

20 de Agosto del 2020

Hgo. Del Parral, Chih.

**IDENTIFICACION DEL PROYECTO.**

**Institución:** Universidad Tecnológico De Parral.

**Docente titular del proyecto:** Ing. Anna Isabel Carrillo Garcia.

**Alumno colaborador del proyecto:**

ORPINEDA RÍOS ELDER LEONEL	SANCHEZ ALVAREZ MANUEL RICARDO
ALATRISTE SÁENZ ARIEL EDUARDO	MACIAS GONZALEZ MARTIN
LEO FERIA FERNANDA SARAHÍ	CRUZ HERRERA SAYRA DANIELA
LOERA CHAVEZ JESUS OMAR	

**Asesor empresarial:** Ing. Héctor Talamantes.

**Título del proyecto:** LIXIVIACION DE COLUMNAS PARA EVALUAR LA RECUPERACION DE Au Y Ag EN EL MINERAS "PROYECTO LOS RICOS" ETAPA 2

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PARAL.**

**DIRECCION ACADEMICA.**

**PRESENTE.**

Asunto: Por medio del presente. Se informa de la conclusión por parte del Maestro Ing. Anna Isabel Carrillo Garcia del proyecto: **EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE ELECTRODEPOSITACION PARA RECUPERACION DE CU EN EL PROCESO SART**, realizado en esta organización el periodo **MAYO AGOSTO 2020**

En cumplimiento de lo acordado, cada actividad este proyecto, fue debidamente registrada y documentada para la representación de los resultados obtenidos en **EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE ELECTRODEPOSITACION PARA RECUPERACION DE CU EN EL PROCESO SART**. Haciendo entrega al Maestro Anna Isabel Carrillo Garcia, Análisis y conclusión, así como las recomendaciones para el análisis y optimización metalúrgica. Este reporte ha sido en beneficio de esta empresa y permitirá tomar decisiones para optimizar la operación.

Agrademos y reconocemos la intervención del Maestro Anna Isabel Carrillo Gracia, por su desempeño y profesionalismo, para la realización de un proyecto de mejora a nuestra empresa. Creando la vinculación del Sector Empresarial y Educativo.

ATENTAMENTE.  
  
**LIC. ARMANDO DOMINGUEZ MEZA**  
**JEFER RECURSOS HUMANOS**  
**GRUPO COANZAMEX**  
**TEL 6275274600**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PARRAL





## **REPORTE TÉCNICO**

LIXIVIACION EN COLUMNAS PARA EVALUAR LA RECUPERACION DE Au Y Ag  
EN EL MINERAL “LOS RICOS”

### **ALUMNOS:**

FERNANDA SARAHI LEON FERIA ELDER  
LEONEL ORPINEDA SAENZARIEL  
EDUARDO ALATRISTE SAENZJESUS  
OMAR LOERA CHAVEZ  
MANUEL RICARDO SANCHEZ ALVAREZ  
MARTIN MACIAS GONZALEZ  
SAYRA DANIELA CRUZ HERRERA

### **ASESOR EMPRESARIAL**

ING. ARMANDO DOMINGUEZ MESA

### **DIRECTOR DEL PROYECTO**

ING. ANNA ISABEL CARRILLO GARCIA

## Índice general

I. Resumen .....	6
II. Introducción .....	7
III. Justificación .....	8
3.1 Delimitación del proyecto .....	9
IV. Proyecto: .....	10
4.1 Objetivo general: .....	10
4.2 Objetivos generales: .....	10
4.3 Alcance: .....	10
V. Los Ricos .....	11
5.1 Ubicación y acceso .....	12
5.2 Programa de perforación .....	12
5.3 Geología regional .....	12
5.4 Tipo de depósito .....	16
5.5 Mineralización .....	17
5.6 Historia de las Cinco Minas .....	18
VI. Marco teórico .....	19
6.1 Lixiviación en pilas .....	19
6.1.1 Ventajas y desventajas de la lixiviación en pilas .....	20
6.2 Principales variables de la lixiviación en pilas .....	20
6.3 Tamaño de partícula .....	21
6.4 Concentración de ácido en la solución lixivante .....	21
6.4.1 Flujo específico de soluciones .....	22
6.5 Altura de pila .....	22
6.6 Tiempo de lixiviación .....	22
6.7 Consumo de agua .....	23
6.8 Influencia mineralógica en la lixiviación .....	23
6.9 Velocidad de disolución .....	23
6.9.1 Consumo de reactivos .....	24
6.9.2 Distribución de granos minerales y superficies libres .....	25
6.9.3 Porosidad .....	26
6.9.4 Influencia del método de conminución .....	26

6.9.5 Práctica industrial de la lixiviación en pilas .....	26
construcción de la pila.....	26
6.9.6 Base impermeable .....	27
Apilamiento de mineral.....	28
6.9.7 Aireación .....	29
Irrigación de la pila.....	30
6.9.8 Recolección de soluciones.....	30
VII. Desarrollo de estadía .....	31
VIII. Cálculos generales.....	53
IX. Conclusiones.....	75
X. Referencias.....	76

## Índice de tablas

Tabla 1 Ventajas y desventajas de la lixiviación.....	20
Tabla 2 Cinética de lixiviación .....	24
Tabla 3 Clasificación de granulometría .....	25
Tabla 4 Clasificación de minas.....	34
Tabla 5 Pesos totales de minas .....	35
Tabla 6 Análisis granulométricos.....	35
Tabla 7 cal por composito la famosa.....	39
Tabla 8 cal por composito el abra .....	40
Tabla 9 Cal por composito san pedro.....	40
Tabla 10 cal por composito la colorada.....	41
Tabla 11 Porcentaje de humedad .....	43
Tabla 12 Parámetros la famosa .....	44
Tabla 13 Parámetros La colorada .....	44
Tabla 14 Parámetros San pedro .....	45
Tabla 15 Parametros el Abra.....	45
Tabla 16 Muestras san pedro.....	49
Tabla 17 Muestras la colorada .....	50
Tabla 18 Muestras el abra.....	51
Tabla 19 muestras la famosa .....	52
Tabla 20 Relaciones líquido sólido .....	55
Tabla 21 cal por composito de mina.....	56
Tabla 22 Cal necesaria .....	57
Tabla 23 Porcentaje de humedad .....	58

## Índice de imágenes

Ilustración 1 Patios de lixiviación.....	19
Ilustración 2 Columnas a escala.....	21
Ilustración 3 Esquema de pila estatica .....	27
Ilustración 4 Apilador móvil.....	28
Ilustración 5 flujo de aire en una pila .....	29
Ilustración 6 Diagrama de flujo de lixiviacion.....	30
Ilustración 7 Relación pila columna .....	31
Ilustración 8 Material recibido.....	32
Ilustración 9 Medición y corte de columnas.....	32
Ilustración 10 Estructura central de las columnas .....	32
Ilustración 11 Kilaje de muestras.....	33
Ilustración 12Clasificación de minas .....	33
Ilustración 13 Entrega de equipo.....	36
Ilustración 14Ensamble de base de columnas .....	37
Ilustración 15 Pintado de estructura .....	37
Ilustración 16 Homogenización de muestra .....	37
Ilustración 17 Cuarteador jones.....	37
Ilustración 18 Secado de muestra .....	38
Ilustración 19 Medicion de ph.....	40
Ilustración 20 Peso de muestra representativa .....	41
Ilustración 21 Elaboración de charolas.....	41
Ilustración 22Instalación de sistemas de recolección.....	43
Ilustración 23 Relleno de columnas.....	43
Ilustración 24Preparación de venocllisis .....	47
Ilustración 25 Sistema de riego .....	47
Ilustración 26 Etiquetado de muestras .....	48

## **I. Resumen**

El presente documento está enfocado en el desarrollo de un proyecto de lixiviación en columnas para evaluar la recuperación de Au y Ag en el mineral recibido por ciertas minas esto por medio de procedimientos de laboratorio para la obtención de los parámetros operacionales que optimizaran la lixiviación en columnas. Se comienza el documento con la información correspondiente al tema seguido de la elaboración y ensamble de la estructura de las columnas se describe el relleno de estas y su función operativa y con esto se comienza a exponer el paso a paso del desarrollo, ecuaciones relacionadas y se especifica la cantidad de mineral a considerar en cada prueba realizada y situaciones especiales que se deben considerar, se entregan los resultados de las pruebas de caracterización física, ley de mineral, porcentaje de arcillas, aglomerado-curado, parámetros utilizados en las columnas de lixiviación, recuperación de Ag y Au total y consumo de ácido. Finalizando con un análisis de resultados, que presenta una tabla comparativa y un gráfico asociado, donde se sintetiza los resultados metalúrgicos de las pruebas de lixiviación en columna.

Es importante mencionar además que, si bien se realizarán cálculos asociados a distintos factores que rigen las etapas mencionadas anteriormente, pero a escala de laboratorio, la información proporcionada por este texto permitirá adquirir conocimientos que puedan ser captados y desarrollados más meticulosamente a nivel industrial.

## **II. Introducción**

Servicios de procesamiento, manufactura y logística COANZAMEX

Grupo COANZAMEX S.A. de C.V. subsidiaria de GO GOLD RESOURCES INC., inició operaciones en junio del 2014 en su planta de lavado de jales en Hidalgo del Parral.

La planta tiene una capacidad para procesar 5,000 ton. por día, utilizando tecnología de punta de origen sudafricano mediante la cual extraerán mineral de los jales antiguos que han permanecido durante siglos cerca de la mancha urbana, siendo este proyecto la primera planta de este tipo en Latinoamérica.

El proyecto contempla una inversión de 500 millones de dólares y crea cerca de 250 empleos, entre directos e indirectos.

Clúster minero de Chihuahua nace en 2013 para convertirse en la asociación de las principales unidades mineras en el estado quien en comunión con las autoridades gubernamentales buscan generar el desarrollo de la proveeduría local, así como la atracción de mayor inversión minera a Chihuahua.

Dentro de esta asociación se encuentran afiliadas empresas mineras canadienses, americanas y mexicanas.

Actualmente se conforma por más de 130 socios proveedores de distintos rubros.

La asociación genera programas de apoyo y desarrollo de la proveeduría local.

Incentiva la interacción entre proveedores y minas de la región.

Funge como intermediario entre autoridades de los tres niveles de gobierno y las compañías mineras.

Es la asociación con mayor impacto y trascendencia del ramo de la minería en el estado.

Genera capacitaciones especializadas para el sector minero; tanto para minas como para proveedores.



### **III. Justificación**

El proyecto presente tiene como propósito la evaluación de la recuperación de Au y Ag en las cinco minas de quien se recibe el material por medio de lixiviación en columnas con la elaboración de unas y su constante monitoreo sabremos si el proyecto cumple los requerimientos para ser empleado o si es más factible cambiar el método ya que hoy en día es de suma importancia maximizar tanto los recursos como la eficiencia y eficacia de un proceso a nivel industrial para ello se utilizan estas técnicas que ayudan en primera instancia a reducir el tiempo de lixiviación, disminuir el uso de lixiviantes, aumentar la concentración de ley en la solución cargada y, por consecuente incrementar el porcentaje de extracción del mineral. De igual manera la prueba de lixiviación en columnas a nivel de laboratorio permite evaluar efectos de granulometría y contar con una aproximación real de los valores de recuperación metalúrgica y consumo de reactivos (ácido, agua, aditivos).

Entonces al montar y controlar un estudio de lixiviación columnar, analizando y evaluando diversos parámetros metalúrgicos como la tasa de regadío, concentración ácida de solución irrigante, ciclo de riego, etc.

### **3.1 Delimitación del proyecto**

Las actividades a realizar deberán reflejar la situación de la empresa ante las muestras recibidas por las cinco minas en este documento mencionadas la formulación de alternativas de solución, para el adecuado diseño o rediseño de los procedimientos de operación. Se crea un avance para la empresa y para mi formación profesional pues me apropiaré de temas importantes para mi carrera para que por medio de los resultados obtenidos mejorar a la dinámica funcional de la organización. Es por ello, que considero estas labores de valor fundamental para el desarrollo tanto de la empresa como personal, todo ello con la finalidad optimizar el aprovechamiento de los recursos con relación a los servicios que se le proporcionan. estableciendo los mecanismos necesarios que propicien la mejora de los procesos de la empresa COANZAMEX, a través de la eficiencia de los procedimientos de operación. Para esto debo mantener la interrelación e identificación de los procedimientos con la estructura orgánica vigente y autorizada por la empresa y en la elaboración de los respectivos manuales, debe existir plena congruencia entre éstos y las funciones asignadas a las unidades administrativas de que se trate deberá contener las políticas, normas y actividades a realizar por la unidad administrativa para contribuir al cumplimiento de sus objetivos establecidos y de las políticas y prioridades los procedimientos deben dar una proyección general de forma sistemática y dinámica de las actividades y secuencia en que se desarrollan; lo anterior deberá reflejar de forma lógica las actividades que integran al proceso desarrollando mejoras para empleados empresa y una servidora.

#### IV. **Proyecto:** “LOS RICOS”

##### **4.1 Objetivo general:**

Lixiviar en columnas materiales de distintas minas para evaluar la recuperación de Au y Ag en el mineral.

##### **4.2 Objetivos generales:**

- Construir un circuito de lixiviación en columnas.
- Determinar los parámetros que permitan obtener una óptima extracción de Au y Ag
- Determinar las condiciones óptimas para lograr una buena calidad de patios de lixiviación.
- Reconocer y determinar los efectos de las variables más incidentes para ambas prácticas

##### **4.3 Alcance:**

Comprender el concepto de Lixiviación y su importancia en la minería.

- Evaluar métodos de lixiviación- Explicar en particular ensayos de laboratorio.
- Servir de guía en el desarrollo, construcción y operación de proyectos de lixiviación encolumna.
- Disminuir el riesgo y procurar definir las condiciones de operación que maximicen el beneficio para la lixiviación de minerales y evaluar la factibilidad técnica - económica para su tratamiento industrial. Desde un punto de vista de su implementación industrial.

## V. Los Ricos

Ubicación: Jalisco, México

Estado: Exploración: programa de perforación de 10.000m en curso

El 25 de marzo de 2019, la Corporación adquirió los derechos de un acuerdo que ofrece la opción de adquirir el 100% de las concesiones del proyecto Los Ricos (el "Acuerdo de opción"). La propiedad Los Ricos ubicada en el estado de Jalisco, México, consta de 29 concesiones, cubre más de 22,000 hectáreas y alberga varias operaciones mineras históricas. La propiedad se encuentra a unos 100 km al noroeste de la ciudad de Guadalajara y es fácilmente accesible por carretera asfaltada. Hay 65 perforaciones históricas en la propiedad desde 2003 y 2004, y la mayoría de ellas interceptó la mineralización desde cerca de la superficie. Hay numerosos trabajos subterráneos históricos en la propiedad, que se remontan a la época colonial española temprana, pero son principalmente de operaciones a principios del siglo XX cuando Marcus Daly Jr.,

El Acuerdo de opción vence el 15 de noviembre de 2023 y otorga derechos de exploración exclusivos a la Corporación durante el plazo, con pagos mensuales que comienzan en \$ 12,000 y aumentan a \$ 32,000 durante el término del acuerdo. En caso de que la Corporación elija ejercer su opción de adquirir las concesiones, se debe realizar un pago global de \$ 11,000,000 dentro de un año de la fecha de elección de la opción. La Corporación tiene el derecho de rescindir el Acuerdo de Opción en cualquier momento durante el plazo, sin más compromisos financieros.

## **5.1 Ubicación y acceso**

La propiedad Cinco Minas es accesible por una autopista de cuatro carriles al oeste de Guadalajara, la tercera ciudad más grande de México, o por una antigua autopista de dos carriles que pasa por la ciudad de Tequila hacia la comunidad de Magdalena, una distancia de aproximadamente 70 km. Desde Magdalena se accede a la propiedad por otros 5 km de camino pavimentado y luego por otros 20 km de buen camino de grava. El acceso es adecuado en un vehículo de dos ruedas con buenos neumáticos. La topografía en y alrededor de la propiedad es bastante robusta e incisa. Las elevaciones en el rango de la propiedad oscilan entre los 1100 m ASL y los 1500 m ASL, y la veta y los trabajos de Cinco Minas ocurren aproximadamente a los 1300 m del nivel y algo más al noroeste.

