



FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA DE MINAS

“INFLUENCIA DE NUEVOS PROCESOS DE
LIXIVIACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE Au EN
MATERIAL FINO EXTRAÍDO DEL TAJO CERRO
NEGRO – MINERA YANACocha SRL - 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de minas

Autores:

Bach. Manuel Jesus Marcapura Vargas

Bach. Luis Fernando Chávez Ponciano

Asesor:

Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales

Cajamarca – Perú

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres Manuel Jesús Marcapura Vargas y Luis Fernando Chávez Ponciano, denominada:

**“INFLUENCIA DE NUEVOS PROCESOS DE LIXIVIACIÓN EN LA
RECUPERACIÓN DE Au EN MATERIAL EXTRAÍDO DEL TAJO CERRO
NEGRO – MINERA YANACOCHA SRL - 2017”**

Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales
ASESOR

Ing. Nombres y Apellidos
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Nombres y Apellidos
JURADO

Ing. Nombres y Apellidos
JURADO

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi amada esposa, a mis hijos y a toda mi familia, quienes con su apoyo constante hicieron que éste emprendimiento se hiciera realidad, siendo mi soporte moral y espiritual durante este largo camino hacia mi superación profesional y siempre estuvieron a mi lado para lograr las metas trazadas. ¡Vamos por más!!!

Luis Fernando Chávez Ponciano

Esta tesis la dedico a mis padres quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante, sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mi querida esposa por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles, siempre ha estado brindándome su comprensión cariño y amor.

A mis hijos por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Manuel Jesús Marcapura Vargas

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a mis profesores de la Universidad Privada del Norte, por sus enseñanzas y experiencias compartidas durante el desarrollo de toda la carrera profesional de Ingeniería de Minas.

Luis Fernando Chávez Ponciano.

Doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi Universidad, gracias a mi Universidad Privada del Norte por convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados, y como recuerdo y prueba viviente en la historia; esta tesis, perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Manuel Jesús Marcapura Vargas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACION DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDOS.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Formulación del Problema.....	13
1.3. Justificación.....	14
1.3.1. <i>Justificación Teórica</i>	14
1.3.2. <i>Justificación aplicativa o práctica</i>	14
1.3.3. <i>Justificación Valorativa</i>	14
1.3.4. <i>Justificación académica</i>	14
1.4. Limitaciones.....	14
1.5. Objetivos.....	15
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	15
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.2. Bases Teóricas.....	20
2.3. Definición de Términos básicos.....	22
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Formulación de la Hipótesis.....	25
3.2. Operacionalización de Variables.....	25
3.3. Diseño de Investigación.....	28
3.4. Unidad de Estudio.....	28
3.5. Población.....	28
3.6. Muestra.....	28
3.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	28
3.8. Métodos ,instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	29

CAPÍTULO 4. RESULTADOS	30
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	52
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Cuadro de Operacionalización de Variables.....	26
Tabla N° 02: Actividades a realizar durante la Investigación.....	29
Tabla N° 03: Polígonos de prueba.....	37
Tabla N° 04: Polígonos adicionales para lastre.....	38
Tabla N° 05: Resultados del muestreo granulométrico.....	38
Tabla N° 06: Evaluación de resultados de muestreo usando Kriging.....	40
Tabla N° 07: Mineral depositado en la celda del pad.....	54
Tabla N° 08: Control de Ratio de Regadío.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig.01: Ubicación de Minera Yanacocha SRL
- Fig. 02: Vías de Acceso a Minera Yanacocha- Cajamarca Perú
- Fig. 02-A: Sapo Zampoño (*Alytes obstetricans*)- Sapo, presente en M.Y S.R.L.
- Fig.02-B: Plantae- Magnoliophyta - violaceae- presente en M.Y S.R.L.
- Fig.02-C: *Rattus norvegicus* (rata), presente en propiedades de M.Y. S.R.L.
- Fig.02-D:Chordata- *Salmo trutta* (trucha) presente en propiedades de M.Y.S.R.L.
- Fig. 03: Fotografía mostrando la profundidad de batido 5m en la celda prueba.
- Fig. 04: Fotografía mostrando las áreas puestas en riegos en bancos de 8 m.
- Fig. 05: Fotografía mostrando el Lif de 16 m
- Fig. 06: Fotografía mostrando empozamientos de solución durante el lixiviado
- Fig 07. Mostrando el lixiviado aplicando el método de Pads Dinámicos.
- Fig. 08: Ubicación de la zona de prueba y grados de alteración geológica presentes
- Fig. 09: Ubicación de la celda prueba en el Pad La Quinoa
- Fig. 10: Fotografía mostrando la acumulación de material en bancos de 8 m.
- Fig. 11: Fotografía mostrando algunas acumulaciones de solución
- Fig. 12: CN nivel 3700, frente disponible para la zona de prueba, cuerpo de sílice para la zona B Lift 06
- Fig. 13: Fotografías mostrando el control de calidad en los frentes de minado Fig. 14: Celda prueba en Pad La Quinoa, área de 2353 m²
- Fig. 15: Fotografía mostrando la descarga del mineral en bancos de 8m
- Fig. 16: Fotografía mostrando la preparación y ubicación de la celda Prueba
- Fig. 17: Resultados de NCV en la celda del Pad Dinámico
- Fig. 18: Ratio de regadío en la celda de prueba
- Fig. 19: Imagen mostrando el monitoreo GPS de empozamientos
- Fig. 20: Imagen mostrando el Valor del Ph: (a) solución PLS; (b) pH del Barren de CIC-LQ y pH descarga 14.
- Fig. 21: (a) ley de oro en la solución PLS; (b) Rate S/O & Gold Extracción
- Fig. 22: (a) Grado de Plata; (b) Grado de Cobre
- Fig. 23: Esquema para el cálculo del balance metalúrgico

LISTA DE ABREVIATURAS

PAD:	Plataforma de lixiviación
cm ³ :	Centímetros cúbicos
g:	Gramos
R:	Densidad de la roca (g/cm ³)
m:	Metro lineal
m ² :	Metro cuadrado
m ³ :	Metro cubico
Pulg:	Pulgada
Ton:	Tonelada métrica
Ø:	Diámetro
Lifts:	Bancos de plataforma de lixiviación
GFP:	Geomembrana de polietileno flexible
GPAD:	Geomembrana de polietileno de alta densidad
PLS:	Solución Pregmant
NCV:	Valor Neto de Carbonatos

RESUMEN

Minera Yanacocha S.R.L, es una empresa dedicada a la extracción de oro y se ubica en la Provincia y Departamento de Cajamarca, aproximadamente a 34 kilómetros (km) al norte de la ciudad de Cajamarca. El objetivo principal de esta investigación es evaluar la factibilidad para procesar este mineral fino en un Pad Dinámico, para el cual se ha construido una celda de prueba en el Pad de la Quinua, donde se ha descargado 36,000 toneladas de mineral fino (40% -200m) conteniendo 568 onzas de oro. El área de la celda fue de 2,353 m² y la altura del lift de 8 metros. El tiempo de lixiviación fue de 50 días, durante el cual se monitoreó el flujo de Barren, y se analizó la descarga de la solución pregnant (PLS)

El mineral fue acondicionado con cal de Chinalinda a un ratio de 3.0 kg/t. El pH de la solución en la descarga de la celda, inició con un valor de 2.5, el cual fue incrementando hasta terminar la prueba con un valor de 7.8.

Al término de la prueba, el ratio Solución/Ore (S/O) alcanzado fue de 0.411, las extracciones de oro y plata fueron de 46.6% y 6.2% respectivamente. De las perforaciones realizadas antes y después de la lixiviación se ha estimado una extracción de oro de 54%.

PALABRAS CLAVES: Pad Dinámico, Barren, Ratio, Lixiviación.

ABSTRACT

Minera Yanacocha S.R.L is a company dedicated to the extraction of gold and located in the Province and Department of Cajamarca, approximately thirty-two kilometers (km) north of the city of Cajamarca. The main objective of this research is to evaluate the feasibility of processing this fine mineral in a Dynamic Pad, for which a test cell has been built in the Quinoa Pad, where Thirty-six thousand tons of fine ore have been discharged (forty% two hundred m) containing five hundred sixty eighth ounces of gold. The area of the cell was of two thousand three hundred fifty tthree square meters and the height of the lift of eighth meters. The leaching time was fifty days, during which the flow of Barren was monitored, and the discharge of the pregnant solution (PLS)

The mineral was conditioned with Chinalinda lime at a rate of three / t. The pH of the solution in the discharge of the cell, beginning with a value of two point five, which was increased until finishing the test with a value of seven point eight.

At the end of the test, the ratio Solución / Ore (S / O) reached was zero point four hundred eleven, gold and silver extractions were forty six point six % and six point two% respectively. A gold extraction of fifty four % has been estimated from the perforations before and after the leaching.

KEYWORDS: Dynamic Pad, Barren, Ratio, Leaching

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La lixiviación con cianuro, no puede considerarse un procedimiento minero típico sino más bien un proceso propio de la industria. El proceso de disolución de metales se denomina lixiviación. El cianuro se disuelve en agua donde, en condiciones ligeramente oxidantes, disuelve el oro contenido en el mineral. La solución resultante que contiene oro se denomina “Solución Cargada” Luego se agrega zinc o carbón activado a la solución cargada para recuperar el oro, extrayéndolo de la solución. La solución residual o “estéril” puede recircularse para extraer más oro o enviarse a una instalación para el tratamiento de residuos.

En 2002 había 875 establecimientos de producción de oro y plata, de los cuales 500 eran grandes productores. Más del 90% de la recuperación del oro en el mundo se basa en la utilización del cianuro (Mudder.T, 2004).

En el Perú el concepto de proceso de lixiviación por pilas se empleó por primera vez en la extracción de cobre a mediados del siglo XVIII a partir de los minerales oxidados de yacimientos pórpidos. Actualmente la lixiviación en pilas es el proceso más usado en la recuperación de minerales con oro diseminado y de baja ley. En 1992 se inicia la bio-oxidación de minerales en pilas, abriendo una nueva oportunidad de tratamiento a los minerales refractarios al proceso de lixiviación en pilas (Mudder.T, 2004).

La situación del mineral en Minera Yanacocha SRL actualmente tiene un alto porcentaje de finos de alta ley de Au, la problemática radica en la poca recuperación de Au en este tipo de material debido a su alta plasticidad acumulados en bancos de 8m (Mudder. T, 2004), generando como consecuencia un mayor consumo de reactivos como el cianuro para la obtención de un mayor porcentaje de recuperación de Au.

La influencia de nuevos procesos en la recuperación de Au en materiales finos mayores al 25% es esencial por su alta plasticidad ya que a través de ellos se busca tener una mayor rentabilidad en la recuperación de este mineral valioso a un menor costo y con un sistema controlado, por ende, esta tesis busca estandarizar nuevos procesos sistemáticos que sirva de apoyo para el tratamiento del lixiviado

en diversos tipos de materiales debido a la diversidad geológica presente en el distrito Minero de Yanacocha y de apoyo en los diversos yacimientos mineros del Perú.

Actualmente los bancos en el Pad de La Quinua en Minera Yanacocha SRL son de 16 metros de altura; a través de la presente tesis se propuso cambiar la altura a lift de 8m aprovechando la geometría actual del Pad y donde el tipo de mineral es mayor a 25% de finos según modelo establecido observando el comportamiento plástico de dichos materiales en profundidades.

Cuantificando en toneladas es un promedio de 9 ktn de mineral con una ley promedio de 0.4 gr/ton, si no se plantea alternativas de tratamiento del mineral mayor a 25% de finos su destino seria el botadero ya que la planta de Aglomeración durante este periodo se encuentra cerrada.

1.2. Formulación del problema

¿Se podrá conseguir una mejor recuperación de oro en materiales con alto contenido de finos a través de nuevos procesos de lixiviación?

1.2.1 Problemas Secundarios

- ¿Cómo conseguir una mejor recuperación de oro en materiales con alto contenido aplicando nuevos procesos de lixiviación?
- ¿Cómo es el ciclo de lixiviación en materiales con finos mayores al 25% ?
- ¿Cuál será el nuevo ratio de Cal a emplear para la recuperación de Au materiales con alto contenido de finos?

1.3. Justificación

1.3.1 Justificación teórica

El presente trabajo de investigación genera un importante aporte al conocimiento científico-tecnológico para el tratamiento de materiales auríferos finos en los Pads de lixiviación y especialmente en los Pads de Minera Yanacocha S.R.L.

1.3.2 Justificación aplicativa o práctica

Con la construcción de un lift de 8m de altura con alto contenido de finos y los resultados obtenidos a través de las perforaciones realizadas antes y después del lixiviado en las celda prueba, se dará a conocer que, mediante una eficiente gestión de los ciclos de lixiviación, verificación de pruebas de permeabilidad y una buena estimación de ratios de cal para un mineral que tenga NCV ligeramente ácido se asegurará una buena recuperación de oro.

1.3.3 Justificación valorativa

Con este estudio se logrará mejorar la calidad del trabajo de lixiviación con material fino, logrando actuar de acuerdo a las mediciones de los errores operacionales y poder reducir los problemas ante las desviaciones entre lo obtenido y lo esperado. De igual manera se podrá tener una mejor recuperación de oro en materiales finos logrando una mayor rentabilidad en la empresa.

1.3.4 Justificación académica

El propósito de la investigación tiene como finalidad obtener el título de ingeniero de minas logrando desarrollar un estudio científico que permita obtener una mejor rentabilidad y beneficio para Minera Yanacocha SRL.

1.4. Limitaciones

- Acceso limitado a la recolección de información e inventariado de datos referente a la recuperación de oro en materiales finos mayores a 25%, en el área de Operaciones y Procesos- Lixiviación de mina debido a la información confidencial por parte de la empresa.
- Limitada capacitación para la interpretación de resultados en el software de gestión para el lixiviado de material fino utilizados por la compañía minera.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo General.

Determinar la influencia de nuevos procesos de lixiviación para la recuperación de oro en materiales finos.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Estimar el % de recuperación de Au en material con alto contenido de finos en bancos de 8 metros.
- Establecer ciclos de Lixiviación con materiales mayores al 25% de finos
- Determinar la influencia del nuevo ratio de cal en el proceso de recuperación de Au en material fino

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Tremolada, J. (2011) en su tesis doctoral “Caracterización, Influencia y Tratamiento de Arcillas en Procesos de Cianuración en Pilas” sustentada en la universidad de Oviedo, España, el año 2011, concluye que fue comprobado experimentalmente en los tests de lixiviación por agitación que las arcillas presentan una alta capacidad de intercambio iónico, esto es, en medio cianurado tienen la capacidad de adsorber los iones oro y plata de solución y asimilarlos a su matriz.

