



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **Ingeniería de Minas**

“INFLUENCIA DEL ALUMBRE, CAL Y ALMIDONES COMO COAGULANTES-FLOCULANTES EN EL TRATAMIENTO DEL DRENAJE ÁCIDO DEL PASIVO AMBIENTAL BOCAMINA PROSPERIDAD DE LA EMPRESA SAN NICOLÁS, HUALGAYOC - 2018.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de minas**

Autor:

Mirian Yojany Chingay Bustamante  
Jessica Ortiz Chomba

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Víctor Eduardo, Alvarez León, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA DE MINAS, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Mirian Yojany, Chingay Bustamante.
- Jessica, Ortiz Chomba.

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Influencia del alumbre, cal y almidones como coagulantes-floculantes en el tratamiento del drenaje ácido del pasivo ambiental Bocamina Prosperidad de la empresa San Nicolás, Hualgayoc - 2018.”

para aspirar al título profesional de: Ingeniero de Minas por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Víctor Eduardo, Alvarez León  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Mirian Yojany Chingay Bustamante, Jessica Ortiz Chomba para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Influencia del alumbre, cal y almidones como coagulantes-floculantes en el tratamiento del drenaje ácido del pasivo ambiental Bocamina Prosperidad de la empresa San Nicolás, Hualgayoc - 2018.”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing. Rafael Napoleón, Ocas Boñón  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Oscar Arturo, Vásquez Mendoza  
Jurado

---

Ing. Alex Patricio, Marinovic Pulido  
Jurado

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedicamos a Dios, quien supo guiarnos por el buen camino, darnos fuerza para seguir adelante y por ayudarnos a salir de los problemas que se presentaron, enseñándonos a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que hoy somos. Ha sido un privilegio ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestros hermanos y hermanas, por estar a nuestro lado, confiar y apoyarnos siempre.

Gracias por todo.

A todas aquellas personas que estuvieron junto a nosotras en los momentos felices y tristes y que siempre nos apoyaron para salir adelante y cumplir con nuestros objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Privada del Norte por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas para poder estudiar nuestra carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradecemos a nuestro asesor de tesis Ing. Víctor Eduardo Alvarez León por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así como también por habernos tenido la paciencia para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis.

Y para finalizar, también agradecemos a nuestros padres y amigos por apoyarnos siempre y en todo momento.

## Índice de contenido

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
2.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos:.....</i>	<i>20</i>
2.3.2. <i>Instrumentos .....</i>	<i>21</i>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos de la muestra .....	19
Tabla 2: Ficha de observación .....	21
Tabla 3: Ficha de experimentación.....	22
Tabla 4: Leyenda de los tratamientos en la ficha de experimentación.....	22
Tabla 5: Ensayos preliminares: análisis químico del DAM .....	23
Tabla 6: D.S. N° 010-2010-MINAM.....	23
Tabla 7: Resultados del tratamiento con cal.....	29
Tabla 8: Resultados del tratamiento alumbre. ....	31
Tabla 9: Resultados del tratamiento con almidón de yuca .....	33
Tabla 10: Resultados del tratamiento con alumbre y almidón de yuca.....	35
Tabla 11: Resultados del tratamiento con cal y almidón de yuca .....	37
Tabla 12: Resultados del tratamiento con cal y alumbre.....	39
Tabla 13: Resultados del tratamiento con cal, alumbre y almidón de yuca .....	41
Tabla 14: Costos del tratamiento con cal.....	43
Tabla 15: Costos del tratamiento con alumbre .....	43
Tabla 16: Costos del tratamiento con almidón de yuca.....	43
Tabla 17: Costos del tratamiento con alumbre + almidón de yuca .....	43
Tabla 18: Costos del tratamiento con cal+ almidón de yuca.....	44
Tabla 19: Costos del tratamiento con cal + alumbre .....	44
Tabla 20: Costos del tratamiento con cal+ alumbre + almidón de yuca .....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Obtención de almidón de yuca</i> .....	51
Anexo 2: Operacionalización de las variables.....	54
Anexo 3: Cronograma y matriz de consistencia.....	55
Anexo 4: Matriz de consistencia .....	56
Anexo 5: Tratamientos con diferentes productos .....	59
Anexo 6: Análisis Físicoquímico de la muestra inicial (muestra en blanco) .....	62
Anexo 7: Resultados de los tratamientos con cada producto utilizado .....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>Variación del pH en función de las dosis de cal.</i> .....	29
Gráfico 2: Variación del As en función de las dosis de cal. ....	29
Gráfico 3: Variación del Pb en función de las dosis de cal. ....	30
Gráfico 4: Variación del Cu en función de las dosis de cal. ....	30
Gráfico 5: Variación del pH en función de las dosis de alumbre .....	31
Gráfico 6: Variación del As en función de las dosis de alumbre .....	31
Gráfico 7: Variación del Pb en función de las dosis de alumbre.....	32
Gráfico 8: Variación del Cu en función de las dosis de alumbre .....	32
Gráfico 10: Variación del pH en función de las dosis de almidón .....	33
Gráfico 9: Variación del As en función de las dosis de almidón .....	33
Gráfico 11: Variación del Pb en función de las dosis de almidón.....	34
Gráfico 12: Variación del Cu en función de las dosis de almidón .....	34
Gráfico 13: Variación del pH en función de las dosis de alumbre y almidón. ....	35
Gráfico 14: variación del as en función de las dosis de alumbre y almidón .....	35
Gráfico 15: <i>Variación del Pb en función de las dosis de alumbre y almidón</i> .....	36
Gráfico 16: Variación del Cu en función de las dosis de alumbre y almidón .....	36
Gráfico 17: Variación del pH en función de las dosis de cal y almidón .....	37
Gráfico 18: Variación del As en función de las dosis de cal y almidón.....	37
Gráfico 19: Variación del Pb en función de las dosis de cal y almidón .....	38
Gráfico 20: Variación del Cu en función de las dosis de cal y almidón.....	38
Gráfico 21: Variación del Cu en función de las dosis de cal y alumbre.....	39