## **5.2 Programa de perforación**

GoGold actualmente está llevando a cabo un programa de perforación diamantina de 10.000 m de núcleo de tamaño HQ junto con un programa de campo de mapeo geológico, muestreo y excavación de zanjas en la propiedad. La campaña de perforación central se centra en definir el halo mineralizado alrededor de los brotes históricos de mineral de alta ley, tal como lo definen los trabajos subterráneos y los 65 barrenos históricos de perforación en la propiedad.

## **5.3 Geología regional**

El distrito minero Hostotipaquillo se encuentra dentro de la intersección aproximada de dos arcos magmáticos cal alcalinos extensos, la antigua provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental y el arco volcánico trans-mexicano más joven (o Cinturón Neo Volcánico). La provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental se desplaza al noroeste a lo largo del margen del Pacífico de México y es paralela a la costa occidental. Se extiende por aproximadamente 1,700 kilómetros desde la frontera de Estados Unidos hasta el estado mexicano de Guerrero. El arco volcánico Trans-Mexicano (Eje Neovolcanicotas), con una tendencia posterior de este a oeste, se

superpone y oscurece parcialmente la parte sur de la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental (Ausburn, 1997).

La geología del distrito de Hostotipaquillo se caracteriza por rocas intrusivas volcánicas y subvolcánicas del Oligoceno tardío al Plioceno deformadas por un conjunto de fallas normales que forman graben en el noroeste y aproximadamente de este a oeste. Los volcanes de oligoceno y mioceno son principalmente flujos de andesita, flujo de ceniza de riolita y tobas de caída de aire, y cúpulas de flujo de riolita y dacita que han sido parcialmente cubiertas por el plioceno a los flujos de basalto recientes. El Graben con tendencia al noroeste que se extiende a lo largo de la mayor parte del distrito es una de varias depresiones tectónicas del Mioceno tardío al cuaternario formadas en el área de la intersección de la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental del sur y el arco volcánico de Trans México, y es parte de la región regional más grande. Sistema de graben de Zacoalco de tendencia oeste-noroeste. El Río Santiago fluye hacia el noroeste a través del distrito a lo largo del margen noreste de la estructura graben del distrito Hostotipaquillo, incluyendo el grupo de minas Gran Cabrera, el grupo de minas El Salomón- El Favor y las cinco Minas y la veta del grupo de minas Santo Domingo-La Española. sistemas Estas fallas forman escarpes prominentes que son las paredes del cañón en el lado suroeste y sur de Río Santiago. Los sistemas de vetas mineralizadas en estas fallas forman pendientes de inmersión en las paredes del cañón del río en varios lugares, como Cabrera y Santo Domingo-La Española.

La andesita se presenta en varios colores y texturas. Al noroeste de la mina El Águila, cerca del fondo de la veta y en el arroyo San Miguel y en la desembocadura del arroyo La Calera (ubicación desconocida), la andesita es de color gris verdoso y tiene una textura muy fina. Contiene abundantes fenocristales de cuarzo, y los investigadores anteriores lo han clasificado como un andesita de cuarzo.

En el pueblo de Cinco Minas se producen afloramientos de la andesita que forman el muro colgante de la veta de Cinco Minas. Son de color rojo-púrpura, porfírico y descansan sobre tobas andesíticas (Rivera y Vázquez). El autor observó estas andesitas en una exposición a cielo abierto en los trabajos de El Abra.

La falla grande, postmineral, ha arrastrado estos volcanes hacia abajo en la pendiente de inmersión de la veta de Cinco Minas, de modo que parecen descansar de forma conforme en la superficie de la veta / falla.

En la mina, se observan riolitas sobre andesita en las partes inferiores de la vena. En la superficie, las riolitas se encuentran principalmente en afloramientos por encima de la veta y subyacen a la mayoría de las colinas más altas que se encuentran al noreste de la misma. Las riolitas tienen varios tonos de rosa y verde claro y con frecuencia contienen fenocristales de cuarzo. Este último tipo fue observado por el autor a lo largo de cortes transversales conectados al nivel de transporte de La Famosa ubicado en el estribo de la veta Cinco Minas.

Se observaron dos tipos de tobas: andesítica y riolítica. El afloramiento de tipo anterior en Cinco Minas Creek, es de color verde claro, grano fino y localmente tiene interbandas purpúreas y muestra algunos signos de plegamiento interno. El último tipo aflora en las partes más altas de la ladera en la parte noroeste de la veta Cinco Minas, cerca de las labores de San Juan. Aquí tienen un color rosa pálido y contienen abundantes fenocristales de cuarzo y biotita y fenocristales de feldespatos que son caolinizados.

Las brechas se encuentran por encima de la riolita al noreste de El Pitayo (ubicación desconocida). Forman capas estratiformes con un golpe hacia el noroeste y una inmersión de 32° hacia el noreste. Consisten en fragmentos angulares de volcanes rojos y verdes de 1 a 5 mm de ancho. La orientación y distribución de los clastos sugiere una fuente de ventilación hacia el oeste. La matriz es de origen riolítico.

Los basaltos más jóvenes superponen todas las unidades mencionadas anteriormente. Se distinguen dos tipos: un grupo ocurre debajo de la veta de Cinco Minas. Recubren la riolita al noreste de El Capisayo (ubicación desconocida) y tienen una textura de grano fino. El análisis petrográfico indica que es un basalto porfídico que contiene hornblenda y enstatita. Su posición estratigráfica sugiere que se depositaron temprano en la sucesión volcánica y posiblemente son parte de una suite bimodal que incluye estructura

Las fallas juegan un papel importante en el emplazamiento de la vena Cinco Minas y otras en el área. La falla que contiene Cinco Minas es parte de la gran característica descrita anteriormente, relacionada con el desarrollo de graben en respuesta a la tectónica. El sistema de vetas Cinco Minas ocupa una falla mayor que tiende a 135 0 AZ y baja de 60 0 a 70 0 al suroeste.

Al comienzo del principal régimen tectónico en el terciario temprano, el movimiento lateral derecho predominó sobre una gran distancia desconocida. La hoja del mapa de geología regional para esta área muestra las fallas en el movimiento del lado izquierdo, pero esto es poco probable ya que el movimiento relativo de las dos placas tectónicas aquí es el lado derecho.

En Cinco Minas se produjeron cortes en una zona de muchos metros de ancho. Los diques de riolita penetraron posteriormente en la zona fracturada, seguido de una zona estéril de sulfuros de cuarzo local. El cuarzo posterior impregnó gran parte de la zona de cizallamiento y la roca de la pared adyacente a medida que continuaban los pequeños movimientos de cizallamiento (Black, 1981). El emplazamiento de sulfuro aumentó y la cizalladura disminuyó considerablemente, lo que provocó la formación de fuerzas de tensión y el posterior movimiento oblicuo de los bloques. Se colocaron más sulfuros durante esta fase, seguido de un cese de las fuerzas de corte. Esto fue seguido por fallas normales postmineral cuando se formó un gran graben en el suroeste. Se produjo un desplazamiento vertical de 10 a posiblemente 100 metros. Hubo algunas vetas menores de cuarzo de etapa tardía que acompañaron este evento. Esta falla post-mineral es evidente como resbaladizos en la vena de Cinco Minas.



#### 5.4 Tipo de depósito

Cinco Minas es un depósito de metales preciosos, de baja sulfuración, epitermal, de antigüedad volcánica, de origen volcánico, con una antigüedad clásica. La veta, que tiene hasta unos 30 metros de ancho, ha tenido al menos 3 eventos de veteado de cuarzo / precipitantes de metal anotados. El tamaño y las dimensiones de la veta Cinco Minas varían un poco de un informe a otro. Un autor desconocido (firma no discernible) en un informe de 1954 describe la vena como de unos 3 km de largo y unos 20 pies de ancho en la mina Cinco Minas (¿El Abra trabaja?), Sin embargo, en el corte transversal de Dos Juanes describe la veta Cinco Minas como 100 pies de ancho y la veta Dos Juanes como algo más estrecha y separada de Cinco Minas por unos 100 pies de roca de campo.

Al noroeste de Dos Juanes, la veta de San Juan continúa como la veta El Águila. Además, sugiere que las venas de Cinco Minas y San Juan son una. Wisser (1930) afirma que la veta Cinco Minas se encuentra en el estribo de la zona de falla regional, paralelamente a la caída en picado (esta sería la porción de veta de alto grado de la veta, como se ve en El Abra). Es una zona de ruptura con algún desplazamiento, y la vena es simplemente un miembro mineralizado del grupo de fracturas que forman la zona de falla.

La vena no es una fisura simple; rara vez muestra paredes limpias, excepto cuando una falla de la zona de falla regional forma su pared colgante. La fracturación varía desde la simple laminación hasta la destrucción y el aplastamiento intensos. La materia de la vena puede consistir en filones delgados o irregulares o estar presente en grandes cantidades, cementando fragmentos de andesita mezclados; En lugares se produce una vena sólida de varios metros de ancho. La pared del pie muestra la menos rotura, que consiste en largueros estrechamente espaciados o cuarzo masivo con o sin calcita. La rotura aumenta hacia la pared colgante, y la vena consiste en fragmentos de andesita y cuarzo cementados con cuarzo y calcita; La calcita suele ser más abundante junto a la pared colgante.

La silicificación tanto de la pared como de los fragmentos incluidos es a menudo intensa. Las texturas de las venas varían desde toscamente cristalinas hasta calcedónicas; La forma de grano más fino es más común.

### **5.5 Mineralización**

Las venas, que han sido descritas un poco más arriba, son típicamente epitermales con cuarzo blanco a amatistina que se ha roto, brecciado y recementado por cuarzo posterior (Zahony, 1981). Hay varios episodios de deposición de sulfuro contemporáneos con el cuarzo episódico. La pirita y la calcopirita son los sulfuros más abundantes con galena, esfalerita y sulfuros de grano fino negros localmente abundantes. Los últimos consisten en argentita, plata nativa, miarigita ( $\text{AgSbS}_2$ ) y posiblemente algunos otros sulfosales de plata + / minerales manganíferos.

La oxidación prevalece en todos los niveles por encima del nivel freático (nivel Cinco Minas en la actualidad), y el enriquecimiento de supergeno puede ser en parte responsable de la distribución de plata de los trabajos sobre el nivel freático. El autor observó limonitas, jarosita y malaquita en los trabajos superiores (Formosa, San Pedro, El Abra) durante nuestro examen y recorrido. Minerales grises finos a negros de hollín (argentitas) Forman masas amorfas irregulares o láminas delgadas en su interior.

## 5.6 Historia de las Cinco Minas

Las zonas Destajos, Famosa y Trinidad (niveles) de la veta Cinco Minas fueron explotadas ya en la época colonial española a principios de 1500 (Rivera y Vázquez, 1963). El siguiente registro documentado de explotación en el área fue en 1824, cuando un Coronel Schiaffino tenía la propiedad. Posteriormente, la propiedad fue trabajada por un Sr. Luis Martínez de Guadalajara, pero después de él, la mina fue ampliada significativamente por Cinco Minas Mining Company (CMMC), propiedad de Marcus Daly Jr., hijo del fundador de Anaconda Copper Company.

CMMC construyó el camino hacia la mina y la ciudad y también trajo una línea eléctrica de 220 kV que todavía está en pie y en funcionamiento (Anón., 1954). CMMC compró la energía de la planta hidroeléctrica de Chapala en el lago de Chapala, al sur de Guadalajara (Lindsay, 1957). La mina funcionó hasta 1930, cuando se cerró en parte debido a reservas agotadas y la Depresión, en parte debido a disturbios civiles en México. Durante su operación, CMMC desarrolló y extrajo el rodaje de mineral de la zona de El Abra en diecisiete niveles. El rodaje se extrajo a una distancia de unos 700 metros, vertical y horizontalmente, a más de 450 metros cerca de la parte superior de la veta y más de unos 100 metros en los niveles más bajos.

Los registros totales de producción no están disponibles, pero los cálculos realizados por Zahony (1981), basados en los registros de producción anotados por Wisser (1930) indican que el depósito producido es del orden de 2.1 millones de toneladas de 0.13 oz / t de Au (4.46 g / t) y 18.6 oz / t Ag (637 g / t). Un cálculo realizado por Minera Las Cuevas durante 1981-1982 produjo una estimación minada de 1.3 millones de toneladas de mineral con un promedio de aproximadamente 1 kg / tonelada de Ag (> 29 oz / t) y aproximadamente de 3 a 4 g / t de Au (~ 0.1 oz / t) de un brote de mineral con unas dimensiones de aproximadamente 200 mx 6 mx 455 m de profundidad (Ausburn, 1997). Esto es de un bloque más pequeño y más rico contenido dentro de la persona mayor.

## VI. Marco teórico

### 6.1 Lixiviación en pilas

La lixiviación en pilas es el método hidrometalúrgico más importante en la extracción de cobre. El mineral de cobre es apilado, en alturas que usualmente superan los 7 metros, con áreas superficiales que van desde 0.1 a 1 km<sup>2</sup> (Davenport, Schlesinger, King, & Sole, 2011).

El lixivante que contiene H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es aplicado en la superficie de la pila, desde donde percola a través del lecho mineral, disolviendo los minerales de cobre, para producir una solución enriquecida de cobre o PLS, que es colectada en una superficie inclinada e impermeable que se encuentra debajo de la pila, para ser transportada por medio de tuberías hasta la poza de soluciones ricas, y posteriormente a los circuitos de extracción por solventes y electro-obtención.



*Ilustración 1 Patios de lixiviación*

Lixiviación en pilas en Ortiz Gold mine [Fuente: (Metallurgium, 2013)]

### 6.1.1 Ventajas y desventajas de la lixiviación en pilas

Tabla 1 Ventajas y desventajas de la lixiviación

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bajo capital y bajos costos de operación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Largos ciclos de lixiviación y retención de soluciones</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ausencia de molienda, pero podría requerir chancado y aglomeración</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Puede ser usado para tratar minerales de baja ley, minerales de desecho y aplicable a yacimientos pequeños</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menores recuperaciones que los procesos que involucran molienda/flotación o molienda/lixiviación</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La ausencia de etapas de separación sólido-líquido permite operar en contracorriente</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Puede alcanzarse el contenido metálico deseado por medio de reutilización de soluciones en las pilas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extensos programas de pruebas de pilotaje</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Simplicidad de equipos y operación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Largos ciclos de lixiviación y retención de soluciones</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempos de arranque más breves</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impactos económicos y ambientales de largo plazo</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Regulaciones ambientales menos intensivas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Posibles emisiones al medio ambiente de PLS</li></ul>

La lixiviación en pilas presenta un número de ventajas y desventajas comparadas con el proceso de molienda y flotación de minerales sulfurados, tal como se observa en la siguiente Tabla:

Ventajas y desventajas de la lixiviación en pilas [Fuente: (Ghorbani, Becker, Mainza, Franzidis, & Petersen, 2011)]

### 6.2 Principales variables de la lixiviación en pilas

Durante la lixiviación, cambios físicos, químicos y biológicos, toman lugar en el lecho mineral bajo irrigación, dichos cambios afectan el grado de extracción del metal, por lo cual deben asegurarse las condiciones óptimas para el proceso. Las principales variables involucradas en la lixiviación se exponen a continuación.

