intervalo de tolerancia en la fuerza NaCN g/L



En la figura 18. En la prueba de normalidad  $p$  es menor que 0.005 por lo que la prueba paramétrica tiene una proyección de rango para una fuerza de NaCN en promedio de 2,183g/L límite inferior de 1,703 g/L y superior de 2,984 g/L, con una desviación estándar de 0.240.

Figura 19

Área de distribución de la recuperación de oro vs fuerza de NaCN g/L y ley de cabeza g/t Au.



En la figura 19. El área de recuperación de oro en función de la fuerza de NaCN g/L y ley de cabeza g/t Au la recuperación entre el 96% a 96.5% esta cuando la ley de cabeza esta entre 7,74 a 7,89 g/t Au con una fuerza de cianuro de sodio del 2,32 a 2,36 g/t. En la gráfica se puede apreciar que no existe una correlación entre las dos variables de fuerza de cianuro de sodio con la ley de cabeza en la recuperación del oro.

Ecuación de regresión para la recuperación en función de la ley de cabeza y fuerza de cianuro de sodio.

$$\text{Recup (\% Au)} = 95,388 + 0,0341 \text{ Cabeza (Au g/t)} - 0,276 \text{ NaCN (g/L)}$$

Tabla 10

*Coeficientes correlación recuperación Au ley de cabeza y fuerza de cianuro*

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	95,388	0,991	96,25	0,000	
Cabeza (Au g/t)	0,0341	0,0873	0,39	0,698	1,01
NaCN (g/L)	-0,276	0,356	-0,78	0,442	1,01

Tabla 11

*Análisis de varianza en la recuperación Au vs ley de cabeza y fuerza de cianuro*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	0,2524	0,12621	0,35	0,704
Cabeza (Au g/t)	1	0,0545	0,05447	0,15	0,698
NaCN (g/L)	1	0,2146	0,21457	0,60	0,442
Error	47	16,7416	0,35620		
Total	49	16,9940			

En la tabla 10. En el análisis de varianza, el valor p es mayor a 0.05 por lo que no tiene efectos.

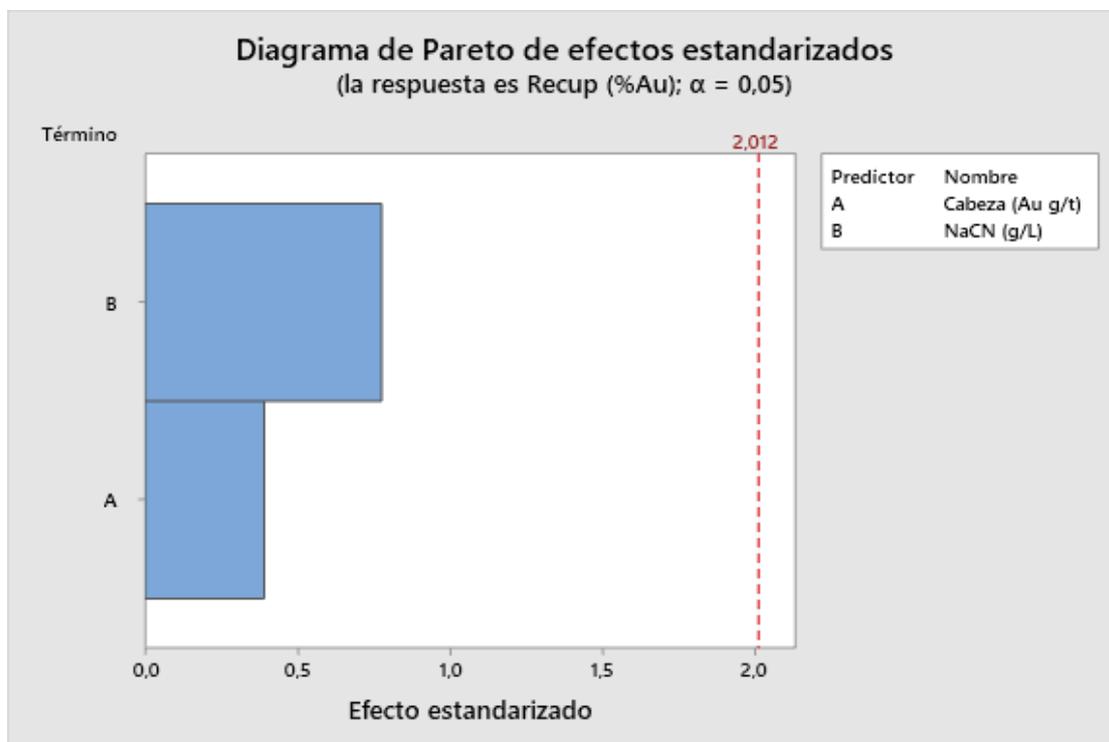
Tabla 12

Ajustes y diagnósticos para la recuperación Au vs ley de cabeza y fuerza de cianuro

Obs	Recup (%Au)	Ajuste	Resid	Resid est.
2	94,697	95,263	-0,566	-1,13
7	93,370	94,941	-1,570	-2,75
18	94,921	94,836	0,085	0,16
20	96,533	95,003	1,530	2,60
26	96,546	95,184	1,362	2,40