Se observó que en el caso específico de la plata la capacidad de adsorción fue elevada y superior al 80 %.

Para el caso del oro, el grado de adsorción osciló entre valores comprendidos entre el 1,68 % y 7,49 %, dependiendo del tipo y características de arcilla evaluada, alcanzando su máximas capacidad de asimilación en las arcillas el rango de las primeras 48 - 96 horas, en un rango que oscilan entre el 8,26 % al 22 %.

Dependiendo también del tipo de arcilla evaluado, para tiempos mayores a los citados anteriormente, el oro comenzó a desprenderse de la arcilla hacia el medio líquido cianurado.

En los tests de velocidad de filtrabilidad, a diferentes porcentajes de arcillas, fue verificado que las arcillas incrementan su volumen debido a sus propiedades hidrofílicas y a su actividad coloidal. Esto lleva a la reducción en la porosidad del mineral y el volumen de filtrado disminuye a medida que el porcentaje de arcillas se incrementa del 15 % al 60 %. Ello implica la necesidad de tratar minerales con bajo contenido de arcillas a fin de no incrementar el ciclo de lixiviación en las pilas de procesamiento.

Echevrry, J. (2015), en su tesis magistral “Recuperación de Oro y Plata mediante lixiviación electrocinética en columna a escala laboratorio”, sustentada en la universidad Nacional de Colombia , el año 2015, concluye

que para tamaños de partículas de mineral inferiores a 177 μm no se logra una liberación efectiva de oro y plata, por lo tanto no se observa una clara tendencia entre la recuperación del oro y plata y la diferencia del potencial eléctrico aplicado en el reactor de electrolixiviación. Así como para tamaños de partículas inferiores a 177 μm se logra una liberación eficiente de partículas de Oro y por lo tanto se puede apreciar una tendencia del incremento de la recuperación de oro con el voltaje aplicado, esto podría estar asociado a que una vez se logra la formación de los complejos $\text{Au}(\text{CN})_2^-$, la diferencia del potencial eléctrico aplicado estará afectado la velocidad electromotriz del complejo oro – cianuro, a través de la capa difusa y entre mayor sea la diferencia de potencial eléctrico mayor será la fuerza electromotriz que adquiere estas especies, esto implica que el complejo se transportará más rápido hacia el seno de la solución.

Martines, S. (1996) en su tesis doctoral “Estudio de sistemas de extracción con disolventes de Au (III) en medio clorhídrico con aminas y derivados organosfosforados y neutros” sustentada en la universidad Complutense de Madrid, España, el año 1996, concluye que la extracción del oro en medio cloruro clorhídrico, mediante aminas, empleando una amina terciaria, Hostarex A-321, una amina secundaria, Amberlite LA-2, y una amina primaria, Primere 81, dicha extracción aunque es independiente del tiempo equilibrado, se encuentra influenciada por otras variables como son la temperatura, la concentración inicial del metal y la concentración de amina. Existe una competencia entre la extracción de oro y la extracción de ácido por parte de la amina, lo que da lugar a que a partir de ciertas concentraciones de ácido clorhídrico 6 – 7M, tenga lugar una disminución en la extracción del metal.

Troya, M. (1993) en su tesis “Procesos Alternativos de Cianuración”, sustentada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, en el año 1993, concluye que la velocidad de disolución de oro mediante el proceso PAL (Lixiviación ayudada por peróxido) se incrementa mediante las 4 horas de agitación. Luego de este lapso la disolución de oro decrece y tiende a equipararse con el proceso convencional, de igual manera durante las 4 horas de prueba realizada se logró disolver hasta el 94.2% del oro disuelto,

en donde se cree que alcanzando buenas condiciones de Cianuración este tiempo de lixiviación puede ser requerido para el proceso PAL, otra de las conclusiones a la que llega este autor es que el consumo de cianuro que se tiene durante las primeras 4 horas de agitación con adición de peróxido es igual incluso menor al que se tiene en condiciones normales de lixiviación, durante el mismo periodo de tiempo, considerando esto se puede pensar en la posibilidad de para el proceso en el tiempo mencionado, con lo que se conseguiría ahorros en cuanto a tiempo (83.3%)y consumo de cianuro (alrededor del 36%)

2.1.2 Nacionales

Azañero, A. (2000) en su tesis “Como mejorar la extracción de Oro en lixiviación en Monton”, sustentada en la Universidad Mayor de San Marcos, Perú, el año 2000 manifiesta que Para lixiviar un mineral en montón la característica fundamental es que los minerales tienen que permitir que las soluciones lixiviantes puedan difundirse y llegar a todas las partículas y poder disolver el oro, diseminado en el mineral. En algunos minerales la presencia de abundante contenido de finos menor a 20 mallas (-850 u) forma masas compactas y origina segregación de partículas durante la formación del pad o amontonamiento del mineral. Este fenómeno en este caso es perjudicial porque no deja que las soluciones de cianuro lleguen en forma uniforme a toda la cama causando pérdidas en los relaves, estas partículas finas se forman durante las operaciones de chancado o por oxidación y degradación natural de los minerales; cuando esto sucede lo más aconsejable es aglomerar el mineral, previa a la cianuración en montón

Aramburu, V. (2003) en su tesis “Modelo de la Pre-aireación en concentrados de oro pirítico para optimizar el proceso de Cianuración” sustentada en la universidad Nacional mayor de San Marcos, Perú, el año 2003, teóricamente demuestra que la Pre-aireación como etapa previa en el proceso de cianuración, disminuye el consumo de cianuro en 55% e incrementa la extracción del oro en 10.57% del concentrado de sulfurado, de igual manera que la aplicación de la Pre-aireación en el ámbito industrial beneficiaría en la reducción de costos y en disminuir en la contaminación

ambiental, ya que la aireación oxida un buen porcentaje del concentrado de sulfurado pirítico, generando materiales solubles que son fácilmente evacuados, que significa un alto consumo innecesario del cianuro. Las variables influentes del proceso de Pre-aireación son el Ph y el tiempo, los cuales influyen posteriormente en la reducción del consumo de cianuro y en la mejoradela recuperación del oro.

Ortega, K. (2009) en su tesis “Recuperación de Oro desde soluciones cianuradas por intercambio iónico en la compañía aurífera Santa Rosa”, sustentada en la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, en el año 2009, llega a la conclusión que al compararse diferente tipos de flujo ascendente y descendente, se observa una disminución apreciable en la extracción del oro, de tal manera que es recomendable el flujo ascendente en un circuito continuo en columnas de adsorción, la velocidad de extracción del oro es sumamente rápida, alcanzando el equilibrio a los 30 segundos, al utilizarse una solución acuosa que contiene únicamente iones aurocianuro. Esta velocidad disminuye ligeramente por la competencia de cianoaniones Ag, Cu, por lo que se recomienda tiempos de reacción de 2 minutos suficientes para alcanzar el equilibrio en soluciones acuosas de planta de lixiviación. De igual manera la concentración de cianuro libre en solución acuosa, afecta ligeramente la extracción del oro, pero influye sustancialmente en la selectividad, debido a las reacciones de los complejos de cobre al utilizar una alta concentración de cianuro, recomendándose utilizar soluciones acuosas de lixiviación con una concentración no mayor de 60 mg/l NaCN.

Rodriguez, J. (2014) en su tesis “Diseño de un sistema de Control y supervisión, para garantizar la dosificación de cianuro necesario en las celdas de riego durante el proceso de lixiviación en Minera Barrick Misquichilca SA” sustentada en la universidad Privada Antenor Orrego, Perú, el año 2014, concluye que los PLC serán quien tenga el gobierno automático de los ECR, esto conlleva a que con el proceso automatizado de las celdas de riego, el operador no tendría que efectuar el proceso de regulación de flujo manual ubicando su flujómetro portátil en la línea de descarga e ir regulando la válvula manualmente hasta llegar al valor del flujo con el que se desea regar la celda. Los ECR como RTUs para la recolección

de señales de flujo, precisión, posición de válvulas y regulación de válvula de control proporcional, y el Sistema de control principal existe como MTU, se acondicionan adecuadamente a la selección de los sistemas SCSDS como una base para la adquisición e integración de datos al servidor profesional Delta plus Delta V para el diseño y desarrollo del HMI. EL diseño del sistema de control y supervisión del proceso de lixiviación automatizado conlleva a que el operador no tendría que desplazarse largas distancias por el Pad ni caminar durante horas extensas para regular flujos en las celdas que se encuentren en riego, además se encuentra reducido el tiempo de exposición de los trabajadores a posibles contaminaciones con HCN o solución cianurada.

2.2 Bases Teóricas

Según Troya, M. (1993) en su tesis “Procesos Alternativos de Cianuración” sustentada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador”. Se basa en que el estudio de proceso de Cianuración en los cuales mediante el incremento de la concentración de oxígeno en la solución se optimizan los resultados. Se refiere básicamente a los procesos conocidos por la siglas PAL y CILO. Consta de varias pruebas experimentales del proceso PAL se ve la incidencia que tiene el uso de peróxido de hidrogeno en la cinética de Cianuración. En la segunda parte se presenta un estudio del proceso CILO el cual es el incremento de oxígeno en la pulpa de lo realiza mediante inyección de oxígeno a presión. Se realiza un análisis de resultados obtenidos en pruebas a escala de planta las cuales presentan ventajas para la aplicación de CILO. Aquí se observa claramente la **influencia de un proceso alternativo de cianuración** utilizando 2 procesos PAL y CILO mediante los cuales si se maneja claramente la importancia del peróxido de hidrogeno en un proceso de cianuración y el incremento de oxigeno de la pulpa se optimizarán resultados en la recuperación de un mineral.

Según Urbina, N. (2001) en su tesis “Proceso de Cianuración en pilas en Minera Yanacocha SRL” sustentada en la Universidad Nacional de Ingeniería, el año 2001, llega a la conclusión de que **el proceso de lixiviación en pilas o “Heap Leaching” es una tecnología que ha permitido procesar minerales auríferos**

de baja ley. Los Pads empleados en Yanacocha son del tipo de expansión permanente, cuya ampliación y puesta en operación se da por etapas de acorde con los programas de planeamiento, carguío y procesamiento. De igual manera aun cuando los costos de operación de una operación de lixiviación en pilas resultan relativamente bajos, los controles sobre los riesgos asociados son sumamente críticos. Los aspectos mineralógicos, geotécnicos, hidrológicos, metalúrgicos y ambientales juegan un rol importante durante todas las etapas del proyecto. Un sistema de estricto control de las soluciones empleadas en la cianuración conocido como plan de manejo de fluidos permite garantizar una operación ambientalmente segura del proceso “Heap Leaching” realizado por Yanacocha en sus diferentes zonas de operación.

Según Tremolada, J. (2011) en su tesis doctoral “Caracterización, Influencia y Tratamiento de Arcillas en Procesos de Cianuración en Pilas” sustentada en la universidad de Oviedo, España, el año 2011, indica que en los test de velocidad de filtrabilidad a diferentes porcentajes de arcillas, en donde verifica que las arcillas incrementan su volumen debido a las propiedades hidrofílicas y a su actividad coloidal. Lo cual lleva a la reducción en la porosidad del mineral y el volumen de filtrado disminuye a medida que el porcentaje de arcillas se incrementa del 15 al 60%, lo cual implica tratar minerales con bajo contenido de arcillas a fin de no incrementar el **ciclo de lixiviación** en las pilas de procesamiento.

Según Rodríguez, J. (2014) en su tesis “Diseño de un sistema de Control y supervisión, para garantizar la dosificación de cianuro necesario en las celdas de riego durante el proceso de lixiviación en Minera Barrick Misquichilca SA” sustentada en la universidad Privada Antenor Orrego, el año 2014, indica que su investigación consistió en analizar y proponer un sistema de control y supervisión, para garantizar **la dosificación de cianuro necesario en las celdas de riego durante el proceso de lixiviación** en Minera Barrick Misquichilca, para esto, se realizó el estudio del estado actual del proceso de lixiviación; así mediante la observación se identifica las deficiencias con las que cuenta el actual sistema de control y supervisión; y en base a una lista de cotejos se detallan los datos operativos, equipos e instrumentos que se utilizan y riesgos expuestos. Luego de realizar el estudio se propone un sistema automatizado del proceso de lixiviación,

para proceder a seleccionar el sistema de control y supervisión del proceso, en base a la cual se selecciona los equipos e instrumentos a utilizar para diseñar el sistema de control y supervisión. Finalmente se estima los costos de la implementación del sistema de control y supervisión, el cual se encuentra planteado como propuesta de solución ante la problemática identificada.

Según Eduardo, R. (2015) en su tesis “Evaluación metalúrgica de lixiviación con ácido sulfúrico de mineral oxidado de cobre de la mina antapacay para optimizar su comportamiento frente a los parámetros controlados de altura y curado” sustentada en la Universidad Nacional de San Agustín, el año 2015, entiende por hidrometalurgia los procesos de lixiviación selectiva (disolución) de los **componentes valiosos de las menas y su posterior recuperación de la solución por diferentes métodos**. El propósito de su investigación, es evaluar la cinética de lixiviación con ácido sulfúrico del mineral oxidado de cobre la mina Antapaccay para obtener información de su comportamiento frente a las condiciones controladas de altura y aglomeración determinando parámetros que sean óptimos y técnicamente aplicables.

Una de las importantes conclusiones ala que llega en su tesis es que la **altura es una de las principales variables en el proceso de lixiviación, incluso mucho mas importante que el ratio del curado**. Por lo que se dispuso elevar la altura del Pad de lixiviación en la planta de óxidos reflejando los mismos resultados que se dieron en las pruebas, favoreció la extracción de cobre y también ayudaron a mejorar la rentabilidad del proceso, ya que se logró reducir el consumo de reactivos, especialmente el de consumo de ácido sulfúrico.

2.3 Definición de términos básicos

Pad Dinámico: Es el mineral descargado mediante un equipo esparcidor gigantesco, que lo va depositando ordenadamente formando un terraplén continuo de 6 a 8 m de altura: la pila de lixiviación. Sobre esta pila se instala un sistema de riego por goteo y aspersores que van cubriendo toda el área expuesta. (Aramburu, V. 2003).

Bajo las pilas de material a lixiviar se instala previamente una membrana impermeable sobre la cual se dispone un sistema de drenes (tuberías ranuradas)

que permiten recoger las soluciones ricas o cargadas con oro que se infiltran a través del material.

La dimensión que muestra a este término básico es el tipo de mineral, teniendo como indicadores al porcentaje de calidad del mineral, concentración, del mineral, porcentaje de materiales finos y la altura del banco.

Barren: Es la colección del precipitado proveniente de la planta de Procesos y el cual es retenido en tres Filtros Prensa, dicha solución filtrada se denomina Solución Barren y que contiene menos de 0.02 ppm de Au y Ag, se receptiona en un tanque y luego se bombea al Pad de Lixiviación para el riego de las pilas. (Ortega, A. 2009).