### 6.3 Tamaño de partícula

El tamaño y la forma son factores que determinan el área superficial de una partícula. Las reacciones involucradas en la disolución mineral son de carácter heterogéneo, en las cuales la velocidad de reacción es dependiente del área interfacial. Es por ello, que la cinética de lixiviación es afectada por el tamaño de partícula del mineral, un tamaño de partícula menor produce una disolución rápida, ya que las partículas más finas tienen mayores superficies específicas. Otro aspecto importante es la forma en la cual las fases minerales se distribuyen y asocian dentro de la partícula, pues cabe la posibilidad de que se lleven a cabo interacciones galvánicas que aceleren la velocidad de disolución, tal es el caso de la interacción entre la pirita y la calcopirita (Wadsworth M. E., 1986).

**Fuente: [William X. Chavez – New Mexico School of Mines]**



*Ilustración 2 Columnas a escala*

### 6.4 Concentración de ácido en la solución lixivante

Optimizar la concentración de ácido se convierte en un ejercicio necesario para disminuir el consumo de ácido, porque generalmente, es el reactivo de mayor costo. Si la concentración de ácido es inferior a la óptima, se estará comprometiendo la recuperación de cobre, mientras que un incremento de la concentración de ácido en

las soluciones lixiviantes permite alcanzar mayores recuperaciones de cobre, aunque también se produce un elevado consumo de ácido.

#### **6.4.1 Flujo específico de soluciones**

El flujo de lixivante determina la velocidad de transporte de los reactivos y productos hacia y desde la pila, usualmente puede variar entre 5 a 30 L/m<sup>2</sup>.h dependiendo del tamaño de partícula y altura de la pila. Generalmente se optimiza la combinación flujo específico-altura de pila, de forma que las soluciones ricas no se diluyan.

#### **6.5 Altura de pila**

La altura del lecho mineral está determinada por su permeabilidad (líquida en el caso de los óxidos y también gaseosa en el caso de los sulfuros, debido a la necesidad de oxígeno). La presencia de arcillas, la formación de precipitados y exceso de finos pueden disminuir la permeabilidad, resultando en canalizaciones de flujo preferencial y una eventual acumulación de soluciones en la superficie, restringiendo el acceso uniforme de ácido y aire. En general la tendencia es a no superar los 8 m por cada nueva capa (Domic Mihovilovic, 2004).

#### **6.6 Tiempo de lixiviación**

Los ciclos de lixiviación pueden variar ampliamente de acuerdo a la mineralogía de la mena, para óxidos se usan entre 30 y 60 días, para sulfuros depende más aun de la granulometría y la mineralogía, v.g. para sulfuros secundarios, se requieren entre 6 y 9 meses, en cambio de tratarse de mineral ROM (*run of mine*), es decir aquel que sólo ha sido procesado mediante chancado primario, puede necesitarse años, y si hay calcopirita pueden ser hasta 10 años.

## **6.7 Consumo de agua**

Es normalmente bajo y en el caso de la lixiviación en pilas corresponde a la humedad residual de los ripios que se dejan de regar al término de la lixiviación, y a las pérdidas de evaporación y arrastre físico con el viento. Lo habitual es que se requiera menos de  $0.5 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{t}$  mineral. En los casos de escasez de agua, se prefiere usar goteros (incluso enterrados) y esta cifra puede disminuir a la mitad, al minimizarse las pérdidas por evaporación y arrastre físico del viento.

## **6.8 Influencia mineralógica en la lixiviación**

Desde el punto de vista de la lixiviación las propiedades de interés en un mineral, pueden clasificarse en dos grandes grupos, aquellas propiedades relacionadas a la naturaleza química del mineral (velocidad de disolución, consumo de reactivos), y las propiedades relacionadas a la estructura mineralógica (estructura cristalográfica, imperfecciones, porosidad, etc.).

## **6.9 Velocidad de disolución**

Las especies mineralógicas procedentes de cada zona de un yacimiento, presentan marcadas diferencias respecto a la velocidad relativa a la cual se disuelven. La velocidad de disolución podría clasificarse en grupos, tal como se aprecia en la siguiente tabla:



Tabla 2 Cinética de lixiviación

CINETICA RELATIVA	TIEMPO DE REFERENCIA	ESPECIES MINERALES DE COBRE
<b>MUY RAPIDA</b> (A temperatura ambiente)	<b>Segundos a minutos</b> Disolución completa	Carbonatos (malaquita, azurita), sulfatos (chalcantita, brochantita y antlerita) y cloruros (atacamita)
<b>RAPIDA</b> (Requiere mayor acidez)	<b>Horas</b> Disolución completa	Óxidos cúpricos (tenorita) y silicatos (crisocola y dioptasa)
<b>MODERADA</b> (Requiere un agente oxidante)	<b>Días a semanas</b> Disolución puede no ser completa	Cobre nativo, óxidos cuprosos (cuprita, delafosita) y algunos silicatos y óxidos complejos con manganeso (neotocita, copper wad y copper pitch)
<b>LENTA</b> (Requiere un agente oxidante)	<b>Semanas a meses</b> Disolución puede ser completa	Sulfuros simples (calcosina, digenita, djurleita, covelina)
<b>MUY LENTA</b> (Requiere un agente oxidante)	<b>Años</b> Disolución es incompleta	Sulfuros complejos (bornita, calcopirita, enargita, tetrahedrita)

Adaptado de: [Domic Mihovilovic, E. M. (2004). Hidrometalurgia: fundamentos, procesos y aplicaciones. Santiago de Chile.]

Velocidades relativas de disolución de las principales especies de cobre en soluciones de ácido sulfúrico diluido [Fuente: (Domic Mihovilovic, 2004)]

### 6.9.1 Consumo de reactivos

Las especies minerales de la ganga presentan reactividades al ácido que dependen fundamentalmente de su composición. Es posible clasificar a la ganga según su reactividad en (Dreier, 1999):


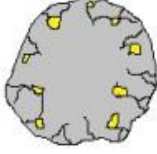
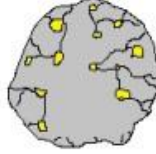
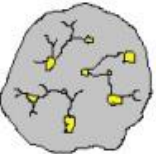

- **Ganga altamente reactiva:** esta categoría incluye especies minerales carbonatadas (calcita, dolomita, siderita, etc.), que reaccionan con el ácido con rapidez.
- **Ganga medianamente reactiva:** Esta categoría significa la probable existencia de cantidades significativas de hornblenda, piroxenos y plagioclasa cálcica. Estas especies se disuelven relativamente rápido comparadas con otros silicatos, las soluciones van perdiendo el ácido contenido y su oxidante, es decir aumenta el pH y disminuye el Eh.
- **Ganga moderadamente reactiva:** En esta categoría se encuentran la ortoclasa, biotita, albita y cuarzo.

- **Ganga no reactiva:** las areniscas cuarcíferas son casi inertes a las soluciones de lixiviación.

### 6.9.2 Distribución de granos minerales y superficies libres

Los granos minerales pueden clasificarse de acuerdo a su accesibilidad a las soluciones lixiviantes en cinco clases, tal como se ilustra en la tabla 2.5: los tipos D y E no contribuyen a la velocidad de disolución, al menos en las primeras etapas de lixiviación, pero pueden llegar a ser importantes para el proceso, si como resultado del contacto prolongado con las soluciones de lixiviación, nuevos poros y fisuras son generados en la ganga, haciendo entonces accesible las soluciones de lixiviación. Para las partículas de los tipos mostrados en la tabla 2.5, pueden identificarse cuatro tipos de regímenes:

Tabla 3 Clasificación de granulometría

	A	B	C	D	E
CLASES	Los granos minerales están expuestos a las soluciones de lixiviación en la superficie de las partículas	Los granos minerales expuestos a las soluciones de lixiviación por medio de los poros y fracturas conectados a la superficie de las partículas	Los granos que son expuestos a las soluciones de lixiviación sólo después de que otros granos han reaccionado	Los granos en los cuales los poros y las fisuras no se extienden a la superficie de la partícula	Los granos localizados dentro de las partículas y que no están conectados a los poros
ILUSTRACIÓN					

Clasificación de los granos minerales de acuerdo a la accesibilidad de soluciones lixiviantes

[Adaptado de: (Ghorbani, Becker, Mainza, Franzidis, & Petersen, 2011)]

### 6.9.3 Porosidad

La velocidad de reacción de una partícula con un reactivo en la fase fluida, en la que se encuentra inmersa, es usualmente controlada por la difusión molecular a través de una capa límite del fluido o por la reacción en la superficie. Si la partícula contiene fracturas o agujeros abiertos al fluido, el reactivo se difunde hacia el interior de la partícula y termina reaccionando con un grano mineral, por lo tanto el área sobre la cual la reacción toma lugar no es sólo el área externa sino el área total incluyendo todos los poros abiertos, siendo la porosidad un factor importante en la velocidad de reacción mineral. (Roden, 2008).

### 6.9.4 Influencia del método de conminución

La distribución de fracturas en la partícula juega un papel importante en la exposición parcial de los granos minerales. Esto relaciona el comportamiento durante la lixiviación con el método en el cual el mineral ha sido chancado. En el caso de las llamadas trituradoras de rodillos de alta presión o HPGR (*high pressure grinding rolls*), tecnología que ha estado disponible en los últimos años, han demostrado ser de 20% a 50% más eficientes en el uso de la energía que las chancadoras convencionales, obteniendo productos con mayor cantidad de fracturas en los límites de grano, dando un mejor acceso a las soluciones de lixiviación dentro de la partícula (**Ghorbani, Becker, Mainza, Franzidis, & Petersen, 2011**).

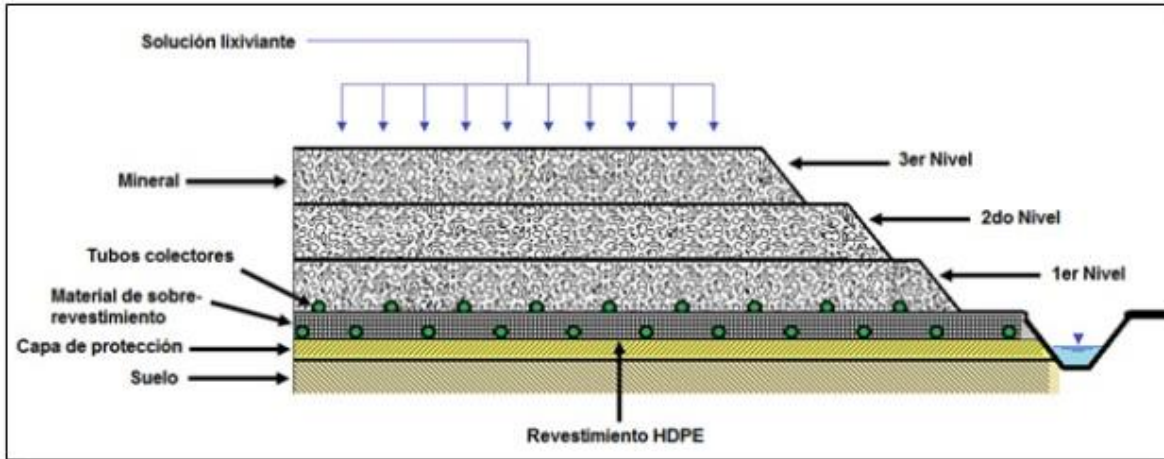
### 6.9.5 Práctica industrial de la lixiviación en pilas

#### construcción de la pila

Las pilas de lixiviación pueden desarrollarse de dos formas:

- **Pilas estáticas (*multi-lift*):** Consisten en un apilamiento de un nivel inicial sobre una superficie impermeable, después de que dicho nivel se ha lixiviado, se apilan nuevos niveles sobre los anteriores. Cada nivel tiene una altura de entre 5 a 8 m y la altura total de la pila puede llegar hasta los 200 m.

- **Pilas dinámicas (on/off):** El mineral es apilado en un sólo nivel, aproximadamente de entre 7 a 8 metros, construidos sobre una base impermeable. El material es removido después de ser lixiviado y reemplazado por mineral nuevo.



*Ilustración 3 Esquema de pila estática*

Esquema de una pila de lixiviación estática (multi-lift) y sus principales elementos

### 6.9.6 Base impermeable

La base impermeable tiene como objetivo la recolección completa de las soluciones de lixiviación, así como prevenir la infiltración del suelo subyacente y la contaminación potencial del agua subterránea. La base típicamente consiste en una capa de geomembrana, que puede estar compuesta de polietileno de alta (HDPE) o baja densidad (LDPE) o cloruro de polivinilo (PVC), de espesores del orden de 1 a 2 mm, sobre una capa de arcilla compactada (con un espesor de 0.1 a 0.5 m) y debajo una capa de material finamente chancado (<2 cm de diámetro). Tuberías de recolección de soluciones PLS y de aireación se colocan sobre esta capa. La base debe tener una inclinación menor al 5% para evitar el deslizamiento de la pila sobre la geomembrana.

## Apilamiento de mineral

El mineral es apilado sobre la base impermeable por medio de sistemas que varían de acuerdo al tamaño de las instalaciones de cada operación minera. Para operaciones menores (de 300 a 200 t/d) se utilizan camiones y apiladores de correa. Para operaciones mayores (desde 10000 hasta 50000 TM/d), se usan correas modulares articuladas, que terminan en un apilador de correa. Sin embargo, para faenas aún mayores (de 75000 a 150000 TM/d), se prefieren sistemas apiladores sobre orugas alimentados con correas estacionarias y móviles. En pilas dinámicas es necesario remover el material ya lixiviado o ripio, normalmente se utilizan recolectores tipo pala de rueda con capachos o rotopalas.



*Ilustración 4 Apilador móvil*

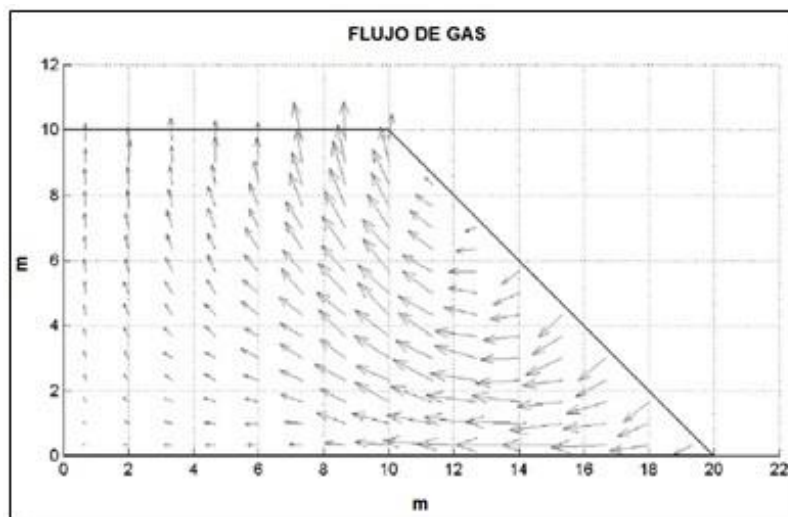
**Equipo mecanizado para la carga y descarga de mineral en pilas de lixiviación.**

**A) Apilador móvil; B) Rotopala para descarga de ripios, minera Radomiro**

**Tomic, Chile (10745 t/h) [Fuente: (Direct Industry, 2014)]**

### 6.9.7 Aireación

Es necesario suministrar a la pila una adecuada aireación, ya que la lixiviación de sulfuros requiere la presencia de agentes oxidantes, tales como el oxígeno. Esto se logra por medio de tuberías plásticas perforadas, colocadas aproximadamente 1 m sobre la base de la pila e introduciendo aire por medio de aireadores a baja presión (*blower*). Para pilas de gran tamaño, no es posible utilizar sopladores, por lo que se espera que el aire movido por la convección natural proporcione el oxígeno necesario (Davenport, Schlesinger, King, & Sole, 2011).