Gráfico 22: Variación del As en función de las dosis de cal y alumbre.....	39
Gráfico 23: Variación del Pb en función de las dosis de cal y alumbre .....	40
Gráfico 24: Variación del Cu en función de las dosis de cal y alumbre.....	40
Gráfico 25: Variación del pH en función de las dosis de cal, .....	41
Gráfico 26: Variación del Cu en función de las dosis de cal, alumbre y almidón .....	41
Gráfico 27: Variación del Cu en función de las dosis de cal, alumbre y almidón .....	42
Gráfico 28: Variación del Cu en función de las dosis de cal, alumbre y almidón .....	42

## RESUMEN

En este trabajo se presenta una alternativa para el tratamiento del drenaje ácido de la bocamina Prosperidad, donde se utiliza cal, alumbre y almidón de yuca como coagulante-floculante para aumentar el pH, reducir las partículas en suspensión y metales pesados presentes en el drenaje ácido, además determinar cuál de los productos es el más óptimo y rentable económicamente.

Para determinar el producto más óptimo para el tratamiento del drenaje ácido de la bocamina se realizaron 7 ensayos con cada producto y las combinaciones entre ellos utilizando 3 dosis para cada proceso, de los cuales se obtuvo que 2 tratamientos son los más óptimos.

Los resultados dentro de los parámetros de los LMPs fueron en el tratamiento con cal, donde se obtuvo un aumento de pH hasta 6.7, disminución de la concentración de los metales de As hasta 12.91, Pb hasta 0.11 y Cu hasta 0.06. En el tratamiento con cal + almidón. Se obtuvo un aumento de pH hasta 6.7, y reducción de los metales de As hasta 13.75, Pb hasta 0.31 y Cu hasta 0.10. Además se concluye que los dos tratamientos son económicamente rentables, ya que con el primer tratamiento se gasta S/.0.005/m<sup>3</sup> y con el segundo tratamiento mencionado se gasta S/.0.085/m<sup>3</sup>

**Palabras clave:** almidón, bocamina, drenaje ácido, coagulante, floculante, pasivo ambiental minero,

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Los drenajes ácidos de antiguos minados de carbón y minería metálica son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo. Debido a que este problema puede persistir durante décadas e incluso cientos de años una vez finalizado el ciclo productivo, existe la necesidad de prevenir su formación y aplicar el tratamiento más adecuado cuando se ha formado (López, 2002). Esta agua debe ser tratada para disminuir las concentraciones de metales y sedimentos y luego, una vez que cumple con los límites máximos permisibles establecidos en la legislación vigente, sea devuelta a las cuencas de origen en las mismas cantidades y condiciones en las que fue recolectada (Yanacocha, 2010)