La dimensión que muestra a este término básico es el tipo de solución, teniendo cómo indicadores el precipitado, ley del mineral y el volumen de solución.

Ratio: Relación cuantitativa entre dos fenómenos que refleja una situación concreta de rendimiento. (Aramburu, V. 2003).

La dimensión que muestra a este término básico es la variación de ratio y se tiene como indicadores a la presión, volumen de solución, concentrado y tipo de mineral.

Lixiviación: Se denomina lixiviado al lavado de una sustancia pulverizada para extraer las partes solubles. Se denomina también a una de las formas de obtener oro, para ellos se usa la lixiviación con cianuro a la mena de oro para disolverlo.

Es así, que en minería el término lixiviación se define como un proceso hidrometalúrgico. Esto significa que, con la ayuda del agua como medio de transporte, se usan químicos específicos para separar los minerales valiosos (y solubles en dichos líquidos) de los no valiosos. Este proceso permite trabajar yacimientos que suelen ser calificados de baja ley (y por tanto de más alto costo de producción por tonelada) siempre que la operación minera involucre una actividad a gran escala. Es decir, que la lixiviación es un proceso de recuperación que hará económico un proyecto conforme se trabajen mayores volúmenes de material. (Rodríguez, J. 2014).

La dimensión que muestra a este término básico son los ciclos de lixiviación en donde los indicadores que se tienen en cuenta son el ph de la solución cianurada, el ph del material, el factor tiempo, porcentaje de finos, altura del bancos, el área para lixiviar y la ley del mineral

Material Fino: El material fino en los pad de lixiviación están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular y en hojuelas. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino. (Rodríguez, J. 2014).

La dimensión que muestra a este término básico es el tipo del material en donde se tiene como indicadores la geología del material, el análisis granulométrico, el volumen del material

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Formulación de la Hipótesis

Mediante la influencia de nuevos procesos en el lixiviado de materiales con altos contenidos de finos se incrementará la recuperación de Au.

- Con la aplicación de nuevos procesos en el lixiviado de Au con alto contenido de finos se estimará una mejor recuperación en bancos de 8 metros.
- Estableciendo ciclos de lixiviación adecuados se obtendrá una mejor recuperación de oro en materiales mayores al 25% de finos.
- Mediante el establecimiento de ratios de cal apropiados durante un proceso de lixiviado se tendrá una mejor recuperación de Oro en materiales finos.

3.2 Operacionalización de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Nuevos procesos de Lixiviación.

VARIABLES DEPENDIENTES

- Recuperación de Au en material fino.

Tabla N° 01: Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
INDEPENDIENTE	Nuevos proceso de Lixiviación	Obtención de datos en los ciclos de lixiviación las cuales son técnicas ampliamente utilizada en metalurgia extractiva que convierte los metales en sales solubles en medios acuosos. En comparación con las operaciones pirometalúrgicas, la lixiviación es más fácil de realizar y mucho menos dañina, ya que no se produce contaminación gaseosa, son periodos repetitivos de tiempo que se emplean para realizar el regadío de un determinado material y poder obtener un producto beneficioso.	Ratio de cal	Kg/Tn
			Ciclo de lixiviación	Dias
			Altura de Banco	8m

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
DEPENDIENTE	Recuperación de Oro en material fino	Es el producto final en solución obtenido de la lixiviación en montón, es un proceso muy económico para tratar metalúrgicamente minerales con baja ley en metales preciosos, en 1980 se implementa el rehuso del carbón activado y se beneficia minerales con fuerte contenido de finos mediante aglomeración.	Finos de Alta plasticidad	Onza/tn
		Tipo de material	% finos (pulg)	
		Porcentaje de recuperación de Au	gr/Tn	

Pie:

- Fuente: Propia del Autor

3.3 Diseño de investigación

El tipo de investigación es experimental con un diseño Cuasi experimental.

Según Hernández (2010) los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasi experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento).

3.4. Unidad de estudio

La unidad de análisis de la presente investigación es la tonelada de material aurífero fino (40 % - 200 mm).

3.5. Población

La población son los materiales finos con altas leyes de Au, contenidos en los Pads de lixiviación de Minera Yanacocha S.R.L.

3.6. Muestra

Para nuestro caso se ha utilizado una muestra de 128 perforaciones que se realizaron antes y después del ciclo de lixiviación, 36 000 toneladas de mineral aurífero fino (40 % - 200 mm) conteniendo 568 onzas de oro, en un área 2 353 m², con bancos de 8 metros de altura.

3.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.7.1. Etapa de gabinete I: Recopilación de información bibliográfica

Esta etapa consistió en la revisión de toda la información existente de trabajos realizados sobre las áreas de estudio. Se hizo una revisión y análisis minucioso sobre las técnicas aplicadas para el lixiviado de materia fina. Se realizó también la recopilación de los datos estadísticos de los diferentes años de la acumulación de material fino en los Pad de las áreas de Operaciones Mina en Minera Yanacocha SRL.

Luego se procedió a realizar un análisis de la información obtenida para proceder a realizar una estructuración, diseño, y procesamiento de todo lo conseguido realizando la interpretación de la distinta información obtenida

3.7.2. Etapa de Campo

- Se realizó un reconocimiento general del área de estudio, procediéndose a la toma de los datos de las 128 perforaciones que se realizaron antes y después del ciclo de lixiviación, con el fin de elaborar el balance metalúrgico por oro, plata y cobre.
- Es recomendable ubicar dicha información en las mismas áreas donde se realiza el lixiviado de material fino y se tienen registros de estos en el área de Operaciones y Procesos (Lixiviación) de Mina.

3.7.3. Etapa de Gabinete II

Los datos del resultado de la evaluación del lixiviado de material fino fueron transferidos al programa Excel 2007, para que puedan ser trabajadas y aplicadas para el control de lixiviado de material fino y se elaboró los cuadros estadísticos.

3.8. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Los métodos, instrumentos y procedimientos de las actividades realizadas para el desarrollo de esta tesis son las que se muestran a continuación.

Tabla 2: Actividades realizadas durante la Investigación.

2017																		
ACTIVIDADES																		
ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO						
ACTIVIDAD	1	2	3	4	ACTIVIDAD	1	2	3	4	1	2	3	4	ACTIVIDAD	1	2	3	4
FASE I				FASE II				FASE III										
Recolección de la Información					Elaboración de instrumentos									Elaboración de Tesis				
Redacción y Revisión					Recolección de datos									Redacción y Revisión				
Redacción y Presentación					Tabulación de datos									Impresión y Presentación				
					Análisis e interpretación de datos													
					Impresión y presentación													

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

1.5 Información de minera Yanacocha SRL.

La empresa Yanacocha S.R.L., empresa dedicada a la explotación y producción de oro, está ubicada a 48 km (por carretera) al norte de la ciudad de Cajamarca, en la Provincia de Cajamarca, al norte del Perú. El acceso al área de operaciones es mediante una carretera pavimentada que va desde Cajamarca hasta la Zona de Huandoy - Minera Yanacocha en el km 34. Las operaciones de Cerro Yanacocha y La Quinoa se ubican en la denominada zona oeste del área de operaciones del complejo minero y conforman el área donde se emplazará el Proyecto. Con una altitud de 4000 m.s.n.m.



Fig. 01: Ubicación de Minera Yanacocha/ Cajamarca- Perú



Fig. 02: Vía de Acceso a Minera Yanacocha/ Cajamarca- Perú

El proceso de explotación de mineral se inicia con la etapa de exploración, esta etapa consiste en analizar el suelo y roca para saber si existe o no mineral apoyándose en pruebas de laboratorio, si esta prueba de laboratorio es positivo se empieza a realizar el trabajo de movimientos de tierras construyendo accesos y plataformas para que ingresen maquinarias como las perforadoras, estos equipos son los que realizan las perforación del área con la finalidad de realizar los taladros y cargar el área con explosivos para luego realizar el disparo, que tienen como finalidad fracturar las rocas y luego con equipos gigantes se acarrea hasta las pilas de lixiviación,(las pilas de lixiviación son construcciones realizadas por el área de Desarrollo de Proyectos) en este lugar mediante la aplicación de productos químicos y por medio de tuberías el oro disuelto es transportado hacia las pozas de solución rica y por último por medio de sistemas de bombeo se traslada hasta la planta de procesos lugar donde el oro líquido a base de químicos se solidifica convirtiéndose en doré, este producto doré pesa 22 kg y está compuesto de 40 % ley de oro y 58 % ley de plata con un tiempo de fundición de 6 horas.

Clima y Vegetación

Yanacocha se ubica en los pisos ecológicos jalca y puna. Éstos pisos ecológicos son ricos en biodiversidad.

Permite el funcionamiento del ecosistema y al sostenimiento de la calidad ambiental. Es compromiso de los instrumentos ambientales (EIAs, Planes de Cierre).

Compromiso interno: Declaración de Compromiso, SGA-ISO 14001, Código del CN y estándares corporativos, obligación legal.



Fig.02-A: Sapo Zampono (*Alytes obstetricans*)- Sapo, presente en las propiedades de MY



Fig.02-B: Plantoe- Magnoliophyta - violaceae- presente en propiedades de Minera Yanacocha S.R.L.



Fig.02-C: *Rattus norvegicus* (rata), presente en propiedades de Minera Yanacocha S.R.L.



Fig.02-D:Chordata- Salmo trutta (trucha) presente en propiedades de Minera Yanacocha S.R.L.

Geología Regional

Las características geológicas que presenta el departamento de Cajamarca, se encuentran relacionadas a su origen formacional y a su tectónica. El Grupo Salas es el más antiguo, y corresponde al Paleozoico, Odovicico inferior.

El Grupo Goyllarisquizga del Cretácico inferior presenta areniscas, calizas y lutitas de las formaciones Chimú, Santa Carhuaz y Farrat, las mismas que presentan fracturas. Las formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y Yumagual, Quilquiñan-Mujarrum, y Cajamarca (cretácico medio-superior) son principalmente calizas y lutitas. Los depósitos volcánicos paleógenos y neógenos se encuentran constituidos generalmente por flujos piroclásticos y de lava. Estos corresponden al Grupo Calipuy y al Volcánico Huambos

Asimismo, existe la presencia de depósitos cuaternarios de origen aluvial, eólico, fluvial y fluvio-glaciar. Los de origen aluvial y fluvial se presentan inconsolidados y están conformados por gravas.

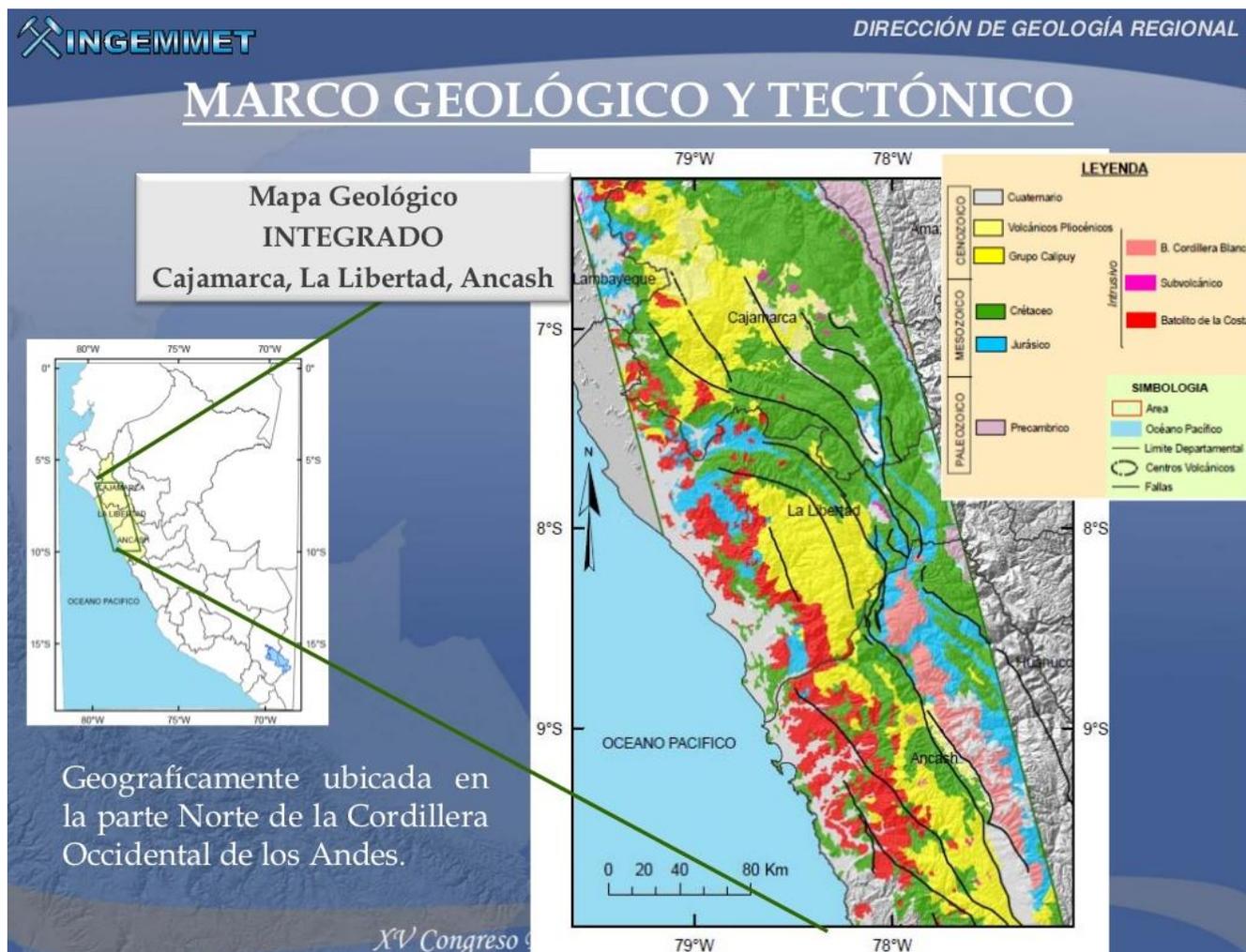


Fig.02-E: Geología Regional de Cajamarca

Geología Local

El material enviado al pad dinámico proviene en su mayoría del tajo Cerro Negro del nivel 3700.