*Ilustración 5 flujo de aire en una pila*

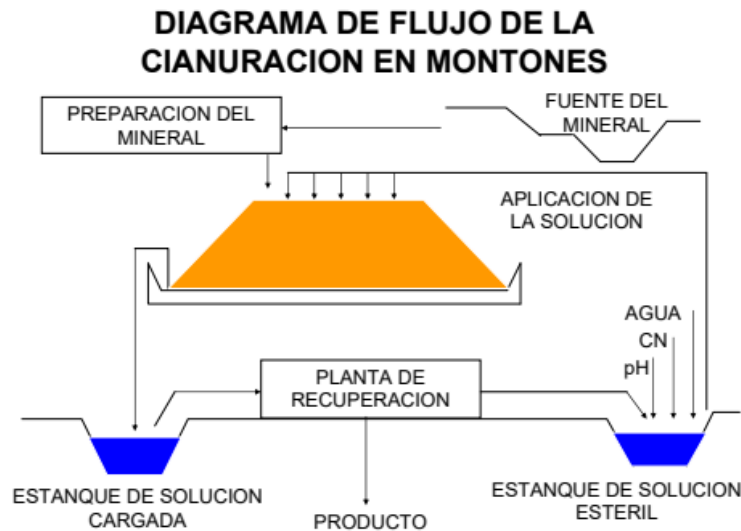
Flujo de aire a través de la pila (modelado en 2D) [Fuente: (Sidborn, Casas, Martínez, & Moreno, 2003)]

## Irrigación de la pila

El lixiviante es suministrado por medio de una red de tuberías distribuidas regularmente, con goteros o aspersores extendidos en la superficie de la pila.

### 6.9.8 Recolección de soluciones

El PLS acumulado en la base de la pila fluye por gravedad a través de tuberías plásticas de drenaje (aprox. de 10 cm) hasta el foso de recolección de soluciones, que conduce a la poza de PLS para ser enviado posteriormente al circuito de extracción por solventes, por medio de bombeo o por gravedad.



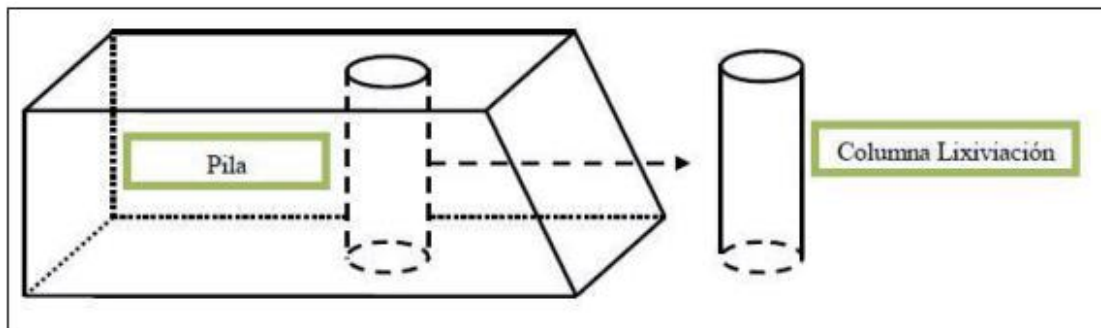
*Ilustración 6 Diagrama de flujo de lixiviación*

*LIXIVIACIÓN EN PILAS. (2015, 23 abril). LIXIVIACIÓN.*

<https://hydrometallurgyperu.wordpress.com/lixiviacion-en-pilas/>

## VII. Desarrollo de estadía

La lixiviación en pilas es uno de los métodos más utilizados actualmente, y debido a lo anterior es necesario conocer que sucede al interior de la pila, con el fin de optimizar el proceso o predecir que comportamiento tendrán los minerales al ser tratados por este método. De ahí nace el concepto de lixiviación en columna. La columna de lixiviación es la mejor representación de la pila de lixiviación. Este modelo es capaz de representar las mismas condiciones de tratamiento como tasa de riego y concentración de ácido sulfúrico, entregando resultados que también representa los de la pila, como consumo de ácido sulfúrico y recuperación de Au y Ag . Así se intenta buscar a escala laboratorio cuales son los parámetros y condiciones ideales de trabajo de una pila de lixiviación y llevarlos a escala industrial.



*Ilustración 7 Relación pila columna*

En el siguiente trabajo lo primero en realizar fue un acuerdo en común, para esto nos encargamos de entablar conexiones con la empresa COANZAMEX una vez creado el enlace se hablo acerca de los proyectos que necesitaban entre los que destacan el proyecto los ricos que será en lo que estará enfocado este documento y también la evaluación de la factibilidad del proceso de electrodeposición para la recuperación del Cu en el proceso SART.

Por cuestiones de salubridad presentadas por la pandemia provocada por el Covid 19 nos fue imposible estar en las instalaciones de la empresa por lo cual nos fue mas factible realizar las practicas en el laboratorio de la Universidad Tecnológica de Parral al llegar al acuerdo en común de horarios y demás se entablaron los términos y se



comenzó a trabajar lo primero fue identificar el equipo y materiales que se necesitaran para poder desarrollar el proyecto mismos que fueron proporcionados por la empresa.

Lo siguiente en realizar fue la identificación del material recibido entre material valioso con el cual trabajar, así como materiales y equipo para la formación y desarrollo del proyecto.



*Ilustración 8 Material recibido*

Lo siguiente es armar la estructura de las columnas con la indicación de hacer 5 columnas de 2 metros c/u y montarlas en una estructura también previamente diseñada y armada.



*Ilustración 10 Estructura central de las columnas*



*Ilustración 9 Medición y corte de columnas*

El siguiente paso es clasificar el material por mina teniendo bolsas de la mina el abra, la famosa, la colorada, san pedro y el rascadero y ya teniéndolos separados determinar el peso de cada uno de las 90 muestras, así como también verificar la granulometría de cada bolsa.



*Ilustración 12 Clasificación de minas*



*Ilustración 11 Kilaje de muestras*

Al hacer el kilaje y clasificación de los materiales de cada mina nos percatamos que una, en específico, el rascadero no tenía la cantidad suficiente de material como para someterla al proyecto entonces acordamos a solo pesar y trabajar con las cuatro restantes, obteniendo los siguientes datos.

Tabla 4 Clasificación de minas

CLASIFICACION DE MINAS							
LA FAMOSA		SAN PEDRO		LA COLORADA		EL ABRA	
Muestra	Peso	Muestra	Peso	Muestra	Peso	Muestra	Peso
LRM0029	3.395Kg	LRM0037	4.035Kg	LRM0056	3.720Kg	LRM0001	2.410Kg
LRM0030	4.640Kg	LRM0038	3.440Kg	LRM0057	2.850Kg	LRM0002	5.030Kg
LRM0031	4.400Kg	LRM0039	5.025Kg	LRM0058	2.195Kg	LRM0003	3.475Kg
LRM0032	4.170Kg	LRM0040	3.735Kg	LRM0059	2.960Kg	LRM0004	2.870Kg
LRM0033	4.085Kg	LRM0041	4.495Kg	LRM0060	1.865Kg	LRM0005	3.635Kg
LRM0034	4.095Kg	LRM0042	5.730Kg	LRM0061	2.645Kg	LRM0006	3.790Kg
LRM0035	3.755Kg	LRM0043	4.435Kg	LRM0062	3.250Kg	LRM0007	5.995Kg
LRM0036	3405Kg	LRM0044	3.465Kg	LRM0063	3.880Kg	LRM0008	2.145Kg
		LRM0045	4.340Kg	LRM0064	4.670Kg	LRM0009	4.670Kg
		LRM0046	3.465Kg	LRM0065	3.220Kg	LRM0010	2.955Kg
		LRM0047	4.720Kg	LRM0066	3.490Kg	LRM0011	4.315Kg
		LRM0048	2.955Kg	LRM0067	3.820Kg	LRM0012	3.850Kg
		LRM0049	3.165Kg	LRM0068	3.825Kg	LRM0013	3.120Kg
		LRM0050	3.080Kg	LRM0069	2.785Kg	LRM0014	5.365Kg
				LRM0070	4.570Kg	LRM0015	3.860Kg
				LRM0071	2.385Kg	LRM0016	4.595Kg
				LRM0072	3.720Kg	LRM0017	4.905Kg
				LRM0073	4.730Kg	LRM0018	5.150Kg
				LRM0074	3.050Kg	LRM0019	4.565Kg
				LRM0075	3.740Kg	LRM0020	5.325Kg
				LRM0076	4.530Kg	LRM0021	4.635Kg
				LRM0077	4.510Kg	LRM0022	6.080Kg
				LRM0078	2.645Kg	LRM0023	4.035Kg
				LRM0079	3.030Kg	LRM0023	5.345Kg
				LRM0080	4.555Kg	LRM0024	3.795Kg
				LRM0081	3.140Kg	LRM0025	2.640Kg
				LRM0082	3.520Kg	LRM0027	4.235Kg
				LRM0083	2.725Kg	LRM0028	3.470Kg

				LRM0084	2.280Kg		
				LRM0085	3.525Kg		
				LRM0086	2.420Kg		
				LRM0087	3.165Kg		
				LRM0088	3.065Kg		
				LRM0089	3.590Kg		
				LRM0090	1.800Kg		

Tabla 5 Pesos totales de minas

MINA	SAN PEDRO	LA COLORADA	LA FAMOSA	EL ABRA
<b>PESO TOTAL</b>	56.355Kg	115.77Kg	31.945Kg	116.26Kg

Tabla 6 Análisis granulométricos

ANALISIS GRANULOMETRICO				
MALLAS	MINA			
	La colorada	El abra	La famosa	San pedro
<b>3/8"=9.5mm</b>	36.9 gr	55gr	71.2gr	35.4gr
<b>1/4"=6.3mm</b>	292.8gr	306.5gr	350.9gr	303.8gr
<b>No4=4.75mm</b>	180gr	163.4gr	117.2gr	160.9gr
<b>No8=2.36mm</b>	230gr	231.4gr	177.2gr	208.7gr
<b>No10=2mm</b>	33.7gr	30gr	25.1gr	28.2gr
<b>No12=1.7mm</b>	27.2gr	27.9gr	21.6gr	28.8gr
<b>No16=1.18mm</b>	50.2 gr	47.5gr	30.9gr	52.6gr
<b>No20=850mcm</b>	29.9gr	29.1gr	45gr	35.8gr
<b>No30=600mcm</b>	23.6gr	23.4gr	29.5gr	30.6gr
<b>No50=300mcm</b>	33.6gr	31.7gr	48.6gr	46.3gr
<b>No60=250mcm</b>	6.2gr	6.3gr	9.5gr	7.8gr
<b>No100=150mcm</b>	17.5gr	15.7gr	26gr	21gr
<b>No200=75mcm</b>	19.8gr	15.4gr	20.8gr	22gr

<b>No-200=- 75mcm</b>	18.2gr	14.4gr	16.8gr	16.8gr
---------------------------	--------	--------	--------	--------

Para la realización de estas operaciones no teníamos todos los integrantes, el equipo completo de seguridad adecuado y por esto la empresa nos hizo entrega de guantes, lentes y respiradores.



*Ilustración 13 Entrega de equipo*

Después se enfocó la atención a la realización de la base en la que se acomodarían las columnas esta hecha de madera y adecuada a las especificaciones pertinentes.

Una vez teniendo los tubos cortados de 2 metros cada uno y la base lista se procedió a armar eh instalar las columnas. ya armada y teniendo los tubos cortados a la medida se pintó todo.



*Ilustración 14*Ensamble de base de columnas



*Ilustración 15* Pintado de estructura

Una vez hecho esto lo siguiente en hacer fue homogenizar con el método de cuarteo y después con ayuda del cuarteador jones el material de cada mina para poder sacar una muestra representativa y adecuar el material para después trabajar con el.

El metodo de homogenizacion utilizado fue para hace referencia a un proceso por el que se hace que una mezcla presente las mismas propiedades en toda la sustancia, porque así lo muestra la regla general en la tecnología de materiales , y se entiende que se realiza una mejora en calidad final del producto.



*Ilustración 17* Cuarteador jones



*Ilustración 16*  
Homogenización de muestra

Para la preparación de las columnas era indispensable conocer la cal que debía ser adherida por lo cual lo siguiente fue determinar la cantidad de cal a utilizar por medio de una prueba rápida de análisis de pH natural esto para lograr un pH óptimo y lograr la conservación de NaCN

Pues la Toxicidad del Cianuro y sus Compuestos. Hay cuatro categorías principales de compuestos de cianuro que son importantes en cuanto a su toxicidad:

1. Cianuro libre
2. Cianuros disociables de ácido débil (cianuros “wad”)
3. Cianuros de hierro



*Ilustración 18 Secado de muestra*

#### 4. Compuestos de cianuro

El cianuro libre existe en dos formas: ácido cianhídrico y anión cianuro. La proporción de cualquiera de estas formas depende del pH. El cianuro libre se adsorbe rápidamente por ingestión, inhalación o adsorción a través de la piel.  $4 Au + 8 NaCN + O_2 + 2 H_2O = 4 NaAu (CN)_2 + 4 NaOH$

La toxicidad se asocia con la afinidad que tiene el cianuro para formar enlaces muy fuertes con hierro, cobre y azufre, constituyentes esenciales de muchas proteínas y enzimas. Los niveles letales de cianuro libre para un humano adulto son de 1 a 3 mg/Kg

de peso corporal si se ingiere, 118 a 355 mg/m<sup>3</sup> si se inhala y 100 mg/kg de peso corporal si se adsorbe a través de la piel. En agua, concentraciones de HCN y CN por arriba de 0.2 mg/l son fatales para la mayoría de los peces.

Realizando la prueba en relación L/S, 1:1, 2:1, 3:1

Que serían los posibles ciclos que le daríamos a las pruebas...

Indicando que La solución de cianuro para lixiviación será, solución sintética con un pH de 12. y 1000 ppm de CN libre procedimos a hacer los siguientes cálculos

Para 100gr de muestra usamos 0.2 gr de cal por lo tanto para cada 1000kg usamos 2 kg de cal con estas relaciones obtuvimos...

Y se procede a homogeneizar la cal y la muestra de la columna. Conforme a lo realizado en las pruebas de pH. Y así se determina cuanta cal se agrega por

composito. 
$$\frac{(Kg \text{ de cal})(Peso \text{ total por mina})}{1 \text{ ton } (1000kg)}$$

Tabla 7 cal por composito la famosa

Cal por composito de mina la famosa				
Relaciones L/s	La muestra	Multiplicada por los Kg totales de mina	Dividida entre la Relación tonelada	Igual a la Cal necesaria
1:1	Para 2kg	Por 29.650kg	Entre 1000kg	Igual a .0593kg
2:1	3kg	29.650kg	1000kg	.08895kg
3:1	3kg	29.650kg	1000kg	.08895kg



Tabla 8 cal por composito el abra

Cal por composito de mina el abra				
Relaciones L/s	Muestra	Kg totales de mina	Relación tonelada	Cal necesaria
1:1	Para 3kg	112kg	1000kg	.336kg
2:1	2kg	112kg	1000kg	.224kg
3:1	4kg	112kg	1000kg	.448kg



Ilustración 19 Medicion de ph

Tabla 9 Cal por composito san pedro

Cal por composito de mina san pedro				
Relaciones L/s	Muestra	Kg totales de mina	Relación tonelada	Cal necesaria
1:1	Para 3kg	54.66kg	1000kg	.16398kg
2:1	2kg	54.66kg	1000kg	.10932kg
3:1	4kg	54.66kg	1000kg	.21864kg

Tabla 10 cal por composito la colorada

Cal por composito de mina la colorada				
Relaciones L/s	Muestra	Kg totales de mina	Relación tonelada	Cal necesaria
1:1	Para 3kg	115.77kg	1000kg	.34731kg
2:1	2kg	115.77kg	1000kg	.023154kg
3:1	5kg	115.77kg	1000kg	.57885kg

Aun hechos los cálculos anteriores el ingeniero Talamantes decidió por disposición propia que seria mas adecuado trabajar con las siguientes unidades:

usando para la cal 7 kg / ton de cal. 7 kg/ton de Cal

Después contando con la información de La tasa de Riego de 10 L/hm<sup>2</sup>, se calcula el Volumen en L/día, L/h así como el Caudal en mL/min tomando en cuenta que el diámetro de la columna es de 6".