Estos drenajes son tóxicos en diverso grado para el hombre, la fauna y la vegetación, contienen metales disueltos y constituyentes orgánicos solubles e insolubles, que generalmente proceden de labores mineras, procesos de concentración de minerales, presas de residuos y escombreras de mina. Existen reportes de la muerte de miles de peces y crustáceos de ríos, afecciones al ganado y destrucción de cultivos y riveras, así como la introducción de una coloración y turbiedad en aguas de ríos y lagos. (Aduvire, 2006)

Los drenajes ácidos de mina además de un bajo pH contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión con un alto contenido en sulfato y metales (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni), del orden de varios cientos de miligramos por litro. Estos elementos en altas concentraciones son nocivos para la actividad biológica, contaminan los cursos

de aguas y pueden llegar a causar daños a las estructuras construidas por el hombre. Debido al elevado coste que representa el tratamiento en depuradoras convencionales, es necesario buscar una solución a este problema. (Aduvire, 2006)

Una alternativa al tratamiento convencional de los drenajes ácidos de minas de carbón y metálica, tanto si las instalaciones se encuentran en operación o en abandono, lo constituyen los métodos de tratamiento pasivo, debido a su bajo costo, fácil operación y mantenimiento, y gran eficiencia en el tratamiento de aguas ácidas. (Aduvire, 2006)

Para elegir el tipo de sistema activo se debe tener en cuenta las condiciones hidrológicas del lugar, al pH del influente, y al contenido de metales y sólidos en suspensión del drenaje. El diseño del sistema de tratamiento debe asegurar una buena circulación y distribución del influente dentro del sistema, con el fin de maximizar el tiempo de contacto entre el flujo de agua y los substratos reactivos. En la investigación se toma el área de estudio de Hualgayoc, que es una zona minera, donde se encuentran varios pasivos ambientales sin remediación que impactan en el medio ambiente, específicamente en el suelo y agua, motivo por el cual aplicaremos un sistema de tratamiento para el drenaje ácido de la bocamina Prosperidad, utilizando sulfato de aluminio, cal y almidones naturales como floculantes y coagulantes para controlar la calidad de agua que es vertida al río El Tingo.

Solís et al, (2012) compararon mezclas con potencial coagulante compuestas por almidón de yuca y sulfato de aluminio grado comercial, que permitirían reducir la cantidad sulfato de aluminio usado en plantas de tratamiento de agua. Mediante prueba

de jarras determinaron la dosis óptima del sulfato de aluminio (30 mg/L), en la clarificación de una muestra de agua de río (color de 85 CU, turbiedad de 70 NTU y pH de 6.8). Los resultados indicaron que la mayor reducción de color (94 % de eficiencia) se obtuvo con el tratamiento en el cual se utilizaron 2 mg/L de yuca más 28 mg/L de sulfato de aluminio.

Shahriari et al, (2012) emplearon mezclas de almidón con cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) para tratar agua preparada a partir de caolinita con turbiedad inicial de (50 y 100 NTU). Los resultados mostraron que la dosis óptima para la remoción de turbiedad fue de 10 mg/L de  $\text{FeCl}_3$  más 0.2 mg/L de almidón, equivalente a una proporción 1:0.02. Empleando esta dosis óptima, la combinación de los agentes permitió eficiencias de remoción de turbiedad de 86.5 % y 92.4 % a un pH igual a 7, para turbiedades iniciales de (50 y 100 NTU), respectivamente.

En el trabajo de investigación de Cabrera y Ramírez. (2014), se demuestran que el coagulante almidón de yuca ha registrado los valores en cuanto a la remoción de la turbiedad en un 52.75% con una dosis de 2 mg/l, con turbiedades iniciales de 9.82 y final 4.64 NTU. Se analizaron para determinar la dosis óptima el comportamiento del almidón con dosis menores de 20 mg/l. Y en cuanto al color alcanzaron una remoción de 19.48%, el color inicial fue de 207.32 y final de 166.935 .El sulfato de aluminio alcanzó buena eficiencia de 15 remoción aplicando dosis de 43 mg/l logró remover el 84.34% de turbiedad y 77.84% de color.