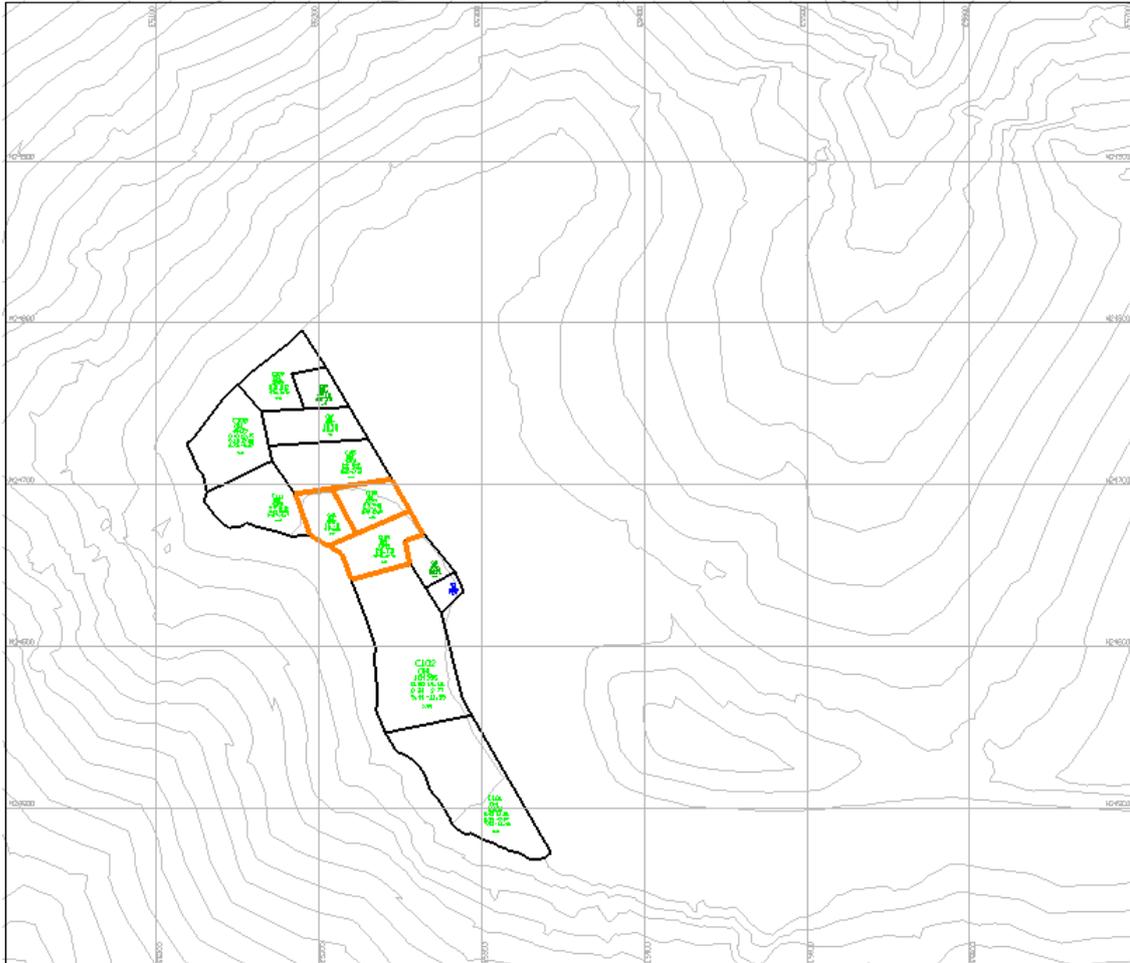


Fig. 02-F: Plano Topográfico de la ubicación de los polígonos de prueba

Fuente: Área de Geología – Minera Yanacocha

Litológicamente está conformado por flujos volcánicos con presencia de fragmentos líticos cortados por brechas freáticas y freatomagmaticas, en contacto con una zona de tufos de cristales.

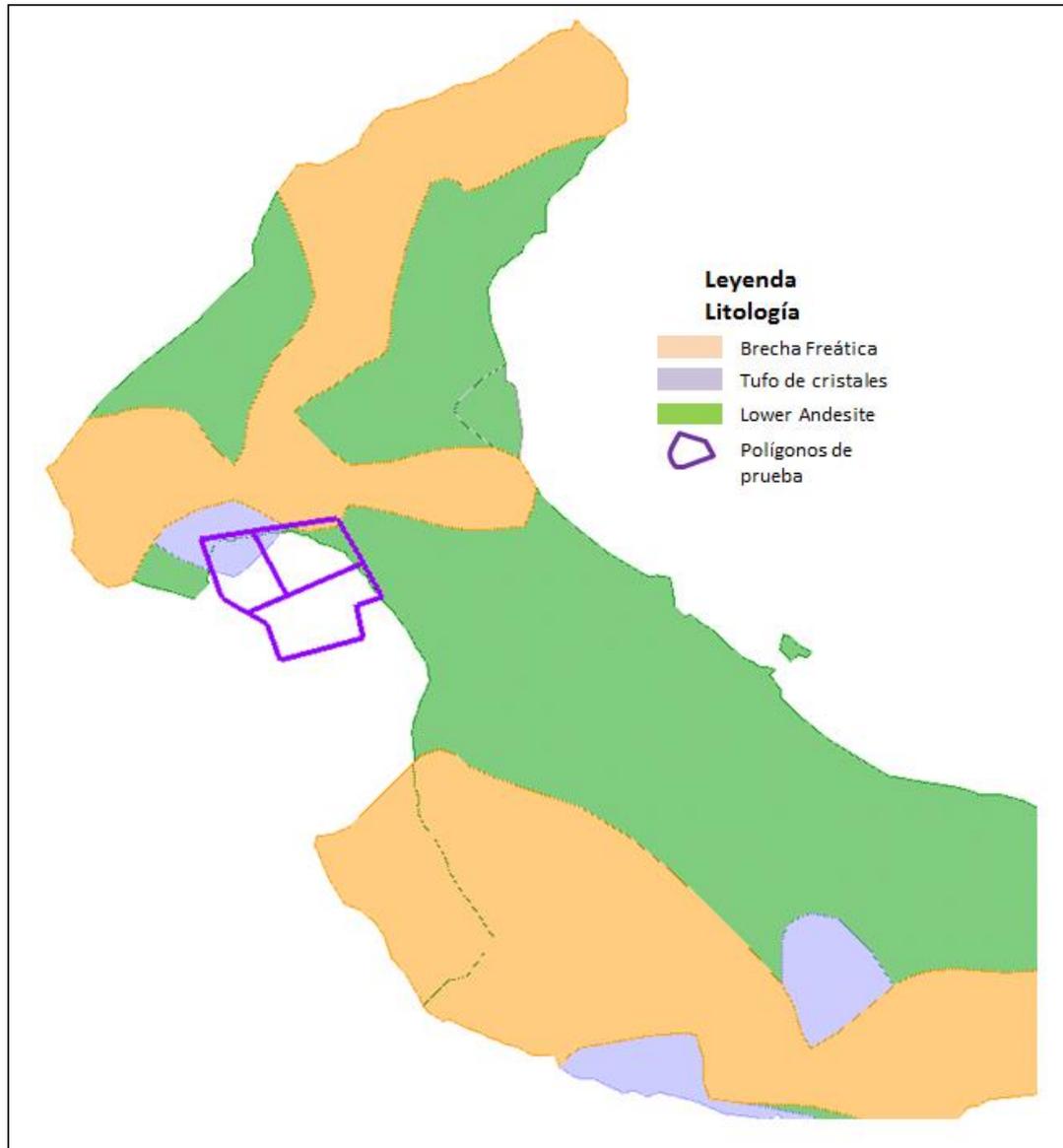


Fig. 02-G: Plano litológico con ubicación de los polígonos de prueba
Fuente: Área de Geología – Minera Yanacocha

La alteración predominante del área de la prueba se caracteriza por la alteración Silice alunita y Clay₂.

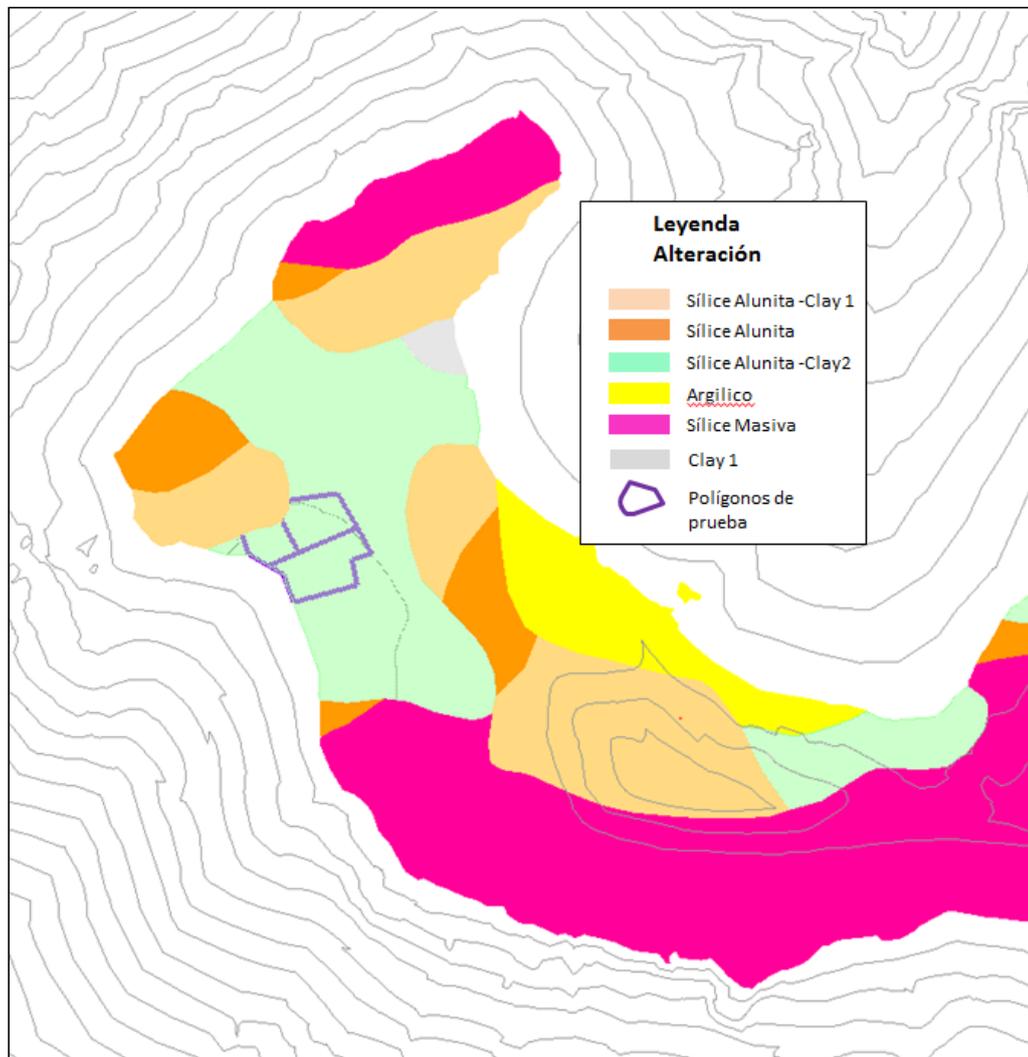


Fig. 02-H: Plano de alteración con ubicación de los polígonos de prueba
Fuente: Área de Geología – Minera Yanacocha

EVALUACIÓN DE LOS POLIGONOS DE PRUEBA:

Tres polígonos del tajo Cerro Negro se enviaron a la prueba que corresponden a (Tabla 03):

DATA	TON	AUFA	AGFA	CUCN	RATIO	SS	NCV	FINES
CN3700C104/L	4,216	0.41	0.20	32.55	0.76	1.12	-120	34
CN3700C103/L	8,313	0.47	0.22	39.57	0.75	0.83	129	53
CN3700C104/L	7,016	0.41	0.20	32.55	0.76	1.12	-120	40
CN3700C106/L	8,698	0.63	0.36	96.01	0.70	2.06	-0.98	36

Tabla N° 03: Polígonos de prueba

Adicionalmente por temas de lastre se envió un tonelaje menor del tajo Tapado Oeste, que corresponde a los siguientes polígonos (Tabla 04):

DATA	TON	AUFA	AGFA	CUCN	RATIO	SS	NCV	FINES
TO3336C105/L	639	0.46	0.05	6.00	0.92	0.10	-0.06	10
TO3336C110/L	216	0.81	0.04	7.79	0.93	0.06	-0.01	10
TO3336C116/L	638	0.80	0.40	9.93	0.88	0.05	0.01	11
TO3516C280/L	216	0.52	1.69	13.57	0.87	0.02	0.04	18
TO3516C300/L	424	0.67	1.95	12.65	0.97	0.12	-0.09	18

Tabla N° 04: Polígonos adicionales para lastre

Porcentaje de Finos:

El porcentaje promedio de finos enviado hacia el pad en la zona de prueba es de: 40% de finos, siendo el mínimo valor de 34% y el máximo de 62%.

El porcentaje de finos se obtuvo de los muestreos de los frentes de minado y ensayados por granulometría en el laboratorio de geotecnia de MYSRL (Tabla N° 05).

Yanacocha										
Ingeniería Mina										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS - GEOTECNIA										
Porcentajes de Finos Tajo Cerro Negro 2013										
Fecha de Muestreo	Ubicación	Banco	Polígono	Granulometría ASTM D422			Tipo de Alteración	Coordenadas		
				GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)		Este	Norte	Cota
24-May-13	Cerro Negro	3700	104	14.5	93.6	47.1	SAC	5238	24657	
25-May-13	Cerro Negro	3700	104	17	30.9	52.1	SAC	5241	24640	
25-May-13	Cerro Negro	3700	104	20.1	94.6	45.0	SAC	5255	24660	
26-May-13	Cerro Negro	3700	103	14.7	23.2	62.1	SAC	5230	24675	
26-May-13	Cerro Negro	3700	103	25	95.6	48.4	SAC	5243	24674	
26-May-13	Cerro Negro	3700	106	26.2	34.6	39.2	SAC	5199	24667	
27-May-13	Cerro Negro	3700	106	44.4	96.6	33.5	SA	5221	24678	
27-May-13	Cerro Negro	3700	106	10.4	43.0	46.6	Clay 2	5212	24672	

Tabla N° 05: Resultados del muestreo granulométrico

Control de frentes de minado:

Para la correcta designación, el control por parte de geología fue constante realizando los splits necesarios o coordinando las limpiezas de los frentes y o tractoreos en coordinación continua con operaciones, dispatch y planeamiento.

Los frentes de minado presentaban diques con alteración argílica que se destinaban al botadero (Split), así como presencia de brechas hidrotermales mineralizados con bajo porcentaje de finos, que se enviaban al pad a una zona distinta de la prueba.