Antes de rellenar las columnas tomamos una cantidad considerable para calcular la humedad de cada composito, esto por medio de calor para lo cual nos fue necesario hacer unas charolas de lamina

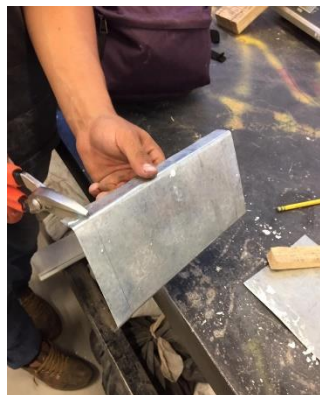


Ilustración 21 Elaboración de charolas



Ilustración 20 Peso de muestra representativa

Una vez teniendo las charolas pesamos 500 gramos de cada mina y las sometimos al calor hasta que dejo de evaporar la muestra.

#### **EL ABRA**

$$\frac{500gr - 496.8gr}{496.8 gr} * 100 = 0.64\%$$

#### **LA COLORADA**

$$\frac{500gr - 498.2gr}{498.2 gr} * 100 = 0.36\%$$

#### **SAN PEDRO**

$$\frac{500gr - 496.8gr}{496.8 gr} * 100 = 0.64\%$$

#### **LA FAMOSA**

$$\frac{500gr - 497.3gr}{497.3 gr} * 100 = 0.54\%$$

Dádonos los resultados siguientes por humedad de mina

*Tabla 11 Porcentaje de humedad*

PORCENTAJE DE HUMEDAD	
MINA	PORCENTAJE
El abra	0.64%
La colorada	0.36%
San pedro	0.64%
La famosa	0.54%
Precipitado de Cu	24.64%

Una vez haciendo el análisis granulométrico nos enfocamos en el relleno de las columnas para esto las rellenas con 20 kilos cada una y un área específica de grava y de mallas para la retención de sólidos.



*Ilustración 23 Relleno de columnas*



*Ilustración 22 Instalación de sistemas de recolección*

El relleno de cada columna quedo registrado de la siguiente manera:

*Tabla 12 Parámetros la famosa*

Mina	La Famosa
Altura	2 m
Borde	89cm
Grava	10cm
Columna	1.01m
Tasa	10 L/hm <sup>2</sup>
Riego	1000ppm NaCN
Humedad	0.54%
Peso	29.65Kg

*Tabla 13 Parámetros La colorada*

Mina	La Colorada
Altura	2.01m
Borde	2cm
Grava	8cm
Columna	1.91m
Tasa	10 L/hm <sup>2</sup>
Riego	1000ppm NaCN
Humedad	0.36%
Peso	58.27Kg

*Tabla 14 Parámetros San Pedro*

Mina	San Pedro
Altura	2.03m
Borde	2cm
Grava	7cm
Columna	1.94m
Tasa	10 L/hm <sup>2</sup>
Riego	1000ppm NaCN
Humedad	0.36%
Peso	54.66Kg

*Tabla 15 Parámetros el Abra*

Mina	El Abra
Altura	2.01 m
Borde	1cm
Grava	8cm
Columna	1.92m
Tasa	10 L/hm <sup>2</sup>
Riego	1000ppm NaCN
Humedad	0.64%
Peso	59.750Kg

Después generamos la solución lixiviante que será la encargada de recuperar los valores del material por el cuerpo de la columna, Pasamos a rellenar con una solución que preparamos de cianuro libre con sosa caustica diluidos en agua con los siguientes porcentajes.

$$\frac{(solucion\ deseada)-(solucion\ pobre)}{1000} \quad (\text{Lt de solución pobre})$$

$$\frac{(1000ppmNaCN) - (0ppmNaCN)}{1000} (20)$$

$$=gr\ NaCN/20LtsH_2O$$

$$=20gr\ NaCN$$

$$=(1gr\ NaCN)/1Lt=1000ppm$$

El riego de la columna es uno de los factores mas importantes bajo control para una buena recuperación y ya que el proceso de lixiviación arranca con la puesta en marcha de los sistemas de goteo o aspersión. El método de lixiviación en pilas, posee diversos factores de control operacional, Para la obtención de buenos resultados operacionales, es primordial controlar la disposición de la solución lixiviante por encima de toda la superficie de la pila, con un sistema de aspersión y dosificación que dependerá de las características granulométricas del lecho mineral. y para poder tener un buen control sobre este el sistema implementado fue por medio de venocllisis agregando unas especificaciones de 6ml por minuto.

El día 04 de agosto del 2020 a las 11:00am fueron arrancadas las columnas con las dosificaciones antes calculadas para un buen riego en las próximas 24 horas.



*Ilustración 25 Preparación de venoclisis*

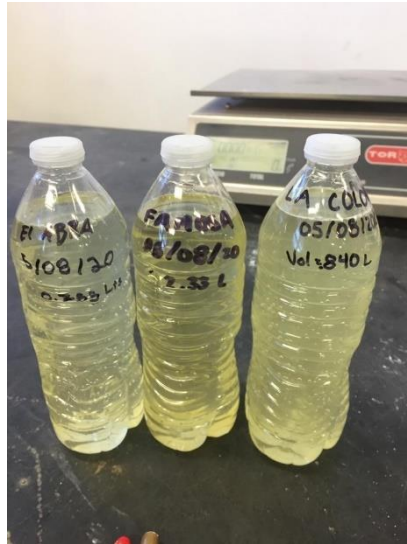


*Ilustración 24 Sistema de riego*

Para que la solución cayera justo al centro de la columna y esta tuviera un enriquecimiento general se implemento un sistema central con alambre recosido que sostiene la venoclisis justo al centro de la columna.

El 05 de agosto del 2020 fue recolectada la primera muestra de las columnas a analizar, aunque solo fueron de las columnas de El abra, La famosa y La colorada pues ocurrió un percance con la venoclisis de San pedro, detalle que fue resuelto a primera hora del día siguiente.





*Ilustración 26 Etiquetado de muestras*

Para la determinación de partes por millón de cianuro libre en la solución las definimos a partir del proceso de titulación en el cual también tuvimos que preparar yoduro de potasio y nitrato de plata en la siguiente relación

Solución al 5% de yoduro de potasio para usarse como indicador con 50 g por litro

Para titular se agregaban 25 ml por cada marca teniendo como total 10 ppm por marca libres de cianuro a 10 gotas de yoduro de potasio.

Como se recolectan las soluciones cada 24 horas optamos por llevar el control por medio de la bitácora siguiente

Tabla 16 Muestras san pedro

<b>San Pedro</b>				
<b>Fecha</b>	<b>de</b>	<b>Volumen</b>	<b>CN-</b>	<b>pH</b>
<b>lixiviación</b>				
<b>06/08/2020</b>		3.820Lt	100ppm	13
<b>07/08/2020</b>		3.795Lt	130ppm	13
<b>08-10/08/2020</b>		3.810Lt	360ppm	13
<b>11/08/2020</b>		4.400Lt	310ppm	13
<b>12/08/2020</b>		2.560Lt	320ppm	13
<b>13/08/2020</b>		4.060Lt	410ppm	13
<b>14/08/2020</b>		5.755Lt	510ppm	13
<b>15/08/2020</b>		4.527Lt	520ppm	13
<b>16/08/2020</b>		4.527Lt	520ppm	13
<b>17/08/2020</b>		3.160Lt	540ppm	12
<b>18/08/2020</b>		4.735Lt	410ppm	12
<b>19/08/2020</b>		4.565 Lt	390ppm	12
<b>20/08/2020</b>		4.890Lt	430ppm	12
<b>21/08/2020</b>		2.700Lt	460ppm	12
<b>22/08/2020</b>		4.880Lt	550ppm	12
<b>23/08/2020</b>		4.880Lt	550ppm	12
<b>24/08/2020</b>		2.170Lt	620ppm	12
<b>25/08/2020</b>		5.110Lt	680ppm	12

Tabla 17 Muestras la colorada

<b>La Colorada</b>				
<b>Fecha</b>	<b>de</b>	<b>Volumen</b>	<b>CN-</b>	<b>pH</b>
<b>lixiviación</b>				
<b>05/08/2020</b>		0.840 Lt	140ppm	12
<b>06/08/2020</b>		4.470 Lt	160ppm	13
<b>07/08/2020</b>		3.965Lt	190ppm	13
<b>08-10/08/2020</b>		4.770Lt	240ppm	12
<b>11/08/2020</b>		4.450Lt	370ppm	13
<b>12/08/2020</b>		2.235Lt	260ppm	12
<b>13/08/2020</b>		4.210Lt	470ppm	13
<b>14/08/2020</b>		5.530Lt	420ppm	13
<b>15/08/2020</b>		3.895Lt	470ppm	13
<b>16/08/2020</b>		3.985Lt	470ppm	13
<b>17/08/2020</b>		2.445Lt	420ppm	12
<b>18/08/2020</b>		4.885Lt		12
<b>19/08/2020</b>		4.410Lt		12
<b>20/08/2020</b>		3.905Lt		12
<b>21/08/2020</b>		5.345Lt		12
<b>22/08/2020</b>		4.407Lt		12
<b>23/08/2020</b>		4.407Lt		12
<b>24/08/2020</b>		1.130Lt		12
<b>25/08/2020</b>		5.140Lt		12

Tabla 18 Muestras el abra

<b>El Abra</b>				
<b>Fecha</b>	<b>de</b>	<b>Volumen</b>	<b>CN-</b>	<b>pH</b>
<b>lixiviación</b>				
<b>05/08/2020</b>		0.755Lt	180ppm	12
<b>06/08/2020</b>		4.930Lt	200ppm	13
<b>07/08/2020</b>		3.740Lt	170ppm	13
<b>08-10/08/2020</b>		5.865Lt	410ppm	13
<b>11/08/2020</b>		4.575Lt	440ppm	13
<b>12/08/2020</b>		2.385Lt	410ppm	13
<b>13/08/2020</b>		3.920Lt	470ppm	13
<b>14/08/2020</b>		5.700Lt	460ppm	13
<b>15/08/2020</b>		2.900Lt	310ppm	13
<b>16/08/2020</b>		2.900Lt	310ppm	13
<b>17/08/2020</b>		1.025Lt	330ppm	12
<b>18/08/2020</b>		5.330	350ppm	12
<b>19/08/2020</b>		3.285	370ppm	12
<b>20/08/2020</b>		5.120	410ppm	12
<b>21/08/2020</b>		4.040	340ppm	12
<b>22/08/2020</b>		4.817	480ppm	12
<b>23/08/2020</b>		4.817	480ppm	12
<b>24/08/2020</b>		3.785	500ppm	12
<b>25/08/2020</b>		5.100	580ppm	12

Tabla 19 muestras la famosa

<b>La Famosa</b>				
<b>Fecha</b>	<b>de</b>	<b>Volumen</b>	<b>CN-</b>	<b>pH</b>
<b>lixiviación</b>				
<b>05/08/2020</b>		2.370 Lt	370ppm	13
<b>06/08/2020</b>		4.485Lt	390ppm	13
<b>07/08/2020</b>		1.895Lt	400ppm	13
<b>08-10/08/2020</b>		4.975Lt	420ppm	13
<b>11/08/2020</b>		2.560Lt	420ppm	13
<b>12/08/2020</b>		1.710Lt	350ppm	13
<b>13/08/2020</b>		2.235Lt	330ppm	13
<b>14/08/2020</b>		5.020Lt	350ppm	13
<b>15/08/2020</b>		4.980Lt	360ppm	13
<b>16/08/2020</b>		4.980Lt	360ppm	13
<b>17/08/2020</b>		3.755Lt	370ppm	12
<b>18/08/2020</b>		4.535Lt	420ppm	12
<b>19/08/2020</b>		4.945Lt	440ppm	12
<b>20/08/2020</b>		4.830Lt	490ppm	12
<b>21/08/2020</b>		5.075Lt	510ppm	12
<b>22/08/2020</b>		3.390Lt	590ppm	12
<b>23/08/2020</b>		3.690Lt	590ppm	12
<b>24/08/2020</b>		1.395Lt	580ppm	12
<b>25/08/2020</b>		3.760Lt	640ppm	12

## VIII. Cálculos generales

### Cálculo de columnas

Área de la columna

Diámetro del tubo= 6in

#### Conversión a centímetros:

$$\text{Diámetro del tubo en cm} = \frac{6\text{in} * 2.54\text{cm}}{1\text{in}} = 15.24 \text{ cm}$$

$$\text{Calcular radio del tubo: } \frac{\text{Diámetro}}{2}$$

$$\text{Radio del tubo} = \frac{15.24 \text{ cm}}{2} = 7.62 \text{ cm}$$

#### Conversión a metros:

$$\frac{7.62\text{cm} * 1\text{m}}{100\text{m}} = 0.0762\text{m}$$

Formula del área de un círculo:  $\pi(r)^2$

$$A = \pi(0.0762\text{m})^2 = 0.01824 \text{ m}^2$$

### Cálculo de caudal con tasa de riego a $10 \frac{L}{hm^2}$

$$\left(10 \frac{L}{hm^2}\right) \left(\frac{1000 ml}{1 L}\right) \left(\frac{1 h}{60 min}\right) (0.01824 m^2) = 3.04 \frac{ml}{min}$$

### Tasa de riego

1 min= 3.04ml

60 min= 182.4 ml

24 horas= 4377.6ml

Conversión de ml a litros

$$\frac{4377.6ml * 1L}{1000ml} = 4.3776L$$

*Se necesitan  $4.3776 \frac{L}{Dia}$*

Tabla 20 Relaciones liquido solido

Relación Líquido-Sólido						
Minas	pH natural	Relación	Cal (gr)	Muestra (gr)	Solución (ml)	pH con agregado de cal
La Colorada	7	1:1	0.3 gr	100 gr	100 ml	12
		2:1	0.2 gr	100 gr	200 ml	12
		3:1	0.5 gr	100 gr	300 ml	12
San Pedro	7	1:1	0.3 gr	100 gr	100 ml	12
		2:1	0.2 gr	100 gr	200 ml	12
		3:1	0.4 gr	100 gr	300 ml	12
La Famosa	7	1:1	0.2 gr	100 gr	100 ml	12
		2:1	0.3 gr	100 gr	200 ml	12
		3:1	0.3 gr	100 gr	300 ml	12
El Abra	7	1:1	0.3 gr	100 gr	100 ml	12
		2:1	0.2 gr	100 gr	200 ml	12
		3:1	0.4 gr	100 gr	300 ml	12

### Cálculos de cal por mina

La importancia de los cálculos de cal para cada composito radica en que es el factor que regula el pH del medio (aumentar el pH) y por lo tanto controla la eficiencia y la recuperación del proceso.

Formula: 
$$\frac{(Kg \text{ de cal})(Peso \text{ total por mina})}{1 \text{ ton } (1000kg)}$$



Tabla 21 cal por composito de mina

<b>Cal por composito de mina La Famosa</b>				
<b>Relación</b>	<b>Kg de cal</b>	<b>Kg totales de mina</b>	<b>Relación tonelada</b>	<b>Kg Cal necesaria</b>
<b>1:1</b>	2 kg	29.650kg	1000 kg	0.0593 kg
<b>2:1</b>	3 kg	29.650kg	1000 kg	0.08895 kg
<b>3:1</b>	3 kg	29.650kg	1000 kg	0.08895 kg
<b>Cal por composito de mina El Abra</b>				
<b>Relación</b>	<b>Kg de cal</b>	<b>Kg totales de mina</b>	<b>Relación tonelada</b>	<b>Kg Cal necesaria</b>
<b>1:1</b>	3 kg	112 kg	1000 kg	0.336 kg
<b>2:1</b>	2 kg	112 kg	1000 kg	0.224 kg
<b>3:1</b>	4 kg	112 kg	1000 kg	0.448 kg
<b>Cal por composito de mina San Pedro</b>				
<b>Relación</b>	<b>Kg de cal</b>	<b>Kg totales de mina</b>	<b>Relación tonelada</b>	<b>Kg Cal necesaria</b>
<b>1:1</b>	3 kg	54.66 kg	1000 kg	0.16398 kg
<b>2:1</b>	2 kg	54.66 kg	1000 kg	0.10932 kg
<b>3:1</b>	4 kg	54.66 kg	1000 kg	0.21864 kg
<b>Cal por composito de mina La Colorada</b>				
<b>Relación</b>	<b>Kg de cal</b>	<b>Kg totales de mina</b>	<b>Relación tonelada</b>	<b>Kg Cal necesaria</b>
<b>1:1</b>	3 kg	115.77 kg	1000kg	0.34731 kg
<b>2:1</b>	2 kg	115.77 kg	1000kg	0.23154 kg
<b>3:1</b>	5 kg	115.77 kg	1000kg	0.57885 kg

Ya obtenido los cálculos de cal se optó por modificar las unidades para una mejor evaluación, esta modificación fue con una unidad de 7 kg de cal/ton.