En la tesis de Huiza M. y Orellana W. (2015), acerca de “Remoción de metales del drenaje ácido de mina mediante lecho pulsado de caliza del Pasivo Ambiental Minero Apu Campanayoc i Huancavelica”. Se determinó que el pH aumentó de 3.0 a 6.5-7.0. Además determinaron que con 500 mg/L  $\text{CaCO}_3$  se lograba una acidez neutralizada y alcalinidad generada al agua para remoción de metales. En cuanto a la remoción de metales se estableció un rendimiento del 85% para la eliminación metálica del Al y Fe, pero fue menos de 10% para el Zn y Mn, debido a un pH más alto requerido para la precipitación de estas especies.

Jiménez C. (2017), en su tesis “Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno”, demuestra que al utilizar cal para el tratamiento de drenaje ácido, se logró aumentar el nivel de pH de 2.17 a 8.1, disminuyó la conductividad eléctrica (C.E) de 14.87 a 5.14 mS/cm y aumento oxígeno disuelto (O.D) de 1.29 a 5.54mg/l. también obtuvo resultados de remoción de metales como: 99.96% de Al, 0 % de As, 99.7% de Be, 99.8% de B, 98.9% de Cd, 99.9% de Co, 99.9% de Cu, 99.5% Cr, 99.98% de Fe, 83.5% de Mg, 98.7% de Mn, 99.9% de Ni, 0% de Pb, 0% de Se, y 99.95% de Zn.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Qué producto es el más óptimo para el aumento del pH, disminución de partículas en suspensión y metales pesados en el tratamiento del drenaje ácido de la Bocamina Prosperidad de la empresa San Nicolás, Hualgayoc - 2018?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar cuál de los productos es el más óptimo como coagulante-floculante para el aumento del pH, reducción partículas en suspensión y metales pesados del drenaje ácido de Bocamina Prosperidad, así mismo cuantificar su viabilidad económica.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar una caracterización fisicoquímica antes y después del tratamiento del drenaje ácido.
- Determinar la concentración del producto más óptimo, como coagulante-floculante para el aumento del pH, reducción de partículas en suspensión y metales pesados del drenaje ácido.
- Determinar el costo de tratamiento del drenaje ácido con la dosis más óptima del producto seleccionado.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

El producto más óptimo para el tratamiento del drenaje ácido del pasivo ambiental “Bocamina Prosperidad” es el compuesto por almidón de yuca + cal, asimismo su costo de tratamiento es de 0.10 S/L

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- La caracterización físico-química antes del tratamiento tiene bastante variación con la realizada después del tratamiento.
- La concentración del producto más óptimo fue de 0.75 g de cal/L + 8 g almidón/L.
- Con la dosis óptima de cal + almidón el costo de tratamiento es aproximadamente de 0.10 S/L de agua tratada.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Aplicada, con Diseño Descriptivo, No Experimental, Transversal. La investigación es Aplicada porque según Murillo (2008), busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), la investigación es No Experimental, porque se realiza sin manipular deliberadamente variables; y es Transversal porque se analizara diferentes dosificaciones de productos que trabajan como coagulantes-floculantes.

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### **Población:**

La población del presente trabajo de investigación es el drenaje ácido de Bocamina Prosperidad perteneciente a la empresa San Nicolás-Hualgayoc.

#### **Muestra:**

Según nuestro diseño experimental para el requerimiento de la muestras se tomaran 22 litros de drenaje ácido de la bocamina Prosperidad, según el requerimiento de las pruebas experimentales. Ver tabla 1.

Tabla 1: *Requerimientos de la muestra*

DISEÑO EXPERIMENTAL								
PRODUCTO	DOSIS TOTALES (g/L)			Dosis por combinación de productos				
				Cal	Alumbre	Almidón	Alumbre + Almidón de yuca	Cal + Almidón de yuca
CAL	0.50	0.75	1					
ALUMBRE	8	22	28					
ALMIDÓN DE YUCA	2	8	22					

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

**Volumen de muestra por prueba = 1 litros**

**Numero de pruebas = 7 combinaciones \* 3 dosis \* 1 litros = 21**

**Muestra total = 21 pruebas + 1 muestra en blanco = 22**

Se muestrearán 22 litros de agua ácida de la Bocamina Prosperidad.