Fig. 02I: Control de calidad en los frentes de minado



Fig. 02J: Control de calidad en los frentes de minado

PERFORACION EN EL PAD

En coordinación con planeamiento se realizó un programa de perforación en el pad dinámico con el objetivo de cuantificar las onzas puestas en el pad, un total de 128 taladros fueron perforados con las IRs, el muestreo realizado consistió en recolectar 4 kg, de muestra de cada blastholes y se envió al laboratorio químico para ser analizados por los siguientes elementos: AUFA, AUCN, CUCN, C y S (Ver Anexo Cuadro 04).

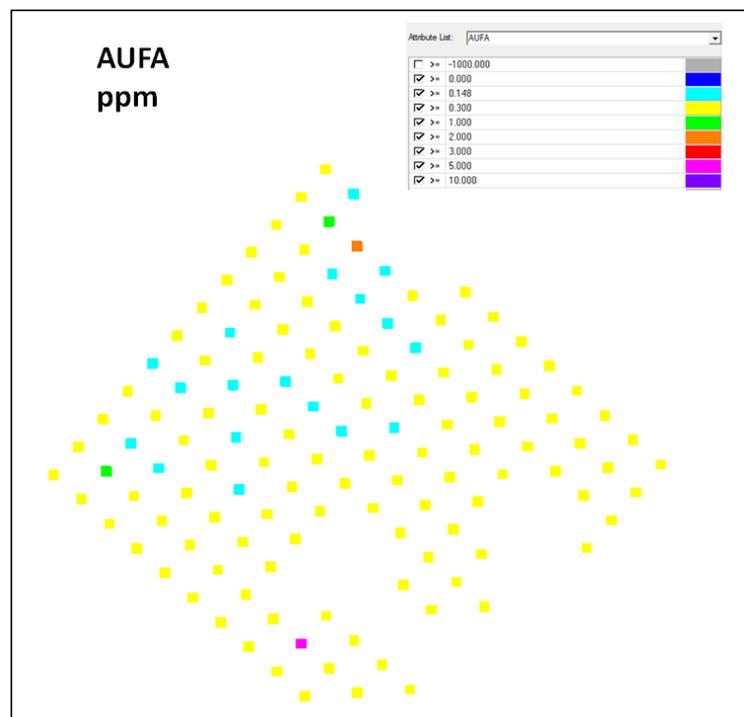
La evaluación de los resultados de muestreo usando Kriging (Procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z) dio los siguientes valores (Tabla N° 06)

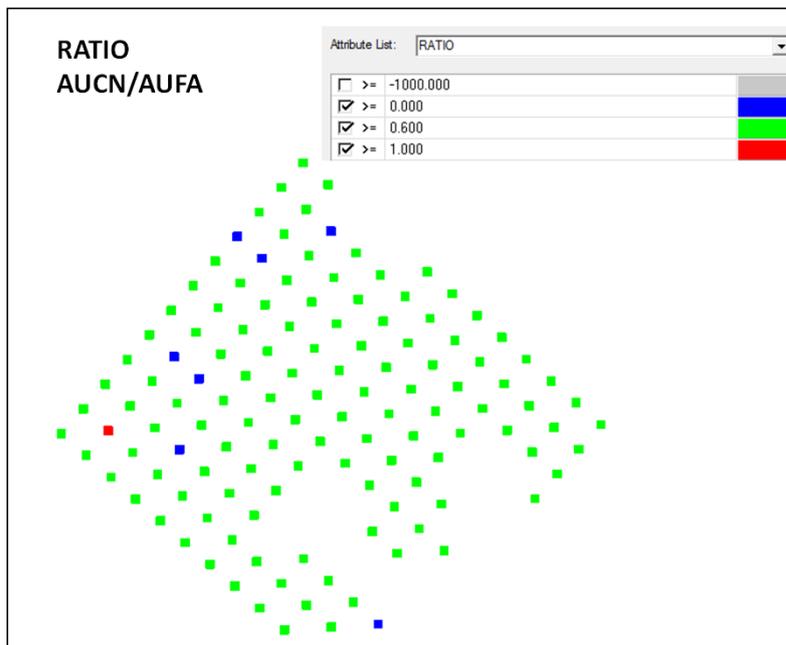
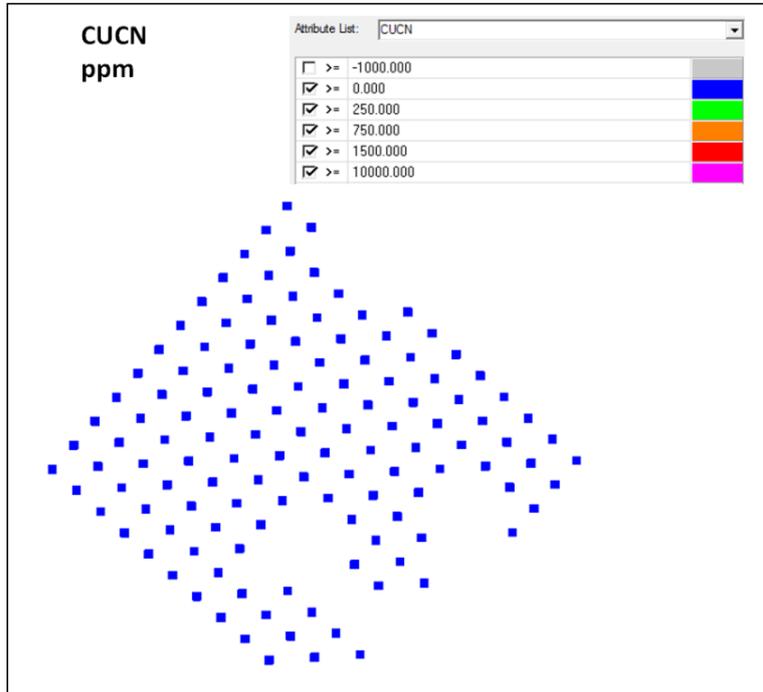
	AUFA	AUCN	CUCN	NCV	SS	RATIO	Tonnes	Ounces
BH average	0.49	0.38	46	-0.42	0.36	78%	36,000	568

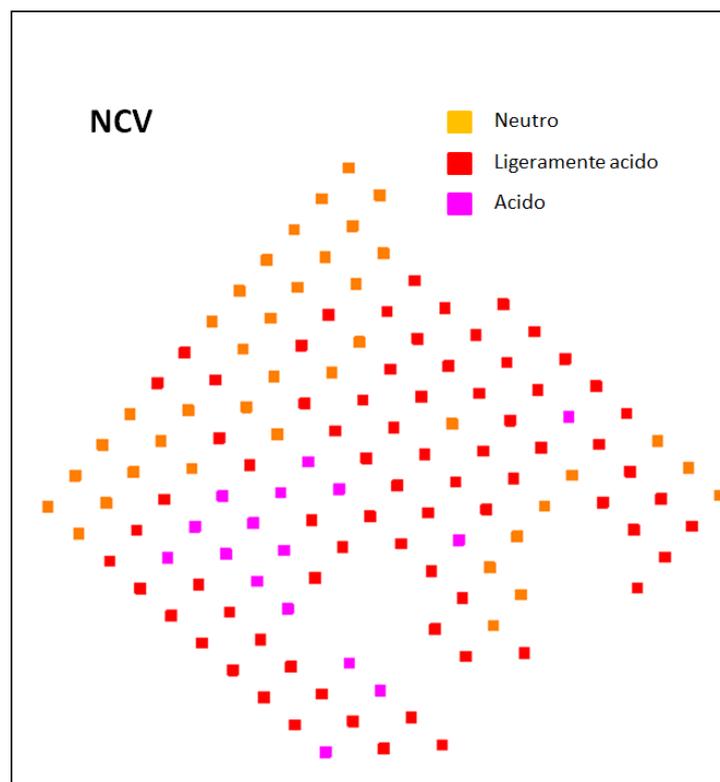
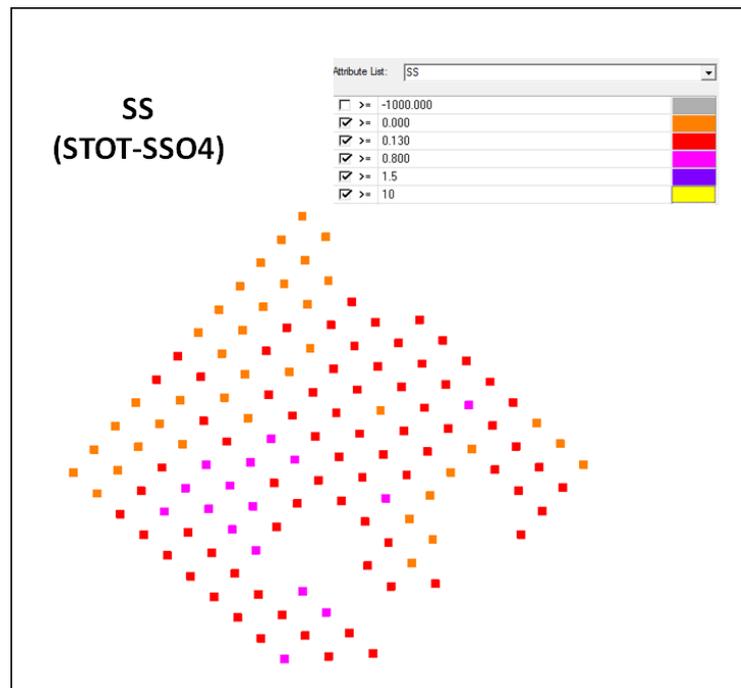
Tabla N° 06: Evaluacion de resultados de muestreo usando Kriging.

Por consiguiente las onzas puestas en el pad determinado por la perforación con las IRs es de 568 onzas.

La distribución de las leyes se presenta en los siguientes gráficos







- En El tajo Cerro Negro se aprecia intrusiones de brechas hidrotermales, minerales con bajo porcentaje de fino, los cuerpos tienen una extensión de 3m. a 5m. que por el ancho operativo no van a poder separarse en polígonos, pero pueden generarse oresplit para enviar a zonas dentro del pad con bajo porcentaje de

finos, caso similar ocurre con las brechas freatomagmáticas que por su alto contenido de pirita puede generarse Split para enviarlo al botadero.

- Si se varía los rangos de SS a los rangos que se aprecia en el gráfico anterior se puede apreciar una congruencia con los valores de NCV.
- Los valores de NCV ácido puede deberse a la presencia de pirita diseminada y a las altas concentraciones de sulfatos dentro del mineral de Alunita.

Relieve Topográfico

Litológicamente está conformado por flujos volcánicos con presencia de fragmentos líticos cortados por brechas freáticas y freatomagmáticas, en contacto con una zona de tufos de cristales.

El relieve presenta pendientes pronunciadas, topografía accidentada

El material enviado al Pad dinámico proviene en su mayoría del tajo Cerro Negro del nivel 3700.

La alteración predominante del área de la prueba se caracteriza por la alteración Silice-alunita y argílico. (Ver Fig.03)



Fig. 03: fotografía mostrando la profundidad de batido 5m en la celda prueba.



Fig. 04: fotografía mostrando las áreas puestas en riegos en bancos de 8 m.

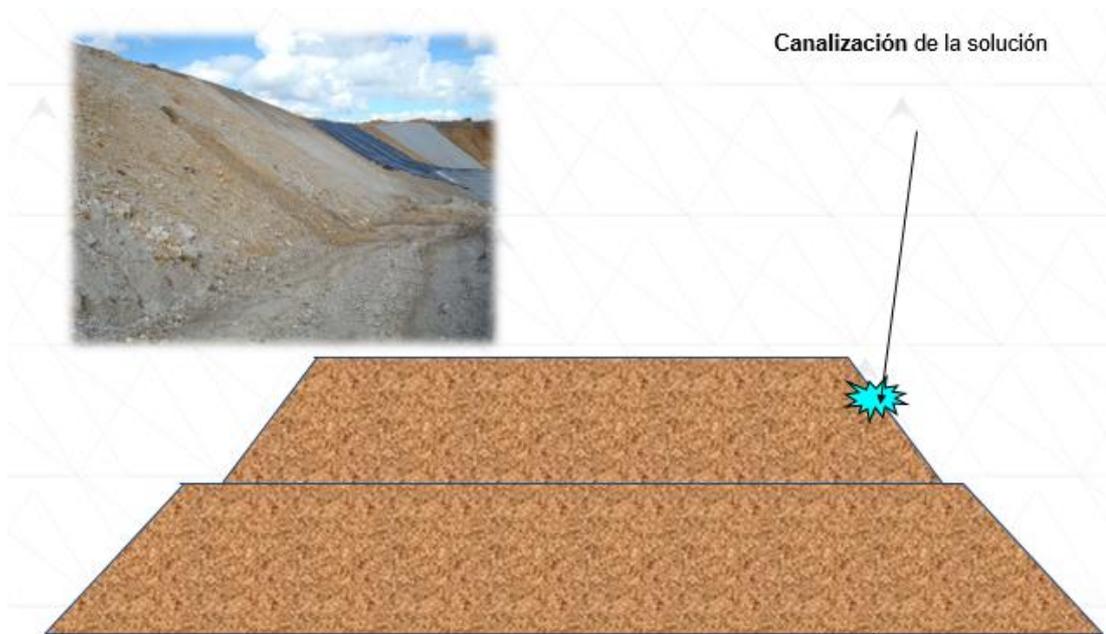


Fig. 05: Fotografía mostrando el Lif de 16 m y la canalización de la solución por el talud de la Celda



Fig. 06: Fotografía mostrando empozamientos de solución durante el lixiviado del material fino.



Fig. 07: Izquierda: Fotografía mostrando empozamientos de solución antes de la prueba.
Derecha: Fotografía mostrando el lixiviado aplicando el método de Pads Dinámicos en
banco de 8 m.