Tabla 22 Cal necesaria

Mina	Kg de cal	Kg totales de mina	Relación tonelada	Kg Cal necesaria
<b>La Colorada</b>	7 kg	115.77 kg	1000 kg	0.810 kg
<b>San Pedro</b>	7 kg	54.66 kg	1000 kg	0.382 kg
<b>La Famosa</b>	7 kg	29.65 kg	1000 kg	0.207 kg
<b>El Abra</b>	7 kg	112 kg	1000 kg	0.784 kg

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la

siguiente fórmula:

$$P = \left( \frac{W - D}{D} \right) * 100$$

Donde,

P: es el contenido de humedad [%]

W: es la masa inicial de la muestra [g]

D: es la masa de la muestra seca [g]

#### EL ABRA

$$\frac{500gr - 496.8gr}{496.8 gr} * 100 = 0.64\%$$

#### SAN PEDRO

$$\frac{500gr - 496.8gr}{496.8 gr} * 100 = 0.64\%$$

#### LA COLORADA

$$\frac{500gr - 498.2gr}{498.2 gr} * 100 = 0.36\%$$

#### LA FAMOSA

$$\frac{500gr - 497.3gr}{497.3 gr} * 100 = 0.54\%$$

Tabla 23 Porcentaje de humedad

PORCENTAJE DE HUMEDAD	
MINA	PORCENTAJE
El abra	0.64%
La colorada	0.36%
San pedro	0.64%
La famosa	0.54%

Fórmula para el cálculo de solución lixivante:

$$\frac{(\text{solucion deseada}) - (\text{solucion pobre})}{1000} (\text{Lt. solucion pobre})$$

$$\frac{(1000 \text{ ppm NaCN}) - (0 \text{ ppm NaCN})}{1000} (20 \text{ Lt.})$$

=gr NaCN/20LtsH<sub>2</sub>O

=20gr NaCN

= (1gr NaCN) /1Lt=1000ppm

## I. Resultados obtenidos

Tabla 24 Prueba de columna La Colorada

PRUEBA DE COLUMNA	COLUMNA LA COLORADA		
FECHA DE RIEGO	03-ago-20		
FECHA DE LIXIVIACIÓN	05-ago-20		
DÍAS DE PRUEBA			
DIAMETRO DE COLUMNA, (pulg)	6		
ÁREA DE RIEGO EN COLUMNA, (m <sup>2</sup> )	0.018		
ALTURA INICIAL DEL MINERAL, (m)	1.91		
ALTURA FINAL DEL MINERAL, (m)			
PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN, (%)			
DENSIDAD DE MINERAL EN COLUMNA (tons/m <sup>3</sup> )	1.67		
CAL AGREGADA, (kg/ton)			
PORCENTAJE DE CAL ÚTIL, (%)			
CEMENTO AGREGADO, (kg/ton)			
PESO DE MATERIAL HUMEDO INICIAL (kg)	58.27		
PORCENTAJE DE HUMEDAD INICIAL (%)	0.36		
PESO DE MATERIAL SECO (kg)	58.06		
RELACIÓN SOLN / MINERAL (tons solución/tons mineral)			
	Au	Ag	Cu
CABEZA ENSAYADA (g/ton)	Aclabs		
LEY EXTRAIDA (g/ton)			
COLA ENSAYADA (g/ton)			
CABEZA CALCULADA (g/ton)			
PORCENTAJE DE EXTRACCION (%)			
CONSUMO DE CIANURO DE SODIO (kg/ton)			
CONSUMO DE CAL (kg/ton)			

Tabla 25 Datos de columna La Colorada

DATOS DE COLUMNA															
Fecha	Tiempo (Días)	Solución RICA							Solución POBRE						
		Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)
05-ago-20	1	0.84	140.00	0	13.00	2.62	3.08	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
06-ago-20	2	4.74	160.00	0	13.00	0.66	2.06	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
07-ago-20	3	3.965	190.00	0	13.00	0.34	1.90	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
08-ago-20	4	4.77	240.00	0	13.00	0.19	1.38	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
09-ago-20	5	4.77	240.00	0	13.00	0.19	1.38	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
10-ago-20	6	4.77	240.00	0	13.00	0.19	1.38	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
11-ago-20	7	4.45	370.00	0	13.00	0.2	1.48	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
12-ago-20	8	2.235	260.00	0	13.00	0.088	8.19	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
13-ago-20	9	4.21	470.00	0	13.00	0.056	5.53	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
14-ago-20	10	5.53	420.00	0	13.00	0.026	2.74	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
15-ago-20	11	3.895	470.00	0	13.00	0.034	3.00	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
16-ago-20	12	3.895	470.00	0	13.00	0.034	3.00	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
17-ago-20	13	2.445	420.00	0	12.00	0.05	8.15	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
18-ago-20	14	4.885	430.00	0	12.00	0.046	7.11	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
19-ago-20	15	4.41	460.00	0	12.00	0.049	7.93	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
20-ago-20	16	3.905	480.00	0	12	0.042	7.22	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
21-ago-20	17	5.345	410.00	0	12	0.034	8.16	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
22-ago-20	18	4.407	490.00	0	12	0.029	9.62	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
23-ago-20	19	4.407	490.00	0	12	0.029	9.62	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
24-ago-20	20	1.13	560.00	0	12	0.044	15.11	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
25-ago-20	21	5.14	610.00	0	12	0.043	11.59	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
26-ago-20	22	4.615	670.00	0	12	0.02	2.93	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
27-ago-20	23	4.775	770.00	0	12	0.023	3.74	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
28-ago-20	24	4.525	780.00	0	12	0.026	2.85	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
29-ago-20	25	4.525	780.00	0	12	0.026	2.85	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
30-ago-20	26	4.525	780.00	0	12	0.026	2.85	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0

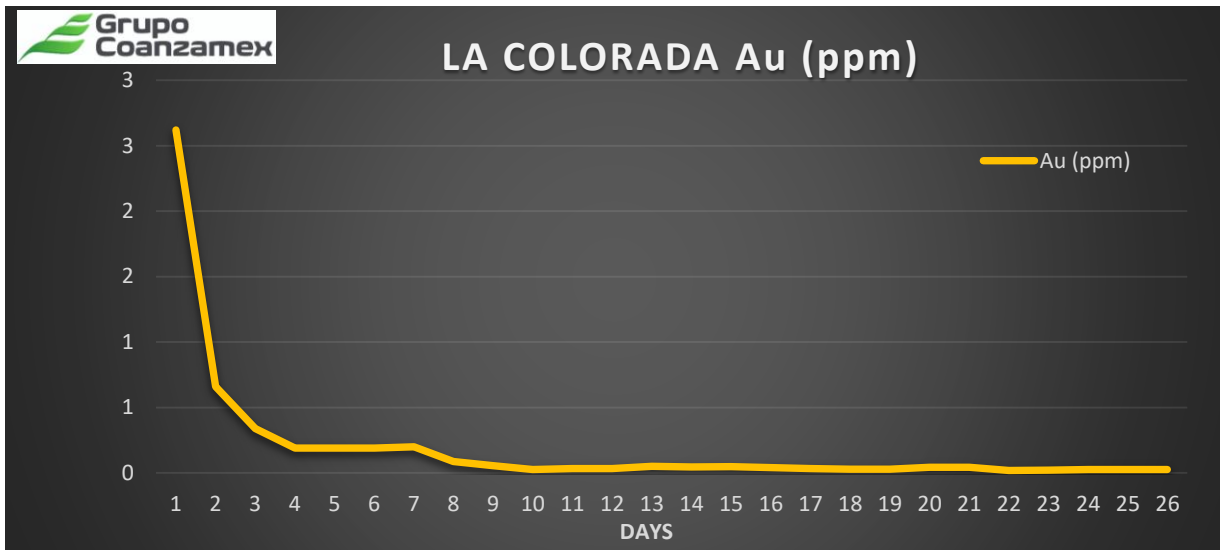


Ilustración 27 La Colorada Au (ppm)

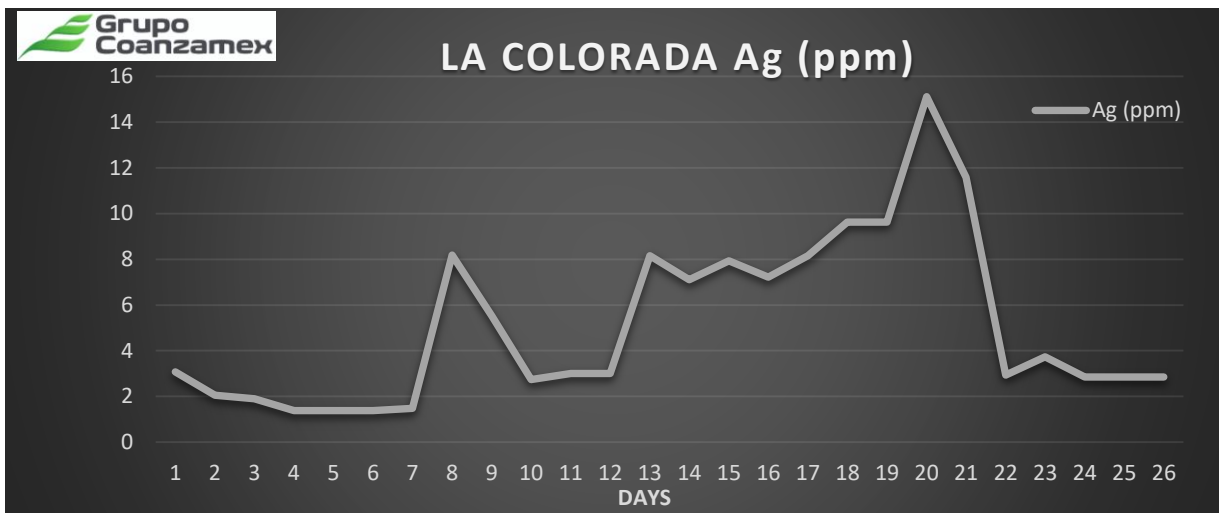


Ilustración 28 La Colorada Ag (ppm)

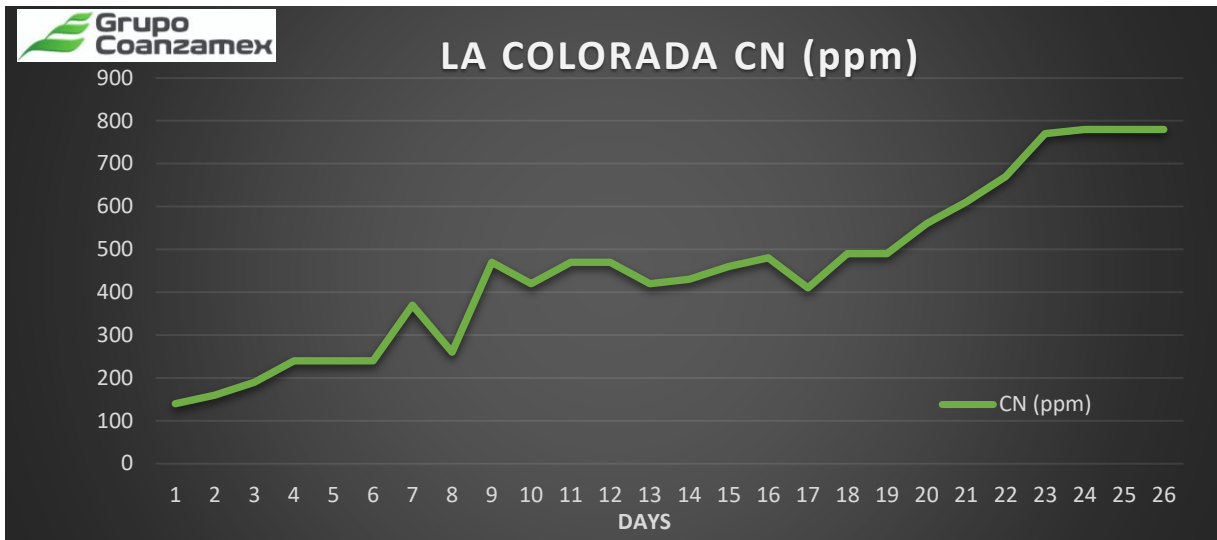


Ilustración 29 La Colorada CN (ppm)

Tabla 26 Prueba de columna La Famosa

PRUEBA DE COLUMNA	COLUMNA LA FAMOSA		
FECHA DE RIEGO	03-ago-20		
FECHA DE LIXIVIACIÓN	05-ago-20		
DÍAS DE PRUEBA			
DIAMETRO DE COLUMNA, (pulg)	6		
ÁREA DE RIEGO EN COLUMNA, (m <sup>2</sup> )	0.018		
ALTURA INICIAL DEL MINERAL, (m)	1.01		
ALTURA FINAL DEL MINERAL, (m)			
PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN, (%)			
DENSIDAD DE MINERAL EN COLUMNA (tons/m <sup>3</sup> )	1.60		
CAL AGREGADA, (kg/ton)			
PORCENTAJE DE CAL ÚTIL, (%)			
CEMENTO AGREGADO, (kg/ton)			
PESO DE MATERIAL HUMEDO INICIAL (kg)	29.65		
PORCENTAJE DE HUMEDAD INICIAL (%)	0.54		
PESO DE MATERIAL SECO (kg)	29.49		
RELACIÓN SOLN / MINERAL (tons solución/tons mineral)			
	Au Ag Cu		
CABEZA ENSAYADA (g/ton) Aclabs			
LEY EXTRAIDA (g/ton)			
COLA ENSAYADA (g/ton)			
CABEZA CALCULADA (g/ton)			
PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN (%)			
CONSUMO DE CIANURO DE SODIO (kg/ton)			
CONSUMO DE CAL (kg/ton)			



Tabla 27 Datos de columna La Famosa

DATOS DE COLUMNA															
Fecha	Tiempo (Días)	Solución RICA							Solución POBRE						
		Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)
05-ago-20	1	2.33	370.00	0	13.00	3.65	12.31	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
06-ago-20	2	4.485	390.00	0	13.00	1.33	5.38	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
07-ago-20	3	1.895	400.00	0	13.00	0.79	4.36	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
08-ago-20	4	4.975	420.00	0	13.00	0.45	3.04	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
09-ago-20	5	4.975	420.00	0	13.00	0.45	3.04	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
10-ago-20	6	4.975	420.00	0	13.00	0.45	3.04	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
11-ago-20	7	2.56	420.00	0	13.00	0.53	4.45	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
12-ago-20	8	1.71	350.00	0	13.00	0.307	22.89	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
13-ago-20	9	2.235	330.00	0	13.00	0.194	13.66	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
14-ago-20	10	5.02	350.00	0	13.00	0.107	5.99	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
15-ago-20	11	4.98	360.00	0	13.00	0.151	9.80	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
16-ago-20	12	4.98	360.00	0	13.00	0.151	9.80	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
17-ago-20	13	3.755	370.00	0	12.00	0.155	18.91	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
18-ago-20	14	4.535	420.00	0	12.00	0.08	11.17	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
19-ago-20	15	4.945	440.00	0	12.00	0.06	8.95	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
20-ago-20	16	4.83	490.00	0	12	0.047	8.23	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
21-ago-20	17	5.075	510.00	0	12	0.046	12.47	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
22-ago-20	18	3.69	590.00	0	12	0.069	11.08	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
23-ago-20	19	3.69	590.00	0	12	0.069	11.08	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
24-ago-20	20	1.395	580.00	0	12	0.124	12.80	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
25-ago-20	21	3.76	640.00	0	12	0.032	11.76	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
26-ago-20	22	3.44	670.00	0	12	0.037	5.00	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
27-ago-20	23	4.35	680.00	0	12	0.025	4.12	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
28-ago-20	24	3.315	650.00	0	12	0.046	6.74	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
29-ago-20	25	3.315	650.00	0	12	0.046	6.74	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
30-ago-20	26	3.315	650.00	0	12	0.046	6.74	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0