Figura 20

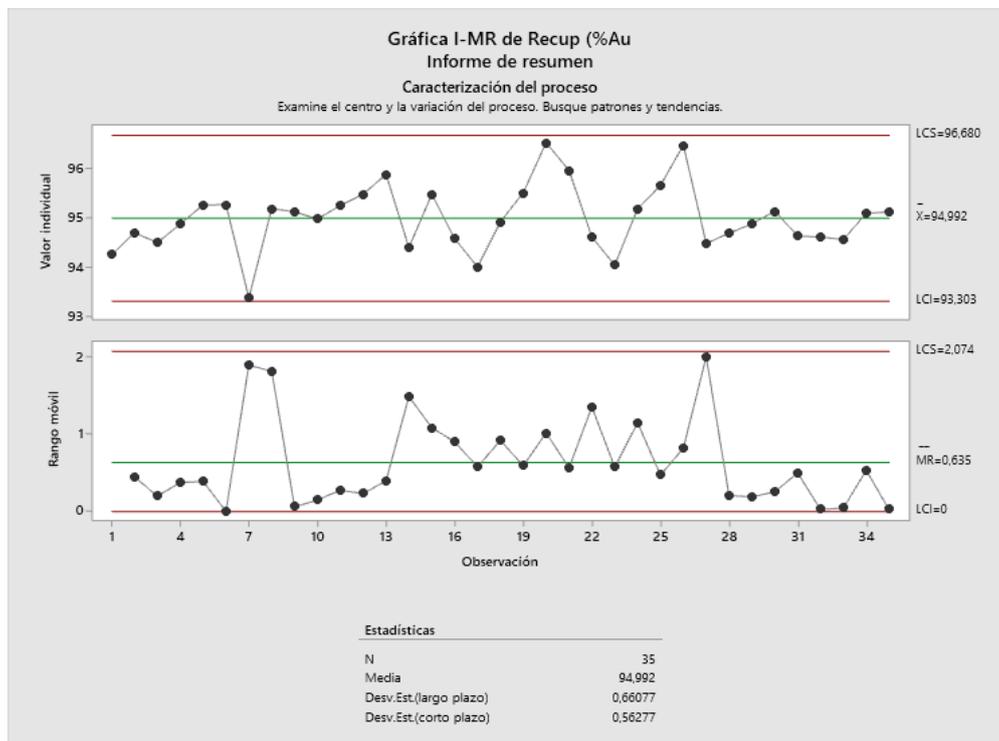
Diagrama de Pareto de efectos estandarizados recuperación Au vs ley de cabeza y fuerza de cianuro.



En la figura 20. En el diagrama de Pareto las variables de la ley de cabeza y fuerza de cianuro no tiene efecto ya que está por debajo del valor 2,012.

Figura 21

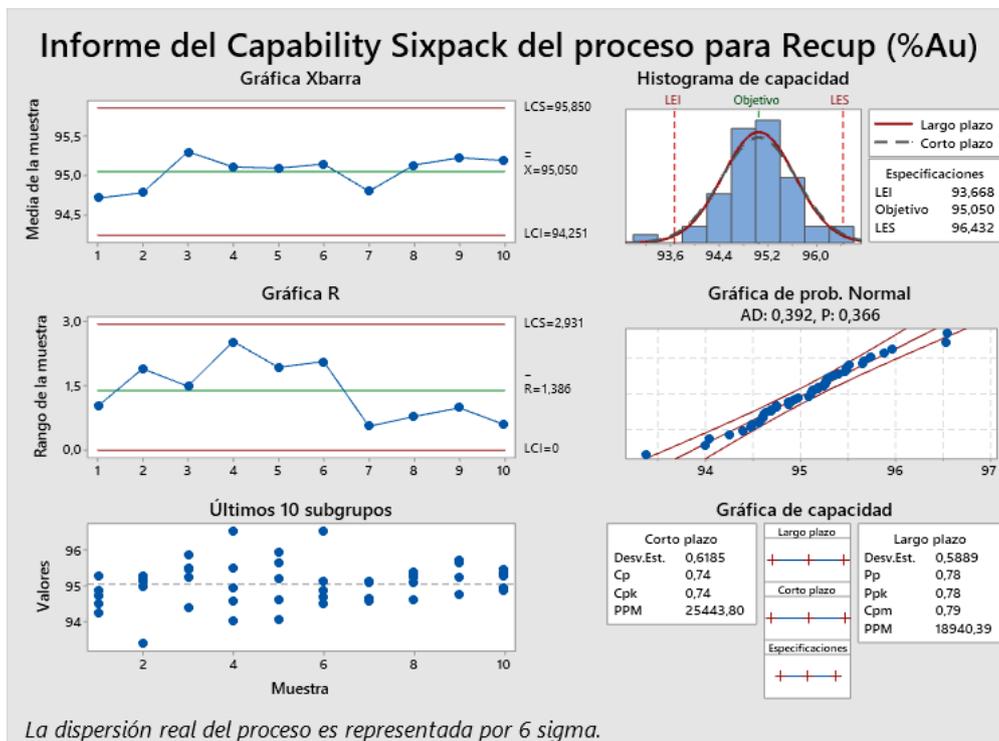
## Parámetros de Control de la recuperación de oro



En la figura 21. El rango de la recuperación para los 35 datos, el promedio es de 94,992%, mientras que el límite inferior es de 93,3030% y el límite superior de 96,680% respecto a los datos patrón, mientras que los móviles están en promedio de 0,635 y superior de 2,074, con una desv. Est es de 0,66077 en largo plazo y de 0,56277 en corto plazo. Los datos están dentro de los límites de control para los patrones y los móviles.

Figura 22

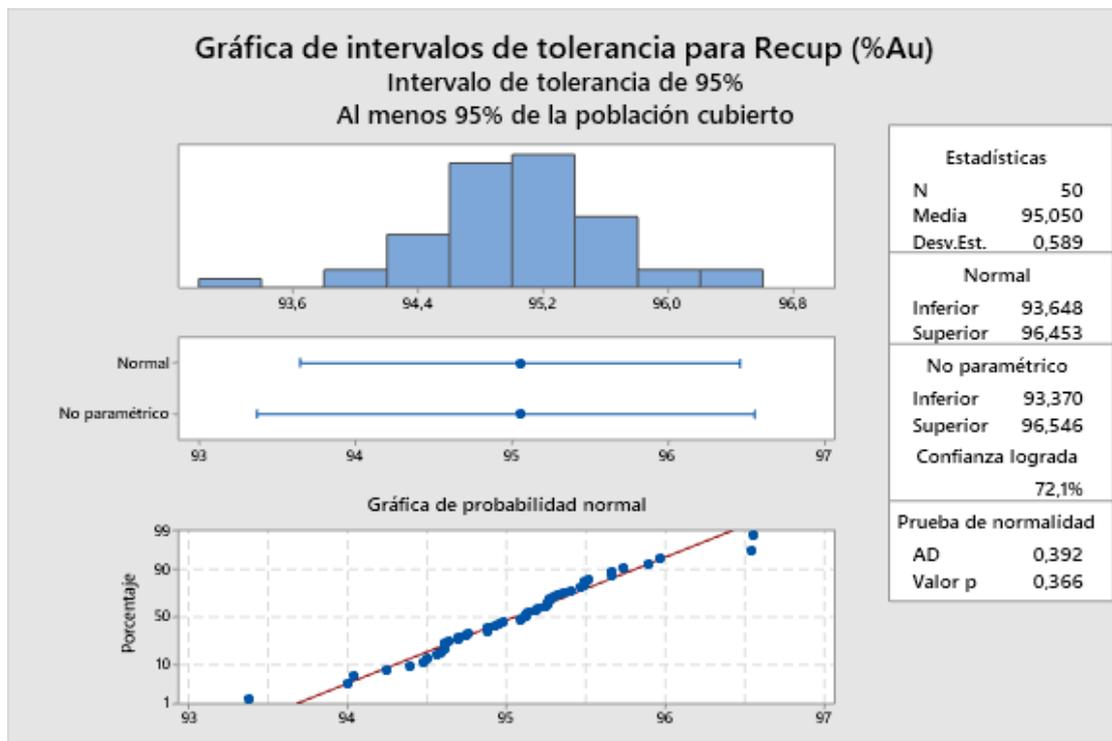
Capacidad de proceso con seis sigmas en la recuperación de Au.