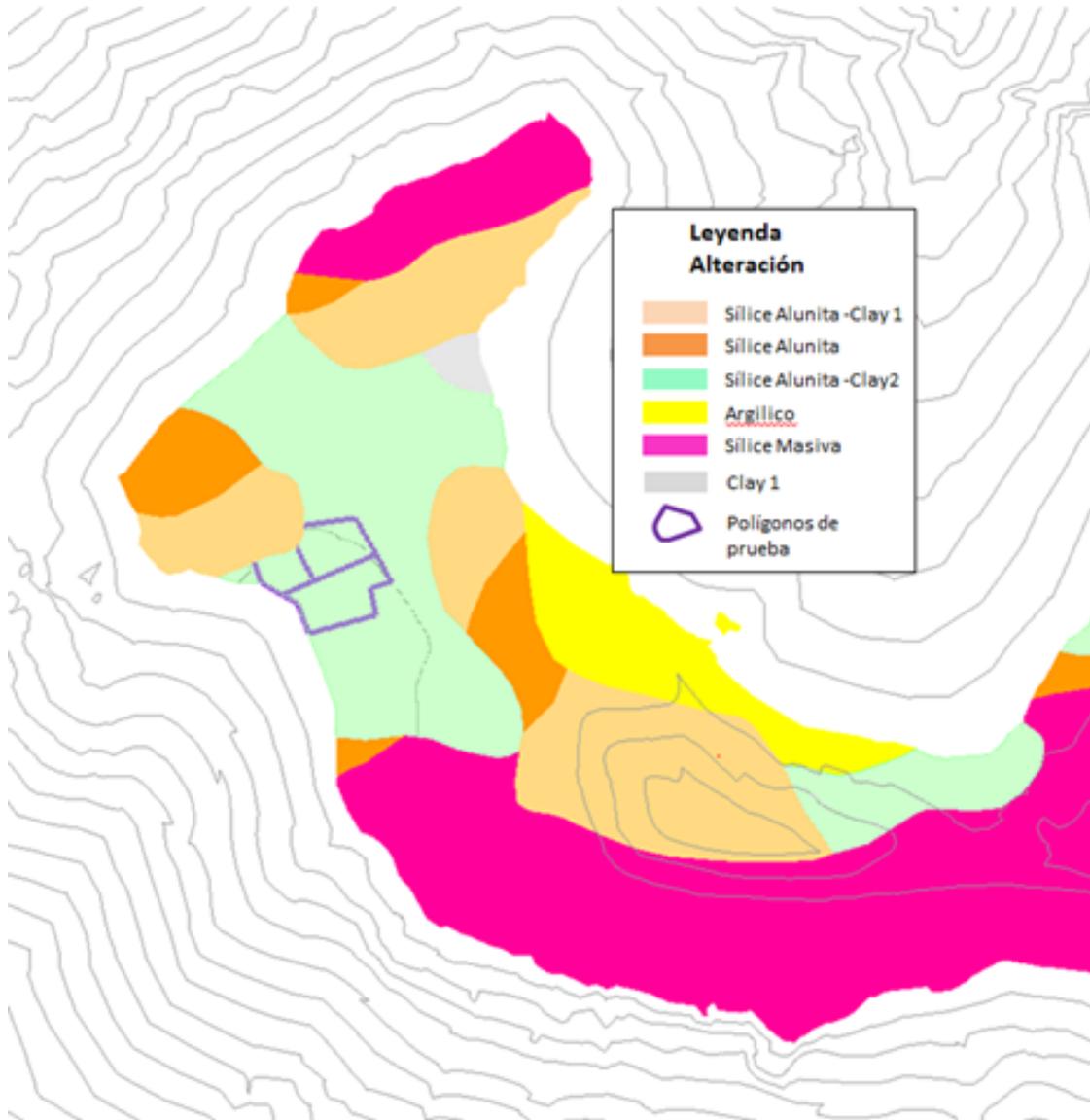


Fig. 08: Ubicación de la zona de prueba y grados de alteración geológica presentes

Con el objetivo de evaluar la factibilidad para procesar este mineral fino en un Pad Dinámico, se ha construido una celda de prueba en el Pad de la Quinua, donde se ha descargado 36,000 toneladas de mineral fino (40% -200m) conteniendo 568 onzas de oro.



Fig. 09: Ubicación de la celda prueba en el Pad La Quinua



Fig. 10: Fotografía mostrando la acumulación de material en bancos de 8 m.



Fig. 11: Fotografía mostrando algunas acumulaciones de solución antes de las perforaciones

- Se definió el polígono.
- Se caracterizó el tipo de mineral para minado
- Se definió el tipo de equipo para el minado.



Fig. 12: CN nivel 3700, frente disponible para la zona de prueba, cuerpo de sílice para la zona B Lift 06



Fig. 13: Fotografías mostrando el control de calidad en los frentes de minado con la supervisión continua en el frente.

Delimitación



Fig. 14: Celda prueba en Pad La Quinoa, área de 2353 m²

Área 2,353 m², Altura del banco 8 metros, Tiempo de Lixiviación 50 días, Flujo con concentraciones de CN-Na 50ppm , ratio de Cal 3 kg/Ton

El tipo de mineral de Cerro Negro es mayor a 25% de finos según modelo.

Cuantificando en toneladas es un promedio de 9Ktn de mineral con una ley promedio de 0.4 gr/ton, si no se plantea alternativas de tratamiento del mineral mayor a 25% de finos su destino seria el botadero ya que la planta de Aglomeración está cerrada.



Fig. 15: Fotografía mostrando la descarga del mineral en bancos de 8m

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

Nuevos Procesos de Lixiviación

Con el objetivo de evaluar la factibilidad para procesar este mineral fino en un Pad Dinámico, se ha construido una celda de prueba en el Pad de la Quinua, donde se ha descargado 36,000 toneladas de mineral fino (40% -200m) conteniendo 568 onzas de oro. El área de la celda fue de 2,353 m² y la altura del lift de 8 metros. El tiempo de lixiviación fue de 50 días, durante el cual se monitoreo el flujo de Barren, y se analizó la descarga de la solución pregnant (PLS)

El mineral fue acondicionado con cal de Chinalinda a un ratio de 3.0 kg/t. El pH de la solución en la descarga de la celda, inició con un valor de 2.5, el cual fue incrementando hasta terminar la prueba con un valor de 7.8.

Desde el inicio de la prueba el ratio de riego se incrementó lentamente hasta llegar a 10 lt/h-m² en el día 9, formándose empozamientos en un 38.7% del área total. Esto originó que se disminuyera el ratio, terminando la prueba con un ratio de 5 lt/h-m² y el área con empozamientos fue de 33.21%.

Recuperación de Au en materiales mayores al 25% de finos

Al término de la prueba, el ratio Solución/Ore (S/O) alcanzado fue de 0.411, las extracciones de oro y plata fueron de 46.6% y 6.2% respectivamente. De las perforaciones realizadas antes y después de la lixiviación se ha estimado una extracción de oro de 54%.

Para la segunda etapa de prueba se recomienda:

- Dosificar más cal a la celda para incrementar el pH en la solución PLS y estimar el consumo adecuado para este tipo de mineral.
- Seguir lixiviando la celda, debido a que la ley de oro de la solución PLS al término de la prueba fue mayor a 0.5 ppm.
- Se evaluó el ratio adecuado de riego sin que exista más del 20% del área de la celda con empozamientos.

Prueba - Pad Dinámico

La prueba se ha realizado en la etapa VI del Pad de La Quinua. En un área de 2,353 m² se habilitó una superficie de lixiviación, colocando plástico y tubería perforada para permitir captar la solución, tal como se observa en la siguiente figura.

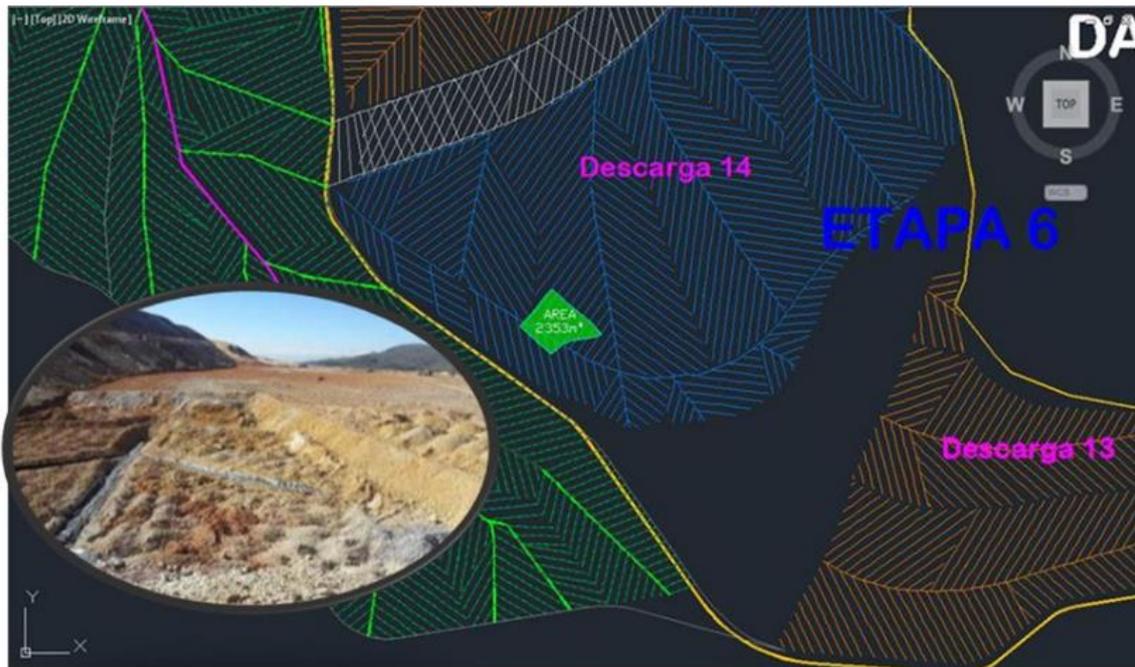


Fig. 16: Fotografía mostrando la preparación y ubicación de la celda Prueba

Sobre esta superficie se descargó 36,000 toneladas de mineral formando un lift de 8 metros de altura. Este mineral contenía 568 onzas de oro, de las cuales 445 onzas fue oro recuperable (AuCN). Las características químicas de este mineral se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 07: Mineral depositado en la celda del pad

Item	Unid	Value
Mineral	Tons	36,000
AuFA	gpt	0.49
AuCN	gpt	0.38
AgFA	gpt	0.91
CuCN	gpt	46.39
STOT	%	1.29
SRO	%	0.93
SS	%	0.36
CRO	%	0.02
NCV		-0.42
Clasificación		Slightly Acidic

Pie:

Fuente: Reporte Metalúrgico – Celda Prueba – Pad Dinámico Julio 2013
MYSRL

Nuevos Ratios de Cal

Completado la descarga del mineral, se dosificó cal sólida de “Chinalinda” a un ratio de 3.0 kg/t de mineral. La cal con el mineral fue batido a una profundidad de 5 metros. Posteriormente se niveló la superficie de la celda.

Con el fin de elaborar el balance metalúrgico por oro, plata y cobre, 128 perforaciones se realizaron antes y después del ciclo de lixiviación.

A las muestras se analizaron por Leco. Los resultados de NCV se muestran en la figura 16 Pero en promedio este mineral está clasificado como ligeramente ácido.

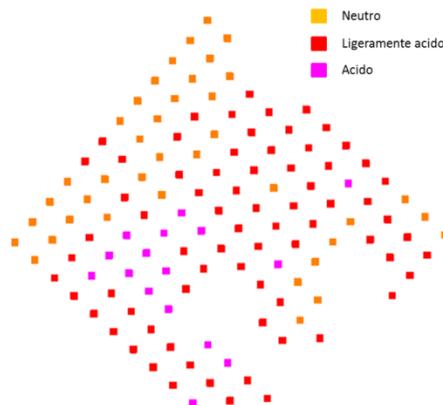


Fig. 17: Resultados de NCV en la celda del Pad Dinámico

Después de las perforaciones se tendió el sistema de riego y se inició la lixiviación por 50 días.

Diariamente se recolecto la solución PLS y se envió a laboratorio Químico de MYSRL para ser analizado por oro, plata, cobre, pH y cianuro libre.

Ciclos de Lixiviación

Comentario de resultados

Tabla N° 08: Control de Ratio de Regadío

Tiempo (días)	Ratio Lt/h-m2	Ponding
	2.2	0
Inicio	5	6
	7.5	17
	9	38.7
21	3	
Días restantes	5	33.21

Pie:

Fuente: Reporte Metalúrgico – Celda Prueba – Pad Dinámico Julio 2013
MYSRL

Comentario:

Se debe evaluar en la segunda etapa de la prueba, el ratio adecuado de riego (5 o máximo 7.5 lt/h-m2). No debe existir empozamientos más del 20% de la superficie.

El ratio adecuado debe ser lo suficiente para no producir segregación de fino ni canalización de la solución.

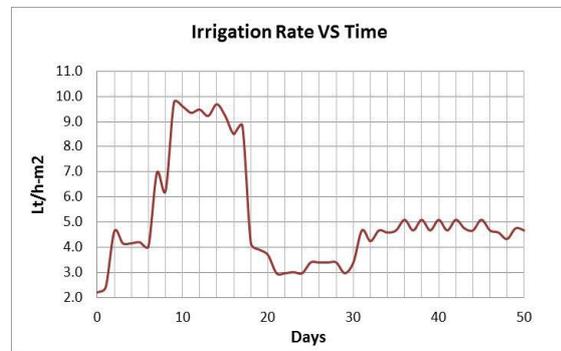


Fig. 18: Ratio de regadío en la celda de prueba

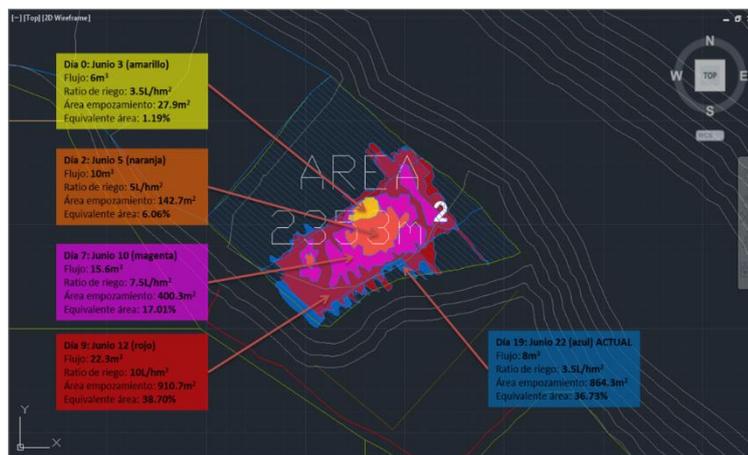


Fig. 19: Imagen mostrando el monitoreo GPS de empozamientos de la celda de prueba en el Pad Dinámico

Monitoreo del pH de la solución PLS (Solución Pregmant)

El pH en la solución de la descarga de la celda inicio con un valor de 2.5 y tal como se observa en la figura 20a. Este valor ha incrementado gradualmente, al término de la prueba el pH de la solución fue de 8.3.

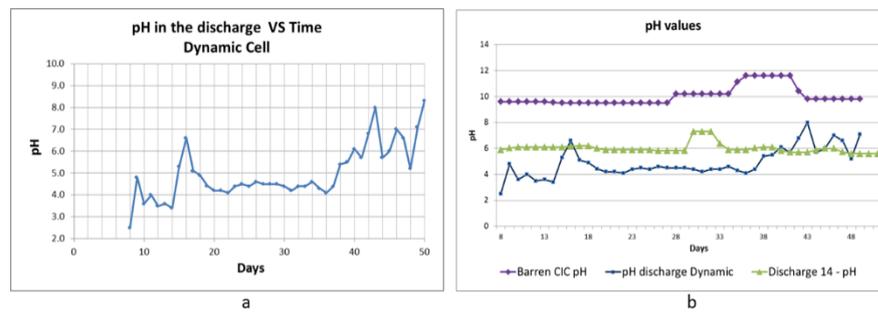


Fig. 20: Imagen mostrando el Valor del Ph: (a) solución PLS; (b) pH del Barren de CIC-LQ y pH descarga 14.