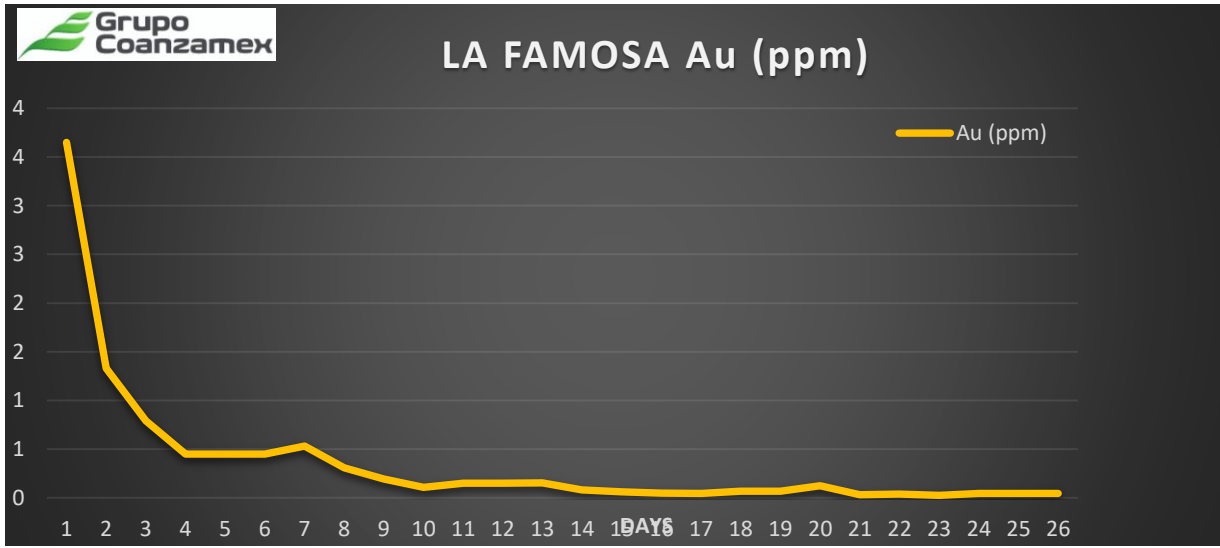


Ilustración 30 La Famosa Au (ppm)

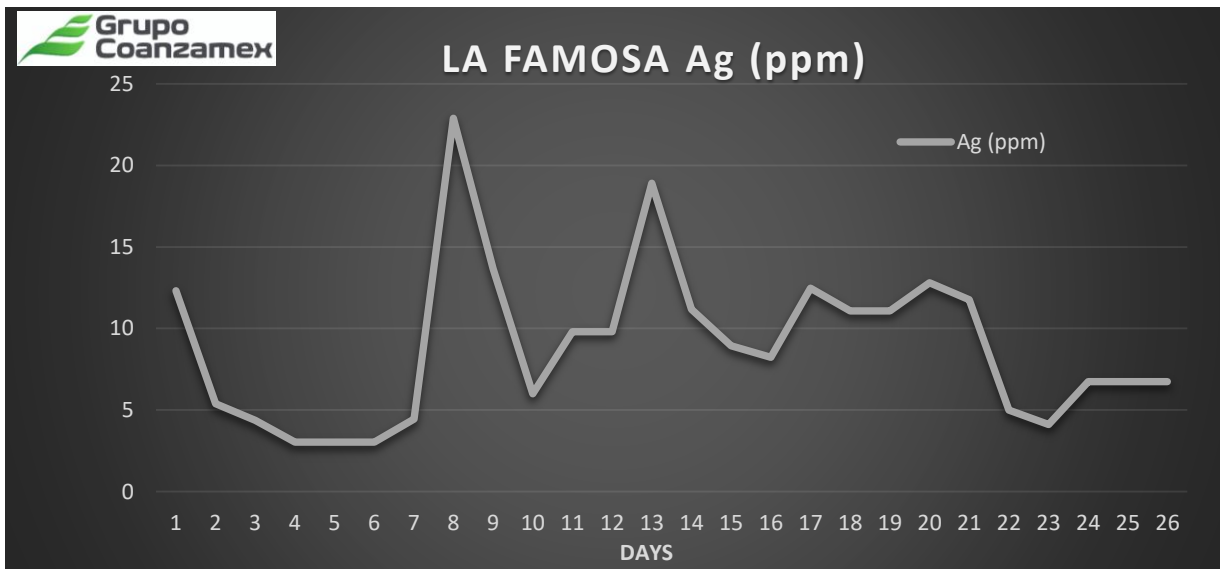


Ilustración 31 La Famosa Ag (ppm)

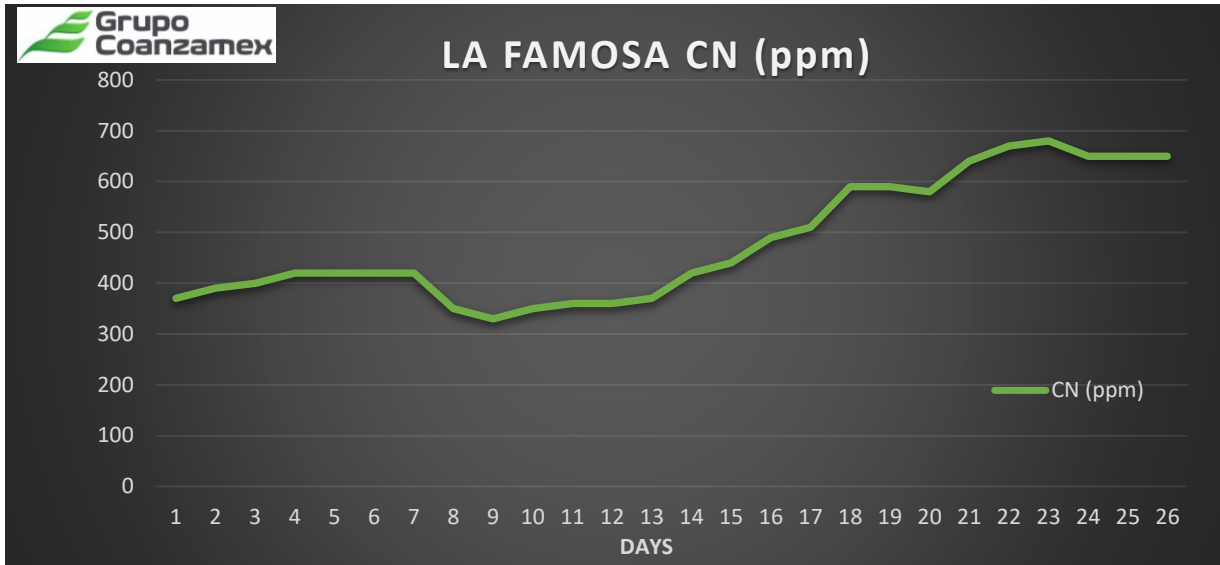


Ilustración 32 La Famosa CN (ppm)

Tabla 28 Prueba de columna El Abra

PRUEBA DE COLUMNA	COLUMNA EL ABRA		
FECHA DE RIEGO	03-ago-20		
FECHA DE LIXIVIACIÓN	05-ago-20		
DÍAS DE PRUEBA			
DIAMETRO DE COLUMNA, (pulg)	6		
ÁREA DE RIEGO EN COLUMNA, (m <sup>2</sup> )	0.018		
ALTURA INICIAL DEL MINERAL, (m)	1.92		
ALTURA FINAL DEL MINERAL, (m)			
PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN, (%)			
DENSIDAD DE MINERAL EN COLUMNA (tons/m <sup>3</sup> )	1.70		
CAL AGREGADA, (kg/ton)			
PORCENTAJE DE CAL ÚTIL, (%)			
CEMENTO AGREGADO, (kg/ton)			
PESO DE MATERIAL HUMEDO INICIAL (kg)	59.75		
PORCENTAJE DE HUMEDAD INICIAL (%)	0.64		
PESO DE MATERIAL SECO (kg)	59.37		
RELACIÓN SOLN / MINERAL (tons solución/tons mineral)			
		Au	Ag Cu
CABEZA ENSAYADA (g/ton)	Aclabs		
LEY EXTRAIDA (g/ton)			
COLA ENSAYADA (g/ton)			
CABEZA CALCULADA (g/ton)			
PORCENTAJE DE EXTRACCION (%)			
CONSUMO DE CIANURO DE SODIO (kg/ton)			
CONSUMO DE CAL (kg/ton)			

Tabla 29 Datos de columna El Abra

DATOS DE COLUMNA															
Fecha	Tiempo (Días)	Solución RICA							Solución POBRE						
		Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)
05-ago-20	1	0.755	180.00	0	12.00	3.87	7.76	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
06-ago-20	2	4.93	200.00	0	13.00	1.48	5.41	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
07-ago-20	3	3.74	170.00	0	13.00	0.5	3.53	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
08-ago-20	4	5.865	410.00	0	13.00	0.23	1.87	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
09-ago-20	5	5.865	410.00	0	13.00	0.23	1.87	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
10-ago-20	6	5.865	410.00	0	13.00	0.23	1.87	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
11-ago-20	7	4.575	440.00	0	13.00	0.29	2.82	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
12-ago-20	8	2.385	410.00	0	13.00	0.182	17.19	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
13-ago-20	9	3.92	470.00	0	13.00	0.103	9.33	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
14-ago-20	10	5.7	460.00	0	13.00	0.054	4.22	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
15-ago-20	11	2.9	310.00	0	13.00	0.085	7.35	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
16-ago-20	12	2.9	310.00	0	13.00	0.085	7.35	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
17-ago-20	13	1.025	330.00	0	12.00	0.078	11.02	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
18-ago-20	14	5.33	350.00	0	12.00	0.052	7.94	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
19-ago-20	15	3.285	370.00	0	12.00	0.062	8.94	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
20-ago-20	16	5.12	410.00	0	12	0.05	7.27	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
21-ago-20	17	4.04	340.00	0	12	0.047	4.23	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
22-ago-20	18	4.817	480.00	0	12	0.044	4.45	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
23-ago-20	19	4.817	480.00	0	12	0.044	4.45	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
24-ago-20	20	3.785	500.00	0	12	0.045	5.37	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
25-ago-20	21	5.1	580.00	0	12	0.037	5.32	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
26-ago-20	22	1.89	570.00	0	12	0.052	5.04	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
27-ago-20	23	3.905	750.00	0	12	0.046	5.02	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
28-ago-20	24	3.187	740.00	0	12	0.047	4.19	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
29-ago-20	25	3.187	740.00	0	12	0.047	4.19	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0
30-ago-20	26	3.187	740.00	0	12	0.047	4.19	0	5.00	1000	0.00	12.0	0.00	0.00	0

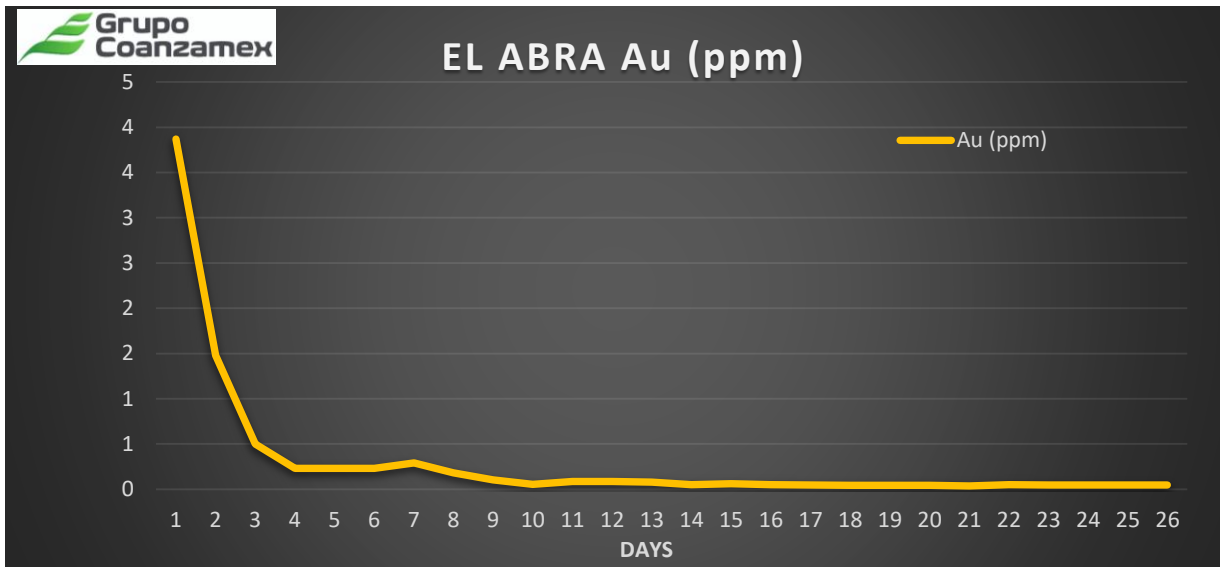


Ilustración 33 El Abra Au (ppm)

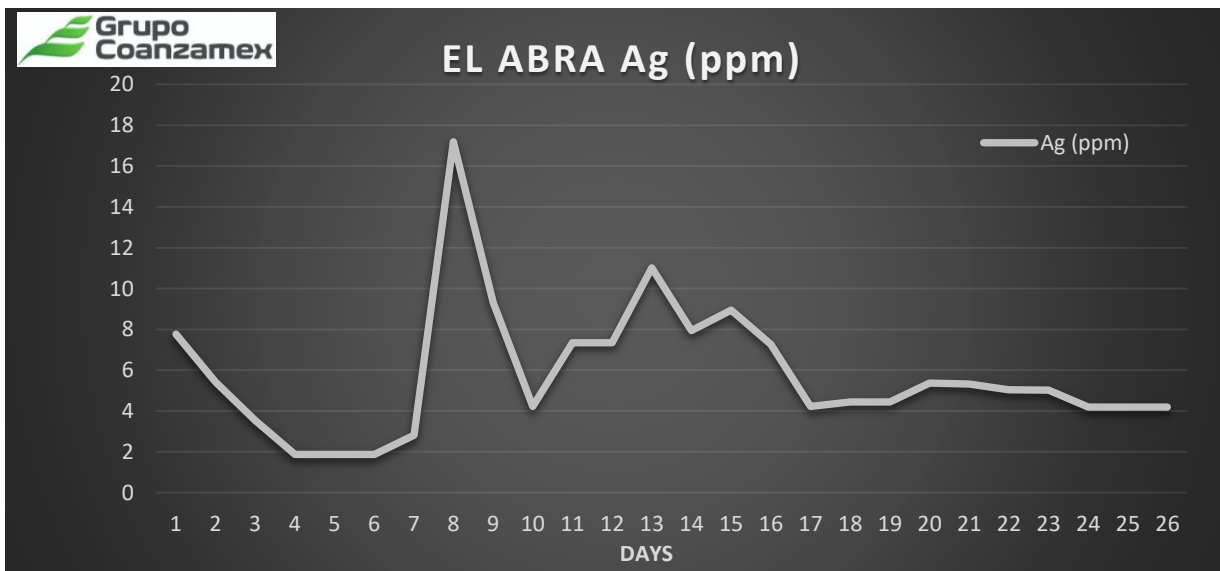


Ilustración 34 El Abra Ag (ppm)