En figura 22. Los rangos están dentro de los límites de control los de muestras como los móviles, los puntos de las muestras también no tienen mucha variación, la gráfica de probabilidad normal están dentro de los límites, sin embargo, p es 0,366 que es mayor a 0,005 no tiene efecto y el valor Cp es de 0,74 a corto plazo y 0,78 a largo plazo que es menor a 1,33 que lo hace no adecuada para el proceso, requiere modificación para mejorar. Sin embargo, la dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Figura 23

Intervalo de tolerancia en la recuperación de oro



En la figura 23. En la prueba de normalidad  $p$  es 0,366 que es mayor que 0,005 por lo que se tiene una proyección de rango para una recuperación en promedio de 95,050% límite inferior de 93,648% y superior de 96,453%, con una desviación estándar de 0,589.

## 4.2. **Contrastación de Hipótesis .**

### 4.2.1. **Contrastación de Hipótesis General.**

Obteniendo los datos de las operaciones mediante un muestreo adecuado se tendrá control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración, para establecer una recuperación óptima de oro en la planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

Se afirma la hipótesis, ya que el control de las variables permite establecer los límites de control para una óptima recuperación, en nuestro caso la que tiene una influencia mayor es la ley de cabeza al influir +5,89, mientras que la liberación en +2,5 y el relave en -9,62 por lo que se debe tener un control en las operaciones para tener una recuperación adecuada.

### 4.2.2. **Contrastación de Hipótesis Especifico.**

Realizando un muestreo adecuado de los parámetros de liberación del mineral en la molienda y densidad de pulpa, se podrá establecer los rangos de control en la recuperación de oro en la planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

Se afirma la hipótesis, con un control adecuado de la liberación y densidad de pulpa se tiene un control de los parámetros adecuados, para la liberación pasante a %-200m entre los límites inferiores de 69,492% límites superiores de 72,839% con un intermedio de 71,165%, con una dispersión real del proceso que es representada por 6 sigma, sin embargo, es necesario modificar para mejorar el proceso ya que el valor Cp es de 0,79 para corto plazo y 0,77 para largo plazo, siendo menor a 1,33. Mientras que para la densidad entre los límite inferior de 1401,38g/L y el límite superior de 1422,54g/L, con un intermedio de 1411,96g/L, con una dispersión real del proceso que es representada por 6 sigma, sin embargo, es necesario modificar para mejorar el proceso ya que el valor Cp es de 0,76 para corto plazo y 0,82 para largo plazo, siendo menor a 1,33. Con ellos el margen de la recuperación es tiene una límite inferior es de 93,668% y el límite superior de 96,432% con intermedio de 94,050%, con una dispersión real del proceso que es representada por 6 sigma, sin embargo, es necesario modificar para mejorar

el proceso ya que el valor  $C_p$  es de 0,74 para corto plazo y 0,78 para largo plazo, siendo menor a 1,33.

Realizando un muestreo adecuado de los parámetros fuerza de cianuro y ley de cabeza, permitir establecer los rangos de control en la recuperación de oro en la planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A.

Se afirma la hipótesis, con un control de la ley de mineral ingresante y fuerza de cianuro se tiene una recuperación en un margen adecuado para ellos se tiene, para la ley de cabeza entre los límite inferior es de 5,981 g/t Au y el límite superior de 9,574 g/t Au, con intermedio de 7,778 g/t Au, con una dispersión real del proceso que es representada por 6 sigma, sin embargo, es necesario modificar para mejorar el proceso ya que el valor  $C_p$  es de 0,86 para corto plazo y 0,61 para largo plazo, siendo menor a 1,33. Mientras que para la fuerza del cianuro de sodio entre los límite inferior de 1,557 g/t NaCN y el límite superior de 2,808 g/t NaCN, con un intermedio de 2,183 g/t NaCN, con una dispersión real del proceso que es representada por 6 sigma, sin embargo, es necesario modificar para mejorar el proceso ya que el valor  $C_p$  es de 0,82 para corto plazo y 0,87 para largo plazo, siendo menor a 1,33. Con ellos el margen de la recuperación es tiene una límite inferior es de 93,668% y el límite superior de 96,432% con intermedio de 94,050%, con una dispersión real del proceso que es representada por 6 sigma, sin embargo, es necesario modificar para mejorar el proceso ya que el valor  $C_p$  es de 0,74 para corto plazo y 0,78 para largo plazo, siendo menor a 1,33.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1. Discusión de Resultados.

En el trabajo sobre control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación de oro en la planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A, para una muestra de 100 de los cuales tomado 50 para realizar el procesamiento se tiene una relación matemática de la recuperación del oro,

$$\text{Recup}(\% \text{ Au}) = 93,1 + 0,3672 \text{ Cabeza (Au g/t)} - 0,0075 \text{ Densidad pulpa(g/L)} \\ + 0,214 \text{ NaCN (g/L)} + 0,1906 \% - 200\text{m} - 11,96 \text{ Relave (Au g/t)}.$$

Las variables que tiene influencia  $t$  mayor 2,4 en la recuperación son ley de cabeza (Au g/t) positivamente +5,89, %-200m 2,50, Relave (Au g/t) -9,62, mientras que Densidad pulpa(g/L) -0,61, NaCN (g/L) +1,00 que está por debajo de 2,4 no influyen. Se puede confirmar con el diagrama de Pareto el efecto la ley de cabeza g/t Au (A), liberación pasante %200m (B) y relave g/t Au (E) están por encima del valor de 2.02, mientras que densidad de pulpa g/L(C) y fuerza cianuro de sodio g/L(D) no tiene efecto.