En la figura 20b, se ha graficado el valor del pH de la solución Barren de la planta CIC de La Quinua y el valor del pH en la descarga 14 del Pad.

El incremento del pH en la solución de la descarga del Pad Dinámico, puede haber sido influenciado por el valor alto del pH de la solución Barren de CIC.

En la descarga 14, el valor del pH no se ha visto afectado por la celda de prueba, manteniendo su valor en 6.0.

Comentario:

Este mineral es según su clasificación de NCV ligeramente ácido.

Es necesario determinar el ratio adecuado de cal para tener desde el inicio el pH dentro de los parámetros de operación. Adicionalmente se debe evaluar la mezcla de la cal con el mineral.

Lixiviación del Oro

La figura 21a se muestra la concentración del oro en la solución Pregnant PLS, al término de la prueba la concentración de oro es mayor a 0.50 ppm.

En la figura 21b, se observa el ratio solución/ore (S/O) y la extracción de oro. A los 50 días de lixiviación, a un ratio S/O de 0.41, se ha logrado una extracción de 46.6% del total de oro puesto.

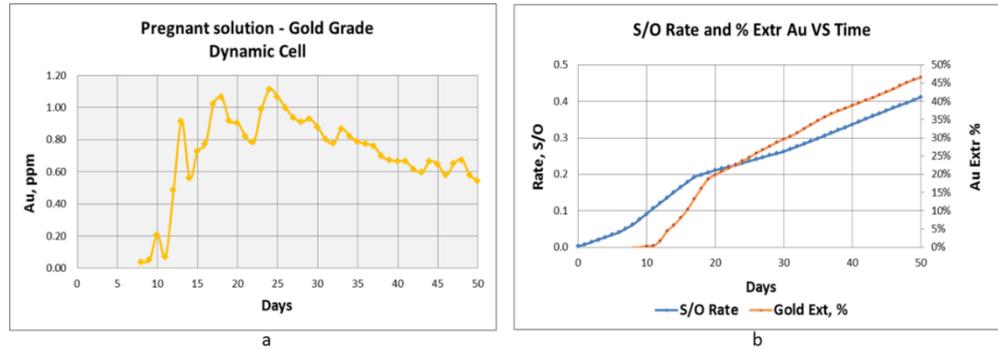


Fig. 21: (a) ley de oro en la solución PLS; (b) Rate S/O & Gold Extracción

Lixiviación de Plata y Cobre

La figura 22 muestra el grado de plata en la solución PLS y la extracción obtenida. A los 50 días de prueba solamente se ha lixiviado el 6.2% del total de plata contenido en el mineral.

La figura muestra la ley de cobre en la solución PLS (Solución Pregnant), en el balance no indica lixiviación de cobre.

Comentario:

La cantidad de CuCN en el mineral fue de 46.39 ppm y con la alta ley de Cobre en la solución Barren de CIC-LQ, no se observa en el balance lixiviación de cobre

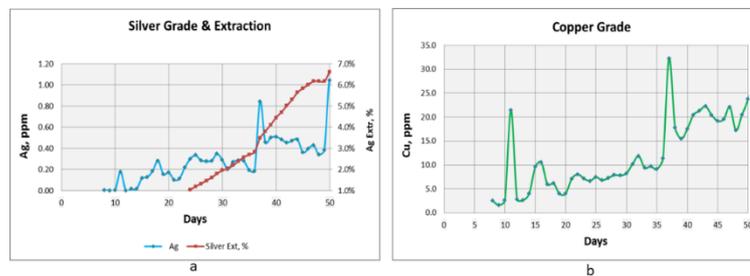


Figura 22: (a) Grado de Plata; (b) Grado de Cobre

Balance Metalúrgico

El balance se ha realizado mediante 2 métodos.

Balance utilizando el monitoreo de soluciones

Para este balance se ha considerado el monitoreo a diario de la solución PLS y la solución Barren de la planta CIC de LQ. Adicionalmente se está considerando el ingreso del agua de lluvia y la evaporación de la solución en un 30%.

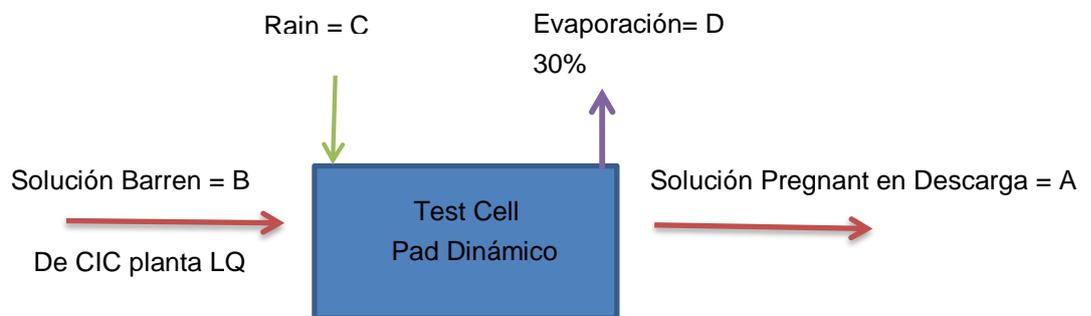


Figura 23: Esquema para el cálculo del balance metalúrgico

Según este método se ha determinado que, durante los 50 días de Lixiviación, la extracción del oro fue el 46.6% y para la plata fue del 6.2%.

Balance con los resultados de las perforaciones

Con los datos de las perforaciones Geología ha estimado antes y después de la lixiviación la cantidad de metales puesto en la celda y la cantidad remanente.

El balance de metales es la diferencia entre ambas estimaciones dividido entre el estimado antes de la lixiviación.

Según este método durante la lixiviación se ha estimado una extracción de oro de 54%.

Según el análisis del control de regadío de la celdas de prueba se obtiene resultados positivos en cuanto a la recuperación de oro. A través de métodos estadísticos se logran obtener resultados que ayudaran a mejorar la recuperación de este mineral valioso.

CONCLUSIONES

- La realización de nuevos proceso de lixiviación para la recuperación de Oro se basa en pruebas y muestreos específicos de acuerdo a los tipos y características del material depositado.
- Se comprobó que en Lift de 8 metros se tiene una mejor recuperación de oro pero con una tasa de regadío de 4Lt/h/m² más no con una tasa de regadío de 10 lt/h-m² como se venía haciendo.
- Según la prueba, se evaluó que los ciclos de Lixiviación son mayores a 70 días ya que a los 50 días de prueba la tasa solución/ore (S/O) fue de 0.41 obteniéndose una extracción de oro del 46.6% del total puesto.
- Se determinó que el ratio para un mineral que tenga NCV ligeramente acido es de 3.0 Kg/t de cal obteniendo una buena recuperación de oro, el cual debe mantener el valor del pH de la solución PLS, dentro de los parámetros de operación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al área de lixiviación de Minera Yanacocha SRL, considerar un incremento de costos de 0.34 US\$/t para el mineral Oxido con Solución < 1.5%, aquí el ratio de cal es de 2.69 kg/tn.
- Se recomienda al área de Procesos- Operaciones Lixiviación considerar un incremento de costos de 0.82 US\$/t para el mineral Transicional con Solución > 1.5%. aquí el ratio de cal es de 3.99 kg/tn.
- Se recomienda a la Empresa minera Yanacocha la importancia del mapeo geológico previo de la acumulación del material en los pads para una mejor recuperación de oro de acuerdo al material.
- Se recomienda a la empresa Minera Yanacocha monitorear los ciclos de lixiviación ya que es importante la verificación del tiempo del lixiviado con respecto a la recuperación de oro en materiales con contenido de finos.

REFERENCIAS

- Aramburu, V. (2003) en su tesis *“Modelo de la Pre-aireación en concentrados de oro pirítico para optimizar el proceso de Cianuración”*
- Dominic, E. (2001), *“Hidrometalurgia, fundamentos, procesos y aplicaciones”*.
- Guevara, J (2010), *“Informes técnicos de Laboratorios metalúrgicos”*, Minera Yanacocha SRL, Cajamarca, Perú
- Guevara, J (2011), *“Reportes e informes de Operaciones Lixiviación la Quinoa”*, Minera Yanacocha SRL, Cajamarca, Perú.
- Hernández, R. (2010) *Metodología de la investigación*. Quinta Edición. McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A. de C.V. Impreso en México. 656 pág.
- Guevara, J (2013), *“Reportes e informes técnicos de Geotecnia de Minera Yanacocha SRL”*, Cajamarca, Perú.
- Knight P, (2005), *“Recalibration of Hydraulic and Stability M Prepared by Final Report Minera Yanacocha SRL, La Quinoa Heap Leach Facility”*, Cajamarca, Perú.
- Martines, S. (1996) en su tesis doctoral *“Estudio de sistemas de extracción con disolventes de Au (III) en medio clorhídrico con aminas y derivados órganos fosforados y neutros”*
- Ortega, A. (2009), en su tesis para obtener el grado de magister *“Recuperación de oro desde soluciones cianuradas por intercambio iónico en la compañía minera Aurífera Santa Rosa SA”*.
- Rodríguez, J. (2014) en su tesis *“Diseño de un sistema de Control y supervisión, para garantizar la dosificación de cianuro necesario en las celdas de riego durante el proceso de lixiviación en Minera Barrick Misquichilca SA”*

- Tremolada, J. (2011) *“Caracterización, Influencia y Tratamiento de Arcillas en Procesos de Cianuración en Pilas”*
- Troya, M. (1993), “Procesos Alternativos de Cianuración” Escuela Superior Politécnica del Litoral, el año 1993.

ANEXOS

CN

Se ha enviado:

INFORMACIÓN DE POLIGONOS

DATA	TON	AUFA	AGFA	CUCN	RATIO	SS	NCV	FINES	STOT	Ounces
CN3700C104/L	4,216	0.41	0.20	32.55	0.76	1.12	-1.20	34	2.03	
CN3700C103/L	8,313	0.47	0.22	39.57	0.75	0.83	1.29	53	1.49	
CN3700C104/L	7,016	0.41	0.20	32.55	0.76	1.12	-1.20	40	2.03	
CN3700C106/L	8,698	0.63	0.36	96.01	0.70	2.06	-0.98	36	2.56	
TO3336C105/L	639	0.46	0.05	6.00	0.92	0.10	-0.06	10	0.25	
TO3336C110/L	216	0.81	0.04	7.79	0.93	0.06	-0.01	10	0.30	
TO3336C116/L	638	0.80	0.40	9.93	0.88	0.05	0.01	11	0.16	
TO3516C280/L	216	0.52	1.69	13.57	0.87	0.02	0.04	18	0.45	
Total	29,952	0.50	0.26	51.56	0.75	1.25	-0.38	40	1.93	486

Se realizó el muestreo de un total de 128 taladros perforados en la celda de prueba los resultados son los siguientes:

INFORMACIÓN DE PERFORACIÓN

	AUFA	AUCN	CUCN	NCV	SS	RATIO	Tonnes	Ounces	STOT
BH									
average	0.51	0.40	42	-0.44	0.37	77%	36,000	590	1.28

INFORMACIÓN DE KRIGGING

	AUFA	AUCN	CUCN	NCV	SS	RATIO	Tonnes	Ounces	
BH									
average	0.49	0.38	46	-0.42	0.36	78%	36,000	568	1.26