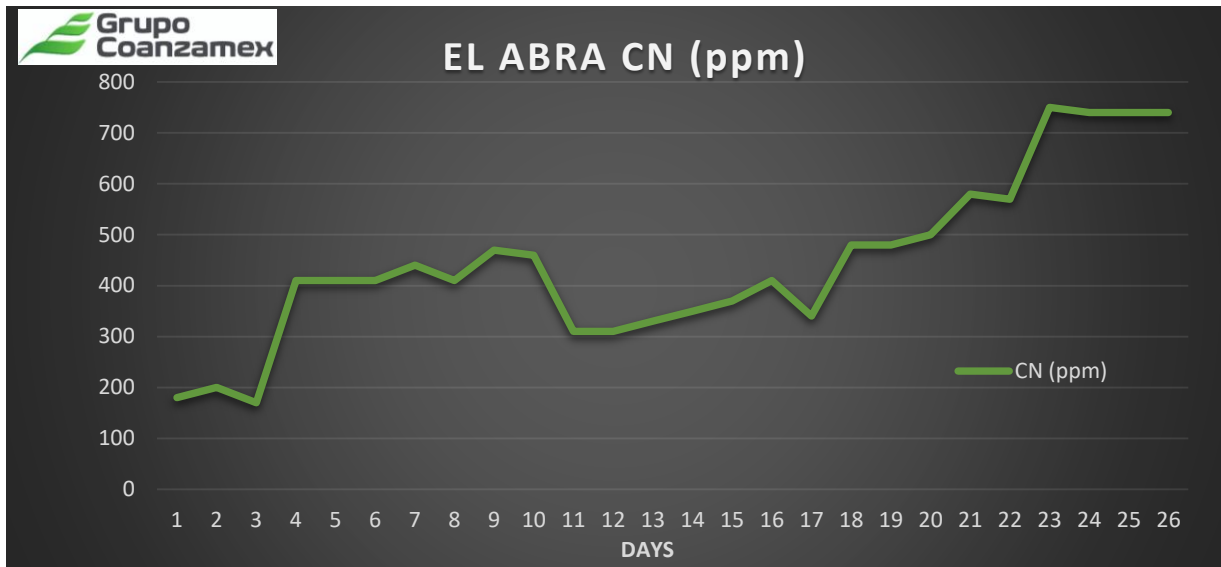


Ilustración 35 El Abra CN (ppm)

Tabla 30 Prueba de columna San Pedro

PRUEBA DE COLUMNA	COLUMNA SAN PEDRO		
FECHA DE RIEGO	03-ago-20		
FECHA DE LIXIVIACIÓN	05-ago-20		
DÍAS DE PRUEBA			
DIAMETRO DE COLUMNA, (pulg)	6		
ÁREA DE RIEGO EN COLUMNA, (m <sup>2</sup> )	0.018		
ALTURA INICIAL DEL MINERAL, (m)	1.94		
ALTURA FINAL DEL MINERAL, (m)			
PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN, (%)			
DENSIDAD DE MINERAL EN COLUMNA (tons/m <sup>3</sup> )	1.54		
CAL AGREGADA, (kg/ton)			
PORCENTAJE DE CAL ÚTIL, (%)			
CEMENTO AGREGADO, (kg/ton)			
PESO DE MATERIAL HUMEDO INICIAL (kg)	54.66		
PORCENTAJE DE HUMEDAD INICIAL (%)	0.36		
PESO DE MATERIAL SECO (kg)	54.46		
RELACIÓN SOLN / MINERAL (tons solución/tons mineral)			
	Au	Ag	Cu
CABEZA ENSAYADA (g/ton) Aclabs			
LEY EXTRAIDA (g/ton)			
COLA ENSAYADA (g/ton)			
CABEZA CALCULADA (g/ton)			
PORCENTAJE DE EXTRACCION (%)			
CONSUMO DE CIANURO DE SODIO (kg/ton)			
CONSUMO DE CAL (kg/ton)			



Tabla 31 Datos de columna San Pedro

DATOS DE COLUMNA															
Fecha	Tiempo (Días)	Solución RICA							Solución POBRE						
		Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)
05-ago-20	1								5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
06-ago-20	2	3.82	100	0	13.00	3.660	7.55	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
07-ago-20	3	3.80	130	0	13.00	1.110	4.65	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
08-ago-20	4	3.81	360	0	13.00	0.530	3.31	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
09-ago-20	5	3.81	360	0	13.00	0.530	3.31	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
10-ago-20	6	3.81	360	0	13.00	0.530	3.31	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
11-ago-20	7	4.40	310	0	13.00	0.420	3.26	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
12-ago-20	8	2.56	320	0	13.00	0.2106	16.41	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
13-ago-20	9	4.06	410	0	13.00	0.133	10.12	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
14-ago-20	10	5.76	510	0	13.00	0.071	3.88	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
15-ago-20	11	4.53	520	0	13.00	0.078	4.78	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
16-ago-20	12	4.53	520	0	13.00	0.078	4.78	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
17-ago-20	13	3.16	540	0	12.00	0.076	11.43	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
18-ago-20	14	4.74	410	0	12.00	0.062	9.26	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
19-ago-20	15	4.57	390	0	12.00	0.076	10.96	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
20-ago-20	16	4.89	430	0	12.00	0.055	8.79	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
21-ago-20	17	2.70	460	0	12.00	0.063	0.39	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
22-ago-20	18	4.88	550	0	12	0.048	0.87	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
23-ago-20	19	4.88	550	0	12	0.048	0.87	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
24-ago-20	20	2.17	620	0	12	0.069	10.32	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
25-ago-20	21	5.11	680	0	12	0.054	10.68	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
26-ago-20	22	3.44	740	0	12	0.049	4.66	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
27-ago-20	23	5.43	760	0	12	0.032	3.61	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
28-ago-20	24	5.06	770	0	12	0.033	4.29	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
29-ago-20	25	5.06	770	0	12	0.033	4.29	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0
30-ago-20	26	5.06	770	0	12	0.033	4.29	0	5.00	1000	0.00	0.0	0.00	0.00	0

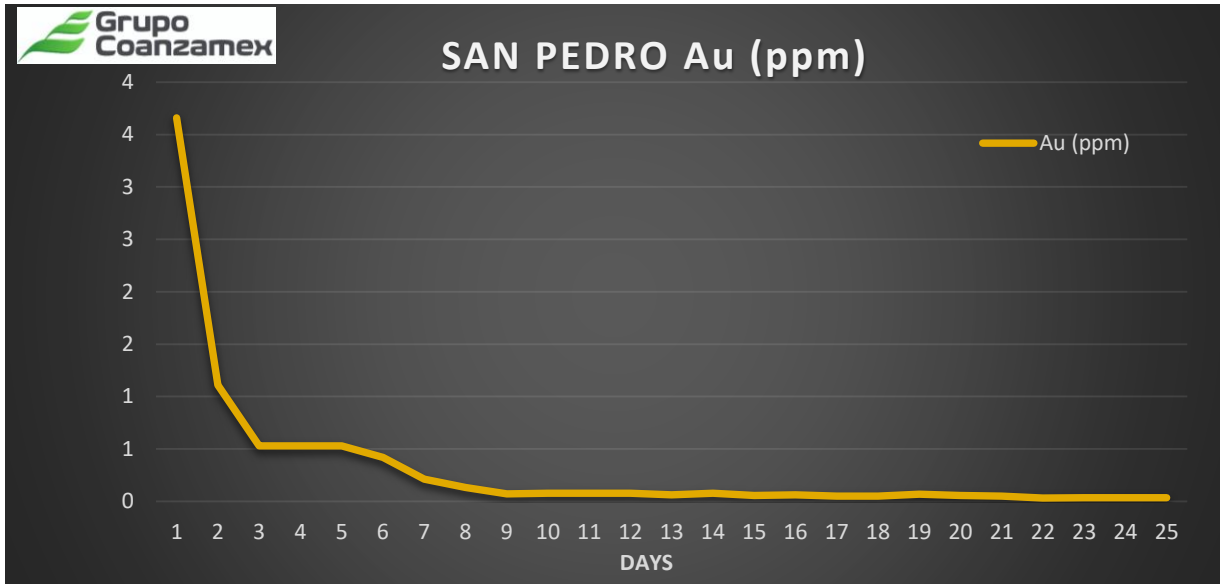


Ilustración 36 San Pedro Au (ppm)

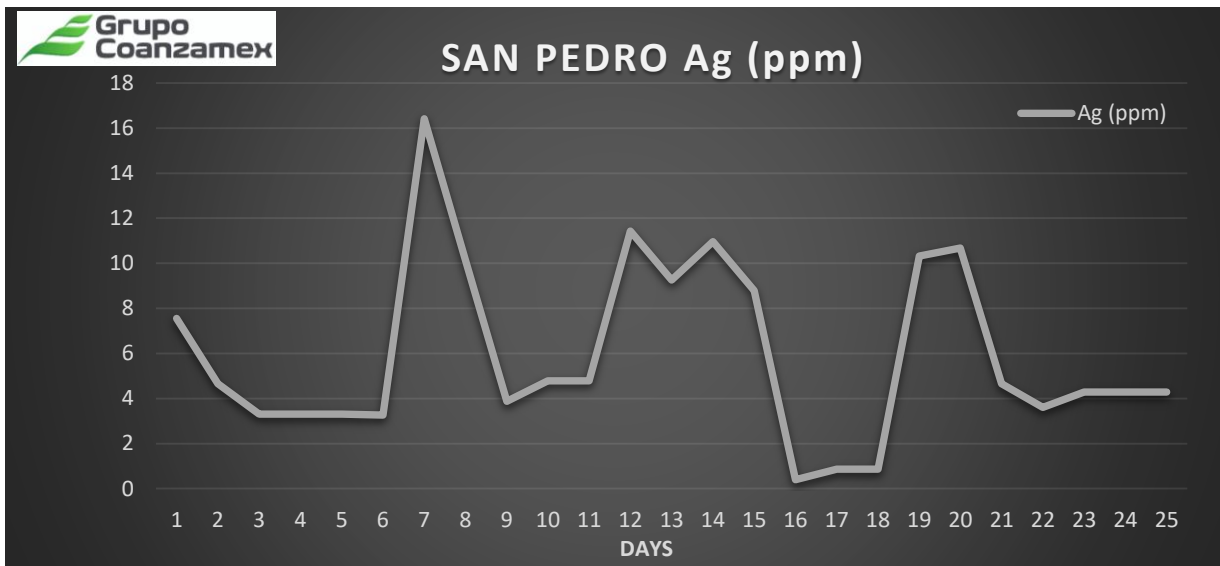


Ilustración 37 San Pedro Ag (ppm)

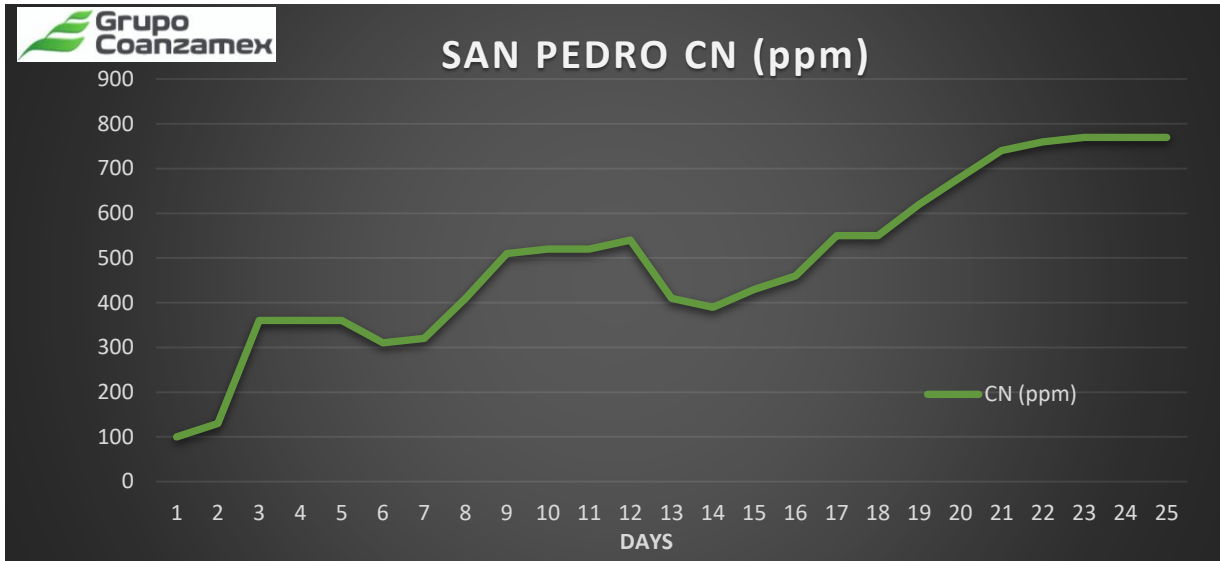


Ilustración 38 San Pedro CN (ppm)

## IX. Conclusiones

En este proyecto de desarrollo de investigación metalúrgica, dejando apertura para continuar optimizando parámetros, como la determinación de eficiencias puesto que el proyecto termina en una etapa de desarrollo físico químico y pos-valoración, esto por la confiabilidad interna de la empresa, dichas pruebas conllevan a un periodo de tiempo estimado equivalente de 30 a 35 días, como inicio ya que la teoría y la práctica nos indica el tipo del mismo, dependiendo de sus resultados metalúrgicos así que, aun continuo operando. Posterior al tiempo establecido se inhabilita los equipos de prueba dejando el contenido de material lixivante, para su análisis y consideración de la realización de balance metalúrgico, con ello la determinación de recuperación de los elementos de interés.

Se pudo observar que el consumo de Cal es un factor modificable pues al ver que el mineral presenta bajos niveles de acides determinamos que incrementa el consumo de Cal lo que genera una mejora a la empresa ya que este reduce exponencialmente los costos.

También se pudo concluir el comportamiento que tiene el cianuro en la solución lixivante con respecto a las propiedades del material y la cinética que suceda en el proceso

Las pruebas realizadas en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Parral para la evaluación del sistema de lixiviación en columnas para la recuperación de Au y Ag en el mineral siguen en desarrollo y los resultados están en evaluación en los laboratorios de la empresa COANZAMEX los cuales han arrojado hasta el día de hoy un gran adsorción en cuestión de la plata la recuperación dio diferencias pues la percolación genero que la roca se abriera y por una mejor porosidad ocurrían estos cambios y en el oro se dieron buenos resultados pues la respuesta es proporcional a la adición de cianuro.

## X. Referencias

(Chahuayo, E., y Márquez, A. (2012). Estudio de optimización para mejorar la lixiviación cianurante de un mineral refractario de oro y plata conteniendo antimonio de la zona de Huampar lima)

Michaud, D. (2015) Cianuración de minerales auríferos – oro. [En Línea].

[Citado 1 septiembre, 2020], Recuperado de:

<https://www.911metallurgist.com/blog/cianuracion-deminales-auriferos-oro>

Dominic, E, M. (2001). Hidrometalurgia: Fundamentos, Procesos y Aplicaciones. 1º

Edición. Andros Impresores Ltda, Santiago-Chile.

Misari, F. (1993). Metalurgia del oro. Volumen 1. 1º Edición. CEPECT. Lima, Perú.

Marsden J. y House I. (1992). The chemistry of the gold extraction. Ellis Horwood, New York.

Flores, J. (1992) Metodología teórico-práctica para la obtención de metales preciosos por medio de cianuración, Ecuador. [En Línea]. [Citado 30 agosto, 2020]. Recuperado de:

<http://www.textoscientificos.com/mineria/lixiviacionoro/cianuracion>

Logsdon, M. Hagelstein, K. Mudder, T. (2001) El manejo del cianuro en la extracción de oro, Consejo Internacional de Metales y Medio Ambiente.