Para la liberación, la prueba de normalidad el valor  $p$  es 0,525 menor que 0.005 por lo que se tiene una proyección de rango para una liberación del mineral pasante a la malla 200 en promedio de 71,165% límite inferior de 69,436% y superior de 72,894%, con una desviación estándar de 0,726. Mientras que, para la densidad de pulpa, la prueba de normalidad el valor  $p$  es 0,433 menor que 0.005 por lo que se tiene una proyección de rango para una densidad de pulpa en promedio de 1411,961 g/L límite inferior de 1401,732g/L y superior de 1422,190 g/L, con una desviación estándar de 4,295.

Respecto a la ley de cabeza, la prueba de normalidad  $p$  es 0,074 mayor que 0,005 es normal y tiene una proyección de rango para una ley de cabeza en promedio de 7,778 g/t límite inferior de 5,442 g/t y superior de 10,113 g/t, con una desviación estándar de 9,81. Para la fuerza

del cianuro de sodio, la prueba de normalidad  $p$  es menor que 0.005 por lo que la hace no paramétrica tiene una proyección de rango para una fuerza de NaCN en promedio de 2,183g/L límite inferior de 1,703 g/L y superior de 2,984 g/L, con una desviación estándar de 0.240.

En función a ello la recuperación de oro se tendría fundamentado en, la prueba de normalidad  $p$  es 0,366 que es mayor que 0.005 por lo que se tiene una proyección de rango para una recuperación en promedio de 95,050% límite inferior de 93,648% y superior de 96,453%, con una desviación estándar de 0.589.

Por otra parte, en los trabajos que anteceden, una recuperación adecuada se tiene por biooxidación y molienda fina en un 5% respecto a otros métodos convencionales con ninguna contaminación ambiental (**Santos, 2013**). De igual manera, con una alimentación al 100% - 1/2", reduciendo la carga de acero con una velocidad de operación del 82% se aumenta la capacidad (**Vargas, 2010**).

Por otra parte, con un lavado de relave, cianuración 100% 75um en 24 horas, con una recuperación del 70 y 38% de Au Ag el proyecto es rentable (**Andrews, 2012**). De otra parte, con un incremento de la velocidad de cianuración se reduce el cianuro y recuperando el 95% Au, 94% Ag y de sulfuros del 93,97% (**Villegas, 2015**). En una cianuración los que influyen en el proceso se tiene pH, porcentaje de sólido, concentración del cianuro, tamaño de granos y tiempo (**Asghar & Reza, 2015**). Con un molienda ultra fina seguido con una cianuración se tiene una efectiva recuperación de oro y plata (**Onur & Metin, 2016**).

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones.

En el control de parámetros en las operaciones de molienda y cianuración en la recuperación de oro en la planta piloto en la Compañía Minera Horizonte S.A se tiene las siguientes conclusiones:

Las variables que tiene mayor influencia en la recuperación son ley de cabeza (Au g/t) positivamente +5,89, %-200m 2,50, Relave (Au g/t) -9,62 que está por encima de 2,5 influyen. Del mismo modo confirma con el diagrama de Pareto el efecto la ley de cabeza g/t Au (A), liberación pasante %200m (B) y relave g/t Au (E) están por encima del valor de 2.02.

La relación en la recuperación tiene la relación matemática,  $\text{Recup (\% Au)} = 93,1 + 0,3672 \text{ Cabeza (Au g/t)} - 0,0075 \text{ Densidad pulpa (g/L)} + 0,214 \text{ NaCN (g/L)} + 0,1906 \text{ %-200m} - 11,96 \text{ Relave (Au g/t)}$ .

Para liberación y densidad de pulpa, el valor p es 0,525 menor que 0.005 por lo que, el %-200m promedio de 71,165% límite inferior de 69,436% y superior de 72,894% con una desviación estándar de 0,726; para densidad de pulpa el valor p es 0,433 menor que 0.005 por lo que el promedio es de 1411,961 g/L límite inferior de 1401,732g/L y superior de 1422,190 g/L, con una desviación estándar de 4,295. Con ello la recuperación su normalidad p es 0,366 que es mayor que 0.005 por lo que el promedio de 95,050% límite inferior de 93,648% y superior de 96,453%, con una desviación estándar de 0.589.

Respecto a ley de cabeza su normalidad p es 0,074 mayor que 0,005 es normal en promedio de 7,778 g/t límite inferior de 5,442 g/t y superior de 10,113 g/t, con desviación estándar de 9,81. Para la fuerza de cianuro de sodio la normalidad p es menor que 0.005 por lo que la hace no paramétrica en promedio de 2,183g/L límite inferior de 1,703 g/L y superior de 2,984 g/L, con una desviación estándar de 0.240. Teniendo una recuperación para una

normalidad  $p$  es 0,366 que es mayor que 0.005 por lo que el promedio de 95,050% límite inferior de 93,648% y superior de 96,453%, con una desviación estándar de 0.589.

Las dispersiones para liberación, densidad de pulpa, ley de cabeza y fuerza de cianuro, la dispersión real del proceso que es representada por  $6$  sigma, sin embargo, es necesario modificar para mejorar el los límites de control en las variables independientes con las dependientes.

## **6.2. Recomendaciones.**

Es el estudio realizado sobre, el control de parámetros en las operaciones de molienda, cianuración y recuperación de oro en la planta piloto de la Compañía Minera Horizonte S.A se consideró las siguientes recomendaciones:

Tener un control de las variables ya que en ciertos espacios sale de los límites de control para así mejorar el proceso.

Realizar un estudio más adecuado para el consumo de la fuerza del cianuro esto no tiene una influencia en la extracción para disminuir el consumo.

El para tener un mejor estudio del control es necesario trabajar con más datos para así tener una visión más adecuado del proceso.