PIT	BENCH	PATTERN	HOLE	X	Y	Z	AUCN	AUFA	RATIO	CUCN	SS	NCV	NCV calculado
LQ	3600	250	1	9150.959	25402.6	3606	0.233	0.335	0.695522	20.06	0.08	-0.0362	-0.04
LQ	3600	250	2	9153.952	25399.95	3606	0.315	0.419	0.75179	22.236	0.01	0.0597	0.06
LQ	3600	250	3	9156.944	25397.29	3606	0.331	0.422	0.78436	50.575	0.233	-0.24581	-0.25
LQ	3600	250	4	9159.936	25394.64	3606	0.3	0.414	0.724638	61.436	0.684	-0.86368	-0.86
LQ	3600	250	5	9162.928	25391.98	3606	0.273	0.391	0.69821	47.753	0.445	-0.53625	-0.54
LQ	3600	250	6	9165.92	25389.33	3606	0.315	0.43	0.732558	32.547	0.338	-0.38966	-0.39
LQ	3600	250	7	9168.912	25386.67	3606	0.316	0.459	0.688453	19.567	0.289	-0.32253	-0.32
LQ	3600	250	8	9171.905	25384.02	3606	0.448	0.51	0.878431	17.184	0.469	-0.56913	-0.57
LQ	3600	250	9	9174.897	25381.36	3606	0.372	0.477	0.779874	64.618	0.72	-0.913	-0.91
LQ	3600	250	10	9177.889	25378.71	3606	0.403	0.521	0.773512	40.649	0.879	-1.13083	-1.13
LQ	3600	250	12	9153.614	25405.59	3606	0.465	0.571	0.814361	23.255	0	0.0734	0.07
LQ	3600	250	13	9156.606	25402.94	3606	1.619	1.619	1	31.517	0.023	0.04189	0.04
LQ	3600	250	14	9159.598	25400.28	3606	0.83	0.935	0.887701	34.558	0.293	-0.32801	-0.33
LQ	3600	250	15	9162.59	25397.63	3606	0.363	0.539	0.673469	53.322	1.105	-1.44045	-1.44
LQ	3600	250	16	9165.583	25394.97	3606	0.297	0.458	0.648472	137.518	0.248	-0.26636	-0.27
LQ	3600	250	17	9168.575	25392.32	3606	0.311	0.344	0.90407	58.762	0.431	-0.51707	-0.52
LQ	3600	250	18	9171.567	25389.66	3606	0.303	0.342	0.885965	49.586	0.576	-0.71572	-0.72
LQ	3600	250	19	9174.559	25387.01	3606	0.344	0.459	0.749455	20.228	0.295	-0.33075	-0.33
LQ	3600	250	20	9177.551	25384.36	3606	8.017	9.146	0.876558	48.838	0.284	-0.31568	-0.32
LQ	3600	250	21	9180.543	25381.7	3606	0.379	0.464	0.81681	204.586	0.489	-0.59653	-0.60
LQ	3600	250	22	9183.536	25379.05	3606	0.37	0.44	0.840909	222.604	0.372	-0.42156	-0.42
LQ	3600	250	24	9156.269	25408.58	3606	0.199	0.303	0.656766	19.537	0.067	-0.01839	-0.02
LQ	3600	250	25	9159.261	25405.93	3606	0.188	0.278	0.676259	20.97	0.081	-0.03757	-0.04
LQ	3600	250	26	9162.253	25403.28	3606	0.162	0.236	0.686441	28.908	0.175	-0.16635	-0.17
LQ	3600	250	27	9165.245	25400.62	3606	0.192	0.335	0.573134	35.396	0.875	-1.12535	-1.13
LQ	3600	250	28	9168.237	25397.97	3606	0.248	0.376	0.659574	29.381	0.908	-1.17056	-1.17
LQ	3600	250	29	9171.229	25395.31	3606	0.285	0.37	0.77027	96.996	1.071	-1.39387	-1.39
LQ	3600	250	30	9174.222	25392.66	3606	0.24	0.33	0.727273	75.455	1.229	-1.61033	-1.61
LQ	3600	250	32	9180.206	25387.35	3606	0.272	0.371	0.733154	89.457	0.977	-1.26509	-1.27
LQ	3600	250	33	9183.198	25384.69	3606	0.324	0.423	0.765957	67.143	1.043	-1.35551	-1.36
LQ	3600	250	34	9186.19	25382.04	3606	0.392	0.498	0.787149	113.095	0.394	-0.46638	-0.47
LQ	3600	250	35	9189.182	25379.38	3606	0.215	0.492	0.436992	92.047	0.156	-0.14032	-0.14
LQ	3600	250	36	9158.923	25411.58	3606	0.226	0.336	0.672619	23.465	0.098	-0.06086	-0.06
LQ	3600	250	37	9161.915	25408.92	3606	0.184	0.304	0.605263	20.744	0.118	-0.08826	-0.09
LQ	3600	250	38	9164.907	25406.27	3606	0.284	0.328	0.865854	17.9	0.05	0.0049	0.00
LQ	3600	250	39	9167.9	25403.61	3606	0.275	0.362	0.759669	33.788	0.946	-1.22262	-1.22
LQ	3600	250	40	9170.892	25400.96	3606	0.204	0.283	0.720848	29.476	1.192	-1.55964	-1.56
LQ	3600	250	41	9173.884	25398.3	3606	0.265	0.387	0.684755	30.932	1.224	-1.60348	-1.60
LQ	3600	250	42	9176.876	25395.65	3606	0.256	0.328	0.780488	23.471	0.588	-0.73216	-0.73
LQ	3600	250	48	9161.578	25414.57	3606	0.171	0.247	0.692308	24.466	0.134	-0.11018	-0.11
LQ	3600	250	49	9164.57	25411.91	3606	0.159	0.269	0.591078	23.532	0.114	-0.08278	-0.08
LQ	3600	250	50	9167.562	25409.26	3606	0.195	0.337	0.578635	17.132	0.13	-0.1047	-0.10
LQ	3600	250	51	9170.554	25406.61	3606	0.189	0.261	0.724138	22.171	0.23	-0.2417	-0.24
LQ	3600	250	52	9173.546	25403.95	3606	0.271	0.352	0.769886	31.639	1.175	-1.53635	-1.54
LQ	3600	250	53	9176.539	25401.29	3606	0.223	0.3	0.743333	21.97	0.622	-0.77874	-0.78
LQ	3600	250	54	9179.531	25398.64	3606	0.241	0.317	0.760252	17.783	0.554	-0.68558	-0.69
LQ	3600	250	57	9188.507	25390.68	3606	0.361	0.51	0.707843	192.023	0.655	-0.77257	-0.77
LQ	3600	250	58	9191.499	25388.02	3606	0.389	0.519	0.749518	155.876	0.46	-0.5568	-0.56
LQ	3600	250	60	9164.232	25417.56	3606	0.651	0.811	0.802713	21.226	0.201	-0.20197	-0.20
LQ	3600	250	61	9167.225	25414.91	3606	0.231	0.307	0.752443	18.798	0.144	-0.12388	-0.12
LQ	3600	250	62	9170.217	25412.25	3606	0.225	0.294	0.765306	26.105	0.069	-0.02113	-0.02
LQ	3600	250	63	9173.209	25409.6	3606	0.277	0.351	0.789174	55.564	0.101	-0.06497	-0.06
LQ	3600	250	64	9176.201	25406.94	3606	0.303	0.44	0.688636	35.47	1.038	-1.34866	-1.35
LQ	3600	250	65	9179.193	25404.29	3606	0.267	0.374	0.713904	31.39	0.994	-1.28838	-1.29
LQ	3600	250	66	9182.185	25401.63	3606	0.246	0.302	0.81457	15.474	0.391	-0.46227	-0.46
LQ	3600	250	67	9185.178	25398.98	3606	0.278	0.378	0.73545	14.197	0.573	-0.71161	-0.71
LQ	3600	250	68	9188.17	25396.32	3606	0.379	0.526	0.720532	194.165	0.506	-0.61982	-0.62
LQ	3600	250	69	9191.162	25393.67	3606	0.379	0.519	0.73025	56.175	0.386	-0.45542	-0.46
LQ	3600	250	70	9194.154	25391.02	3606	0.328	0.461	0.711497	39.432	0.082	-0.03894	-0.04
LQ	3600	250	71	9197.146	25388.36	3606	0.379	0.519	0.73025	23.68	0.322	-0.36774	-0.37
LQ	3600	250	72	9166.887	25420.55	3606	0.32	0.433	0.73903	21.178	0.069	-0.02113	-0.02
LQ	3600	250	73	9169.879	25417.9	3606	0.245	0.254	0.964567	19.655	0.017	0.05011	0.05
LQ	3600	250	74	9172.871	25415.24	3606	0.285	0.368	0.774457	28.659	0.021	0.04463	0.04

PIT	BENCH	PATTERN	HOLE	X	Y	Z	AUCN	AUFA	RATIO	CUCN	SS	NCV	NCV calculado
LQ	3600	250	75	9175.863	25412.59	3606	0.196	0.225	0.871111	21.076	0.185	-0.18005	-0.18
LQ	3600	250	76	9178.856	25409.93	3606	0.186	0.267	0.696629	19.684	0.131	-0.10607	-0.11
LQ	3600	250	77	9181.848	25407.28	3606	0.195	0.263	0.741445	18.506	0.214	-0.21978	-0.22
LQ	3600	250	78	9184.84	25404.63	3606	0.249	0.328	0.759146	7.928	0.303	-0.34171	-0.34
LQ	3600	250	79	9187.832	25401.97	3606	0.271	0.388	0.698454	23.956	0.521	-0.64037	-0.64
LQ	3600	250	80	9190.824	25399.32	3606	0.339	0.464	0.730603	42.411	1.217	-1.59389	-1.59
LQ	3600	250	81	9193.816	25396.66	3606	0.391	0.497	0.78672	46.464	0.117	-0.08689	-0.09
LQ	3600	250	82	9196.809	25394.01	3606	0.379	0.437	0.867277	29.984	0.076	-0.03072	-0.03
LQ	3600	250	84	9169.542	25423.54	3606	0.46	0.55	0.836364	33.275	0.124	-0.09648	-0.10
LQ	3600	250	85	9172.534	25420.89	3606	0.222	0.303	0.732673	23.66	0.009	0.06107	0.06
LQ	3600	250	86	9175.526	25418.24	3606	0.379	0.449	0.844098	25.088	0.14	-0.1184	-0.12
LQ	3600	250	87	9178.518	25415.58	3606	0.229	0.301	0.760797	29.457	0.083	-0.04031	-0.04
LQ	3600	250	88	9181.51	25412.93	3606	0.249	0.303	0.821782	30.477	0.657	-0.82669	-0.83
LQ	3600	250	89	9184.502	25410.27	3606	0.27	0.328	0.823171	19.785	0.724	-0.91848	-0.92
LQ	3600	250	90	9187.495	25407.62	3606	0.255	0.288	0.885417	6.7	0.43	-0.5157	-0.52
LQ	3600	250	91	9190.487	25404.96	3606	0.302	0.386	0.782383	43.334	0.778	-0.99246	-0.99
LQ	3600	250	92	9193.479	25402.31	3606	0.347	0.431	0.805104	50.698	0.482	-0.58694	-0.59
LQ	3600	250	93	9196.471	25399.65	3606	0.415	0.533	0.778612	65.247	0.116	-0.08552	-0.09
LQ	3600	250	96	9172.196	25426.54	3606	0.258	0.505	0.510891	24.88	0	0.0734	0.07
LQ	3600	250	97	9175.188	25423.88	3606	0.258	0.693	0.372294	23.477	0.103	-0.06771	-0.07
LQ	3600	250	98	9178.181	25421.23	3606	0.729	0.791	0.921618	36.929	0.224	-0.23348	-0.23
LQ	3600	250	99	9181.173	25418.57	3606	0.264	0.326	0.809816	23.355	0.039	0.01997	0.02
LQ	3600	250	100	9184.165	25415.92	3606	0.25	0.309	0.809061	20.367	0.4	-0.4746	-0.47
LQ	3600	250	101	9187.157	25413.26	3606	0.285	0.351	0.811966	11.199	0.192	-0.18964	-0.19
LQ	3600	250	102	9190.149	25410.61	3606	0.251	0.314	0.799363	13.899	0.125	-0.09785	-0.10
LQ	3600	250	103	9193.141	25407.96	3606	0.285	0.333	0.855856	19.667	0.31	-0.33295	-0.33
LQ	3600	250	104	9196.134	25405.3	3606	0.313	0.427	0.733021	42.311	0.379	-0.44583	-0.45
LQ	3600	250	105	9199.126	25402.65	3606	0.358	0.446	0.802691	65.311	0	0.0734	0.07
LQ	3600	250	108	9208.102	25394.68	3606	0.414	0.547	0.756856	23.528	0.22	-0.228	-0.23
LQ	3600	250	109	9174.851	25429.53	3606	0.55	0.651	0.844854	47.606	0.076	-0.03072	-0.03
LQ	3600	250	110	9177.843	25426.88	3606	0.429	0.493	0.870183	31.715	0.066	-0.01702	-0.02
LQ	3600	250	111	9180.835	25424.22	3606	0.248	0.264	0.939394	19.874	0.048	0.00764	0.01
LQ	3600	250	112	9183.827	25421.56	3606	0.24	0.261	0.91954	17.12	0.372	-0.43624	-0.44
LQ	3600	250	113	9186.819	25418.91	3606	0.179	0.255	0.701961	15.618	0.599	-0.74723	-0.75
LQ	3600	250	114	9189.812	25416.26	3606	0.21	0.27	0.777778	15.024	0.392	-0.46364	-0.46
LQ	3600	250	115	9192.804	25413.6	3606	0.262	0.329	0.796353	22.961	0.61	-0.7623	-0.76
LQ	3600	250	116	9195.796	25410.95	3606	0.248	0.335	0.740299	30.561	0.406	-0.48282	-0.48
LQ	3600	250	117	9198.788	25408.29	3606	0.367	0.487	0.753593	115.751	0.636	-0.79792	-0.80
LQ	3600	250	118	9201.78	25405.64	3606	0.299	0.374	0.799465	24.326	0.119	-0.08963	-0.09
LQ	3600	250	119	9204.772	25402.98	3606	0.36	0.443	0.812641	121.166	0.271	-0.29787	-0.30
LQ	3600	250	120	9207.765	25400.33	3606	0.426	0.514	0.828794	22.566	0.179	-0.17183	-0.17
LQ	3600	250	121	9210.757	25397.67	3606	0.537	0.603	0.890547	16.838	0.175	-0.16635	-0.17
LQ	3600	250	122	9177.505	25432.52	3606	0.254	0.304	0.835526	20.066	0.006	0.06518	0.07
LQ	3600	250	123	9180.498	25429.87	3606	1.142	1.163	0.981943	50.445	0.031	0.03093	0.03
LQ	3600	250	124	9183.49	25427.21	3606	1.533	2.853	0.537329	46.498	0.055	-0.00195	0.00
LQ	3600	250	125	9186.482	25424.56	3606	0.245	0.296	0.827703	19.7	0.473	-0.57461	-0.57
LQ	3600	250	126	9189.474	25421.9	3606	0.343	0.378	0.907407	18.411	0.243	-0.25951	-0.26
LQ	3600	250	127	9192.466	25419.25	3606	0.268	0.33	0.812121	30.133	0.594	-0.74038	-0.74
LQ	3600	250	128	9195.458	25416.59	3606	0.3	0.4	0.75	63.846	0.607	-0.75819	-0.76
LQ	3600	250	129	9198.451	25413.94	3606	0.31	0.399	0.776942	40.315	0.742	-0.94314	-0.94
LQ	3600	250	130	9201.443	25411.29	3606	0.331	0.429	0.771562	33.604	0.832	-1.06644	-1.07
LQ	3600	250	131	9204.435	25408.63	3606	0.345	0.482	0.715768	91.466	0.24	-0.2554	-0.26
LQ	3600	250	132	9207.427	25405.97	3606	0.383	0.465	0.823656	31.898	0.201	-0.20197	-0.20
LQ	3600	250	133	9210.419	25403.32	3606	0.44	0.524	0.839695	14.7	0.222	-0.23074	-0.23
LQ	3600	250	134	9213.411	25400.67	3606	0.321	0.385	0.833766	12.326	0.349	-0.40473	-0.40
LQ	3600	250	135	9180.16	25435.51	3606	0.302	0.362	0.834254	22.033	0.052	0.00216	0.00
LQ	3600	250	136	9183.152	25432.86	3606	0.236	0.29	0.813793	18.69	0.076	-0.03072	-0.03
LQ	3600	250	137	9195.121	25422.24	3606	0.262	0.333	0.786787	110.41	0.434	-0.52118	-0.52
LQ	3600	250	138	9198.113	25419.59	3606	0.287	0.354	0.810734	28.439	0.401	-0.47597	-0.48
LQ	3600	250	139	9201.105	25416.93	3606	0.386	0.487	0.792608	28.546	0.595	-0.74175	-0.74
LQ	3600	250	140	9204.097	25414.28	3606	0.349	0.413	0.845036	39.235	0.575	-0.71435	-0.71
LQ	3600	250	141	9207.09	25411.62	3606	0.329	0.417	0.788969	47.531	0.5	-0.6116	-0.61
LQ	3600	250	142	9210.082	25408.97	3606	0.369	0.464	0.795259	18.486	0	0.0734	0.07
LQ	3600	250	143	9213.074	25406.31	3606	0.401	0.463	0.866091	7.233	0	0.0734	0.07
LQ	3600	250	144	9216.066	25403.66	3606	0.604	0.679	0.889543	10.363	0	0.0734	0.07