## CAPÍTULO V

### BIBLIOGRAFÍA

- Andrews, J. (2012). Diseño de procesos para recuperar oro y plata desde el depósito de relaves de minera Meridian. *Titulo profesional Ingeniero Civil en Metalurgia Extractiva*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. Obtenido de [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-4500/UCF4959\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-4500/UCF4959_01.pdf)
- Asghar, A., & Reza, G. (2015). Optimizing and evaluating the operational factors affecting the cyanide leaching circuit of the Aghdareh gold processing plant using a CCD model. *The royal society*, 12. Obtenido de <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspa.2015.0681>
- Azañero, A., Aramburú, V., Quiñones, J., Puente, L., Cabrera, M., Falconí, V., . . . Medina, A. (2010). Tratamiento hidrometalúrgico del oro diseminado en pirita y arsenopirita del relave de flotación. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 12. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13\\_n25/pdf/a01v13n25.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13_n25/pdf/a01v13n25.pdf)
- Azuñero, A. (2015). *Flotación y concentración de minerales*. Lima: Editorial colecciones Jóvic.
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Mexico: GRupo Editorial Patria.
- Barrios, M. G. (2015). *Optimización del los sistemas de control de un molino de bolas*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Bravo, A. (30 de Agosto de 2003). *Manual de Molienda y clasificación de Minerales*. Casapalca, Perú. Obtenido de <https://goo.gl/Ftz6aE>
- Cáceres, J. (2007). *Metalurgica extractiva*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Aconcagua.
- Camayo, G., & Tito, B. (2021). Efecto de la granulometría en la cianuración de oro en la concesión Minera Kaswa - Huancavelica. *Ingeniero metalurgista y de materiales*.

- Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8794>
- Cárcamo, H. (2003). *Operaciones Mecánicas*. Antofagasta, Chile: Universidad Católica del Norte.
- Cardoso, G. (s.f.). Granulometría de la liberación de pirita aurífera. *VI SIMPOSIUM DE MINERIA AURIFERA*, (págs. 1-16).
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Chia-Aquije, J. (1984). *Operaciones unitarias en procesamiento de minerales*. Lima.
- Cornelio, A. (2017). Diagnóstico del circuito de molienda y cianuración, para fijar los parámetros de control de las operaciones de la Minera Vicus S.A.C., *Ingeniero Metalurgico*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2141/CORNELIO%20LA%20ROSA%20ANDRES.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Cristobal, W., & Huatuco, J. (2012). *Determinación del work index según la teoría de e. Bond mediante pruebas de moliendabilidad de sulfuros para el control de la etapa de molienda a nivel de laboratorio en la facultad de ingeniería química – u.n.c.p.* Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Dávila, J. (2011). *Diccionario Geológico*. Callao : Arth Grouting S.A.C.
- Day, A. (2002). *Manual de productos químicos para minería*. cytec. doi:www.cyte.com
- Domic, E. (2001). *Hidrometalurgia fundamento procesos y aplicaciones*. Santiago: Andros impresores Ltda.
- Echavaudis, E., & Perez, Y. (2017). *Determinación del tamaño de partícula óptima en molienda para la concentración por flotación de sulfuro de plomo a partir de un mineral polimetálico*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Egas, A. (1985). *Evaluación de Plantas Concentradoras*. Lima.
- Fernandez, C. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: Mc Gram Hill .
- Fuerstenau, M. C., & Han, K. N. (2009). *Principles of Mineral processing*. Colorado, USA: Electronic edition.
- Gupta, A., & Yan, D. (2006). *Mineral Processing Design and Operation: An Introduction*. Elsevier.
- Guzmán, L. R. (2016).
- Habashi, F. (1996). *handbook of extractive metallurgy* (Vol. III). Nueva York: Wiley VCH.
- Hidalgo, N., D. A., Bazán, V., & Sarquís, P. (2015). Avances en la recuperación de oro y plata mediante flotación en escorias de procesamiento de menas de oro . 686-687.
- Huamaní, R., Suero, A., Hau, L., Mamani, P., Huanca, P., Ascuña, V., . . . Vega, E. (2019). Contribución al conocimiento sobre la minimización del consumo de Cianuro en la minería del Oro; Sales oxidantes, Aireación y Sobremolienda para minerales Cianicidas. *Revista Boliviana de Química*. doi:DOI: 10.34098/2078-3949.36.5.1
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1988). *Minería Química* . Madrid: Artes graficos MV S.A.
- Kumar, C. (2003). *Chimical metalurgy*. Mumbai: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Lenntech. (1998). *pH y alcalinidad*. Obtenido de Lenntech.es: <https://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm>
- Machaca Chuquimamani, R. F. (2019). Optimización de la recuperación de oro mediante el control de la densidad y el pH por el método carbón en pulpa en la procesadora NEAL SAC. Chala-Arequipa. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad del Altiplano, Puno. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tesis.unap.edu.pe/bitstream/han

dle/20.500.14082/11388/Machaca\_Chuquimamani\_Rudy\_Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de energía y minas. (2003). *Glosario tecnico minero*. Bogota: INGEOMINAS.

Misari, F. (2010). *Metalurgia del oro*. Lima: San Marcos.

Napier-Munn, T., Morrell, S., Morrison, R., & Kojovic, T. (1999). *Mineral Comminution Circuits Their Operation and Optimisation*. Queensland: JKMRC.

Onur, B., & Metin, U. (2016). Investigation of the cyanide leaching optimization for ultrafine grinding gold–silver ore. *The Institute of Materials Minerals and Mining*, 9. Obtenido de

<https://iom3.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02726351.2015.1116476?scroll=top&neededAccess=true&journalCode=upst20#.Xqi3FCkzbIV>

Oyarce, E., & Lescano, M. (2015). Proceso de lixiviación a nivel artesanal para la obtención de los parámetros óptimos en la recuperación de plata y oro en el distrito de Simbron de la provincia de Gran Chimú. *Titulo ingeniero químico*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de

[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3633/OyarceGuarniz\\_E%20-%20LescanoTeran\\_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3633/OyarceGuarniz_E%20-%20LescanoTeran_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pérez, J. (2008). *definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/sistema/>

Portal Minero. (2006). *Manual general de minería y metalurgia*. Chile.

Quiroz, I. (1986). *Operaciones unitarias en procesamiento de minerales*. Lima.

RAE. (2019). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/sistema>

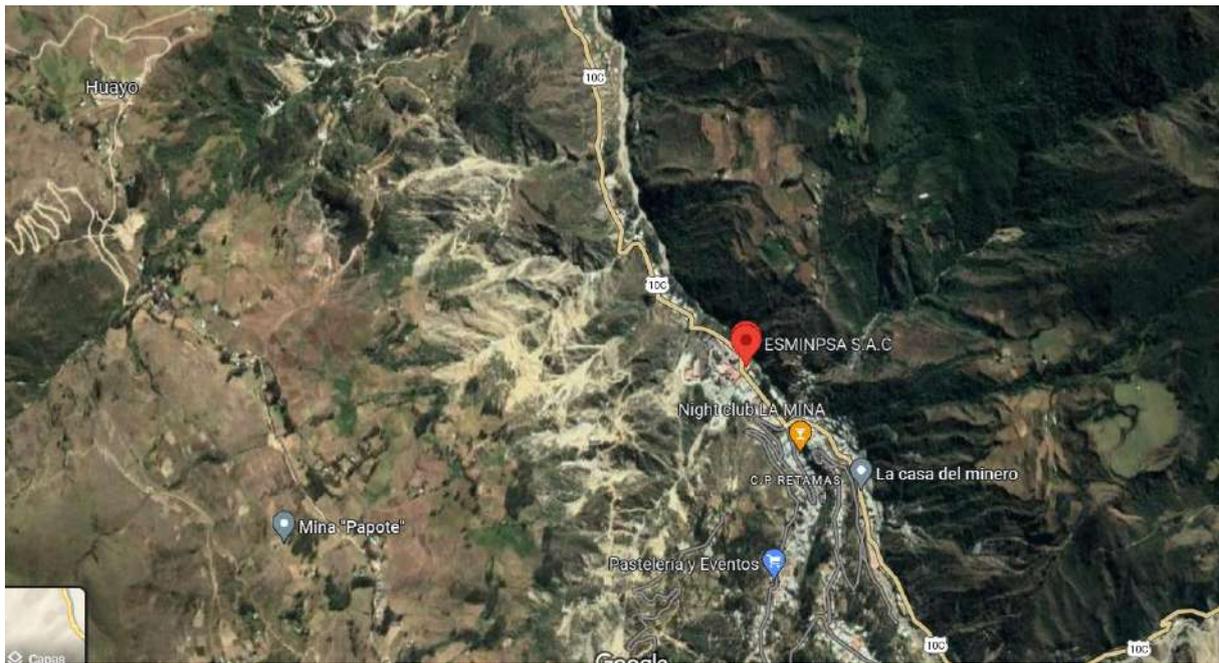
Raffino, M. (2020). *Concepto*. Obtenido de [Concepto.de: oncepto.de/proceso/](https://concepto.de/proceso/)

- Romero, A., Flores, S., & Arévalo, W. (18 de Noviembre de 2009). Análisis granulométrico para la producción de industrial del cobre a partir de la calcopirita. *Facultad de Ingeniería Industrial*, 21-26.
- Ruiz, J., López-, C., Carmona, M., & Bolicar, W. (2019). Modelamiento estadístico y optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero. *Revista Facultad de Ingeniería*, 16. Obtenido de <https://revistas.uptc.edu.co>
- Ruiz-Córdoba, J., López-Cañas, C., Carmona-Arango, M., & Bolívar-García, W. (2019). Modelamiento estadístico y optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero. *Scielo* . doi:<https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n53.2019.9745>.
- Salinas, L., Rivera, I., Carrillo, R., Patiño, F., Hernández, J., & Hernández, L. (2001). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Revista de la Sociedad Química de México*, 315-320.
- Santos, R. (2013). Evaluación de cuatro metodos para recuperacion de oro a partir de un mineral refractario. *Maestria en ciencias y tecnologia ambiental*. Centro de Investigación en Materiales Avanzadis, S.C., Mexico. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2314/1/ROCIO%20Tesis%20maestria.pdf>
- Saravia, S. (2018). Optimización del Proceso de Cianuración en la Minera Veta Dorada S.A.C. *Ingeniero Metalurgista*. Universiddad Nacional San Agustin de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8700>
- Sepulveda,, J. E., & Gutierrez, L. (1986). *Dimensionamiento y optimización de plantas concentradoras mediante tecnicas de modelación matematica*. Santiago, Chile: Impresos Verman.
- Significados. (2019). *Significado de Optimización* . Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/optimizacion/>

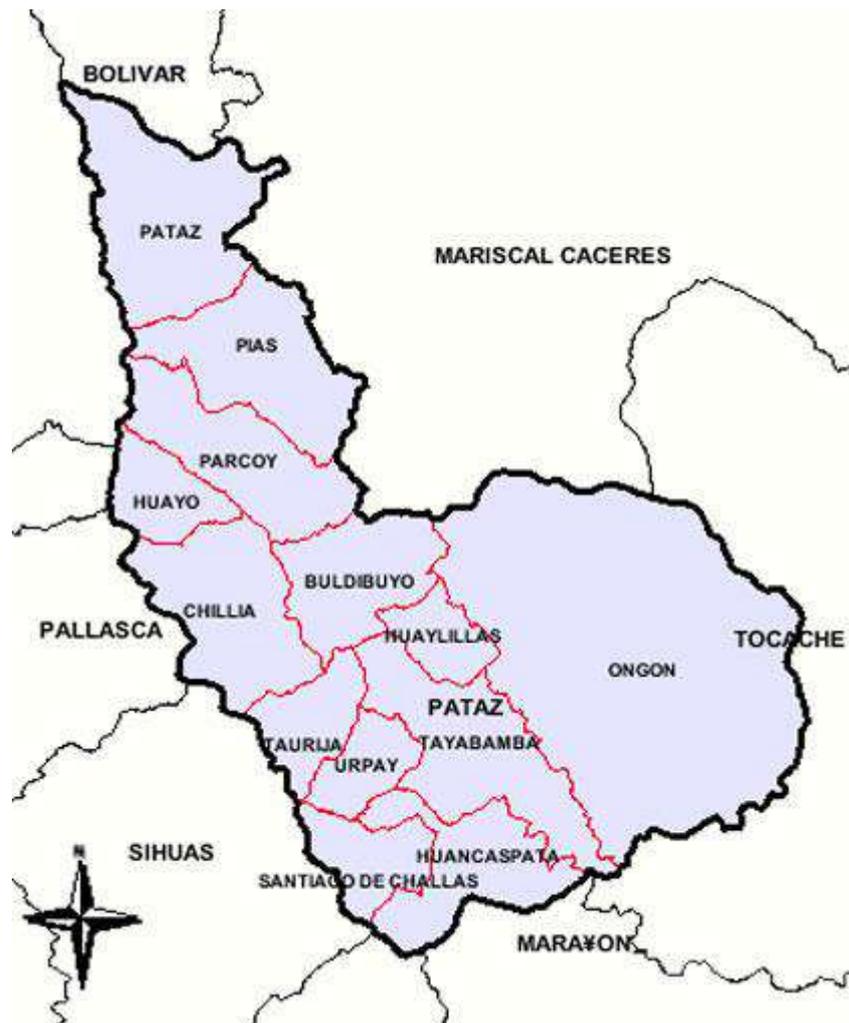
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de minerales*. Concepción: Instituto de investigación tecnológicas.
- Turpo, M. (2018). *Diseño y simulacion de manipulador para forros de acero aplicados en molinos convencionales*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Valarezo, M. (2017). Evaluación hidrometalúrgica por cianuración de los concentrados de flotación de la empresa Ecoluxen S.A. *Ingeniero Químico*. Universidad Tecnica Particular de Loja, Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/21196>
- Vargas, J. (2010). Evaluación de un circuito de molienda y clasificación, llego a la conclusión. *Título Profesional de IngenieroMinas*. Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16331/1/Evaluacion%20de%20un%20Circuito%20de%20Molienda%20y%20Clasificacion.pdf>
- Villegas, A. (2015). optimización del tratamiento de minerales auríferos por el método de carbón en pulpa (CIP) en la Planta de Beneficio Doble “D” Minera Colibri. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1784/AGviquafr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- WILLS, B. (1994). *Tecnología de porcesamiento de minerales*. DC Mexico: Editorial Limusa S.A.
- Yannopoulos, J. (1991). *The Extractive Metallurgy of Gold*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Yianatos, J. (2005). *Flotación de minerales*. Santiago.

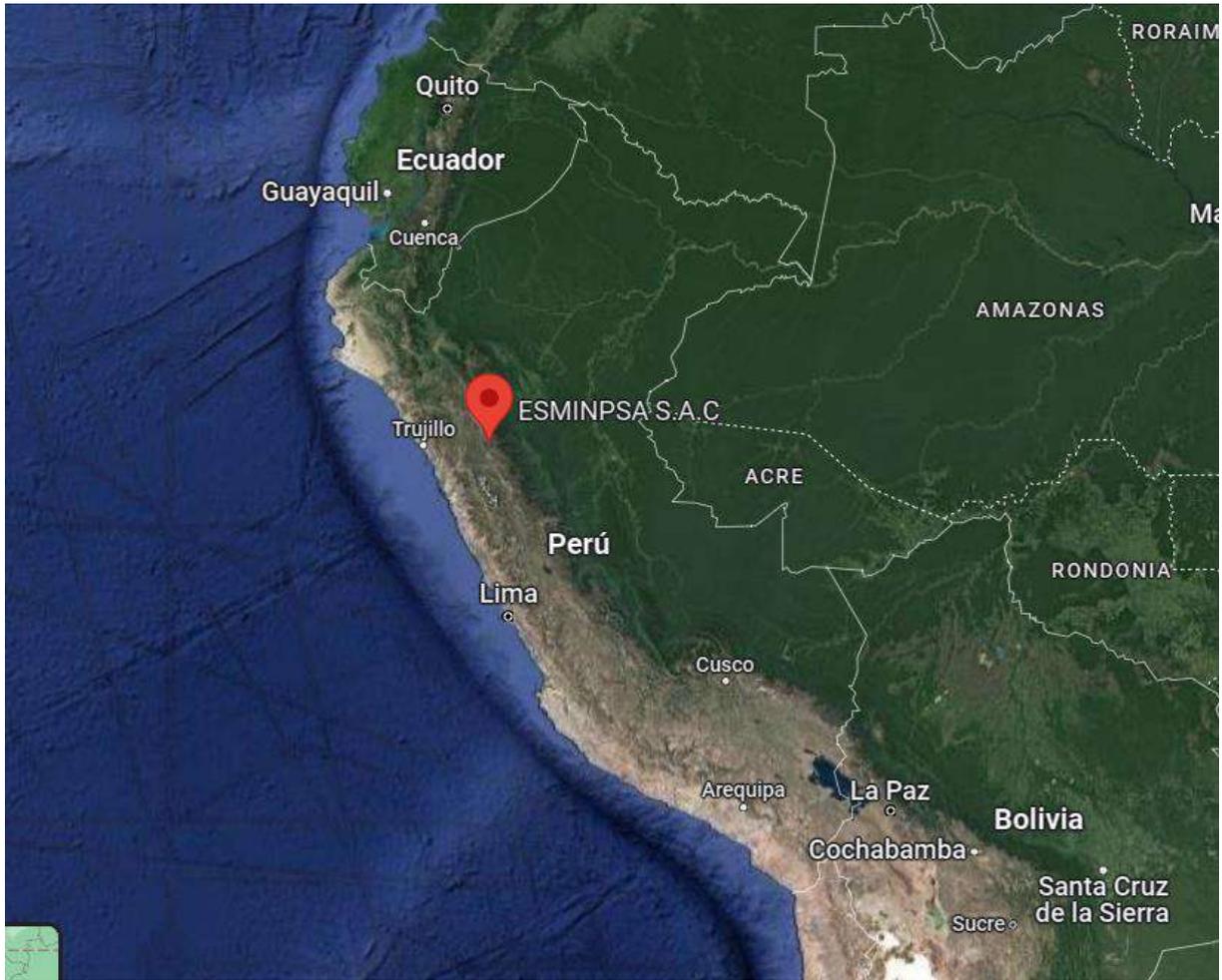
# ANEXO

*Anexo 1 Consorcio Minero Horizonte SA.*



*Anexo 2 Distrito de Parcoy - Pataz -La Libertad - Perú*





*Anexo 3 Instrumentos para la toma de datos*

N°	Días	Ley Cabeza	Liberación	Densidad de Pulpa	F <sub>NaCN</sub>	% Au	Relave
	Fecha	g/t	%-200m	g/L	g/L	Recup	g/t
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Hora	MOLIENDA					
	Faja	Dens.	Dens.	Dens.	Dens.	% Malla
	Corte	O/F	M1	M3	M3	(-200)
7:00						
8:00						
9:00						
10:00						
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						
18:00						
Prom.						

### Anexo 4 Control de parámetro de molienda y cianuración

FECHA		TURNO A						RESONABLE								Preparacion	
Hora	MOLIENDA						CIANURACION								NaCN (kg)	NaOH (kg)	
	Faja Corte	Dens. O/F	Dens.	Dens.	Dens.	% Malla (-200)	PH				%CN-						
			1	2	3		5x10	O/F	TK1	TK7	4	O/F	TK1	TK7			
07:00	3950	1400	1540	1750	1910												
08:00	4090	1430	1570	1770	1910		12.00	11.50	11.00	10.80	0.14	0.07	0.11	0.08			
09:00	3900	1410	1550	1760	1910						0.15	0.08	0.11	0.08			
10:00	4080	1415	1560	1770	1890	74.96					0.15	0.08	0.11	0.08			
11:00	4050	1410	1540	1750	1890						0.16	0.09	0.11	0.08			
12:00	4080	1420	1540	1760	1900		12.00	11.50	11.00	10.80	0.15	0.08	0.11	0.08	100.0	3.0	
13:00																	
14:00	4060	1410	1560	1780	1880						0.16	0.08	0.11	0.09		25.0	
15:00	3900	1400	1550	1750	1890						0.15	0.09	0.11	0.09			
16:00	4100	1400	1580	1770	1900	71.09					0.15	0.09	0.11	0.08			
17:00	4040	1400	1570	1770	1880		12.00	11.50	11.00	10.80	0.16	0.08	0.11	0.08	100.0	3.0	
18:00	4100	1410	1570	1760	1890						0.16	0.08	0.11	0.08			
Prom.	4032	1410	1557	1763	1895	73.03	12.00	11.50	11.00	10.80	0.15	0.08	0.11	0.08	200	31	

FECHA		TURNO B						RESONABLE								Preparacion	
Hora	MOLIENDA						CIANURACION								NaCN (kg)	NaOH (kg)	
	Peso Corte	Dens. O/F	Dens.	Dens.	Dens.	% Malla (-200)	PH				%CN-						
			1	2	3		5x10	O/F	TK1	TK7	5x10	4	TK1	TK7			
19:00	3900	1400	1530	1750	1900												
20:00	4020	1430	1550	1770	1900		12.00	11.50	11.00	10.80	0.12	0.05	0.11	0.08			
21:00	4070	1430	1570	1770	1920	69.44					0.15	0.07	0.11	0.08			
22:00	4100	1430	1540	1750	1900						0.16	0.08	0.12	0.08			
23:00	4100	1410	1550	1750	1910		12.00	11.50	11.00	10.80	0.14	0.09	0.12	0.08	100.0	3.0	
00:00	4100	1420	1550	1760	1910	70.05					0.16	0.07	0.12	0.08			
01:00	4080	1415	1555	1750	1900						0.15	0.09	0.12	0.08			
02:00	4000	1410	1530	1710	1880						0.15	0.08	0.12	0.08			
03:00	4030	1400	1540	1740	1900		12.00	11.50	11.00	10.80	0.15	0.08	0.12	0.08			
04:00	4070	1400	1540	1730	1900	71.50					0.15	0.07	0.11	0.09		25.0	
05:00	4060	1410	1550	1730	1910						0.15	0.08	0.12	0.09			
06:00	4080	1410	1560	1750	1910						0.15	0.08	0.12	0.08	100.0	3.0	
Prom.	4051	1414	1547	1747	1903	70.33	12.00	11.50	11.00	10.80	0.15	0.08	0.12	0.08	200	31	

### Anexo 5 control de la ley de cabeza de oro

Fecha	Hrs	ALIMENTACION			Densidad	LEYES (g/TM) y (g/m3)					CONTENIDO DE ORO (g)				
		CABEZA (TMS)	SOLUCION (M3)	Pulpa (g/L)	CABEZA SOLIDO	OVER FLOW		RELAVE		CABEZA SOLIDO	OVER FLOW		RELAVE		
						SOLIDO	LIQUIDO	SOLIDO	LIQUIDO		SOLIDO	SOLIDO	LIQUIDO	SOLIDO	LIQUIDO
30-jul.	6,00	34,63	41,16	1422	8,310	2,250	7,425	0,459	0,017	287,78	77,92	305,61	15,88	0,68	
31-jul.	24,00	132,41	167,65	1401	9,040	2,917	7,650	0,459	0,017	1196,97	386,17	1282,50	60,71	2,77	
1-ago.	24,00	137,05	173,17	1402	8,775	1,575	5,188	0,467	0,013	1202,61	215,85	898,31	63,93	2,25	
2-ago.	24,00	138,47	163,71	1423	9,410	1,833	6,138	0,467	0,013	1303,04	253,82	1004,75	64,67	2,13	
3-ago.	24,00	136,54	170,50	1406	8,535	1,517	5,225	0,384	0,017	1165,39	207,14	890,84	52,36	2,81	
4-ago.	24,00	134,84	168,35	1406	7,885	1,283	4,675	0,345	0,023	1063,25	173,01	787,02	46,52	3,79	
5-ago.	23,00	135,13	165,63	1412	6,495	1,217	4,225	0,417	0,012	877,68	164,46	699,77	56,28	1,90	
6-ago.	24,00	138,84	170,38	1411	7,805	1,525	6,400	0,367	0,008	1083,67	211,74	1090,42	50,89	1,28	
7-ago.	23,50	140,49	169,26	1417	7,490	1,550	5,725	0,350	0,013	1052,29	217,76	969,00	49,17	2,12	
8-ago.	24,00	134,12	165,50	1410	7,685	1,275	5,250	0,375	0,009	1030,70	171,00	868,86	50,29	1,49	
9-ago.	24,00	144,32	176,17	1413	7,735	1,359	4,675	0,350	0,014	1116,34	196,06	823,60	50,51	2,47	
10-ago.	23,50	138,70	167,46	1417	8,030	1,217	5,625	0,334	0,024	1113,76	168,73	941,96	46,26	4,02	
11-ago.	24,00	146,59	176,82	1417	8,755	1,833	6,375	0,342	0,016	1283,39	268,70	1127,25	50,06	2,74	
12-ago.	24,00	140,51	174,14	1408	7,075	1,317	4,725	0,384	0,011	994,14	185,06	822,80	53,89	1,83	
13-ago.	24,00	138,52	170,87	1410	7,860	1,658	4,575	0,334	0,018	1088,74	229,66	781,72	46,20	2,99	
14-ago.	24,00	137,07	170,36	1407	7,065	1,175	5,075	0,350	0,027	968,43	161,06	864,59	47,98	4,51	
15-ago.	24,00	138,30	169,54	1412	7,340	1,233	3,850	0,400	0,033	1015,10	170,52	652,74	55,32	5,59	
Total	388,0	2246,55	2760,65	1411	7,943	1,505	5,365	0,383	0,016	17843,29	3380,73	14811,74	860,92	45,37	