- Para tener en cuenta la dosificación de cal, se tuvo como antecedente a las dosis utilizadas en la investigación de Huiza M. y Orellana W, (2015)
- Para tener en cuenta la dosificación de alumbre, se tuvo como antecedente a las dosis utilizadas en la investigación de Solís et al, (2012)
- Para tener en cuenta la dosificación de almidón de yuca, se tuvo como antecedente a las dosis utilizadas en la investigación de Cabrera y Ramírez, (2014)

## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1. Técnicas de recolección de datos:

#### ➤ Observaciones in situ

En campo se realizará la observación directa del DAM de la bocamina, para tener en cuenta que se tiene un pasivo ambiental sin remediación.

#### ➤ Experimentación

Terminado el muestreo se realizará el análisis de la muestra del DAM en el “POLIMETALS LAB EIRL”-TRUJILLO, de acuerdo al procedimiento siguiente:

- 1) Según la metodología de Aparicio (2003), para la obtención del almidón de yuca, se pesaron y lavaron 10 kg de yuca. Los tubérculos ya pelados se rallaron. La yuca ya rallada se lavó tres veces con agua caliente (40 °C), luego se filtró empleando una tela raso. La fibra retenida en la tela se eliminó. El filtro fue recolectado en un recipiente donde se dejó sedimentar durante 3 h aproximadamente. El sobrenadante se separó y el sedimento se dejó reposar en refrigeración durante la noche. Al día siguiente se eliminó nuevamente el sobrenadante. El sedimento obtenido se centrifugó para separar el agua de la pasta a una velocidad de 850 rpm durante 15 min. La pasta se secó en una estufa a 40 °C por 12 h.
- 2) Para la obtención del sulfato de aluminio, se compró kilo de sulfato de aluminio comercial (alumbre) en polvo.

- 3) Para a determinación de la dosis optima del alumbre y almidón de las mezclas se tuvo como referencia el trabajo de Solís, Laines y Hernández (2012), el cual hicieron 5 pruebas con diferentes dosificaciones, para ello tomaron como base la concentración óptima del sulfato de aluminio comercial, que fue de 30 mg/L. Se prepararon las mezclas de: almidón/sulfato en las proporciones de concentración siguientes: 8/22 mg/L (tratamiento 2); 15:15 (tratamiento 3); 22:8 (tratamiento 4); 30:0 (tratamiento 5).
- 4) Se adquirieron 4 baldes de plástico de cuatro litros, en cada uno de ellos se agregó una muestra de agua ácida (1 litros), el primero será la muestra base, a los demás serán las 3 dosis determinadas, para cada uno de los procesos; luego se llevó a cabo un mezclado utilizando el método de Letterman y Villegas (1976), que consiste en una mezcla rápida por 20 min a 1000 rpm, a fin de desestabilizar las cargas superficiales de las partículas. Luego se dejara sedimentar por 60 minutos. Para luego obtener la muestra y enviar a laboratorio.

### 2.3.2. Instrumentos

Tabla 2: *Ficha de observación*

<i>Ficha de observación</i>			
<i>Existe drenaje</i>		si	no
<i>Caudal</i>	Bajo	medio	alto
<i>Turbidez</i>	Baja	medio	alto
<i>color de sedimentación</i>	Roja	anaranjada	verde

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

Tabla 3: *Ficha de experimentación.*

**COMBINACIÓN DE PRODUCTOS**

PRODUCTO	DOSIS (g/L)	Cal	Alumbre	Almidon de yuca	Cal + Almidón de yuca	Alumbre + almidón de yuca	Cal + alumbre + Almidón de yuca	Cal + Alumbre
<i>Cal</i>	0.50	[Red]	[Green]	[Blue]	[Orange]	[Dark Blue]	[Pink]	[Light Blue]
	0.75				[Purple]		[Light Green]	[Grey]
	1				[Red]		[Purple]	[Blue]
<i>Alumbre</i>	8	[Red]	[Green]	[Blue]	[Dark Blue]	[Green]	[Light Green]	[Blue]
	22					[Green]	[Pink]	[Light Blue]
	28					[Yellow]	[Purple]	[Grey]
<i>Almidón de yuca</i>	2	[Red]	[Green]	[Blue]	[Red]	[Yellow]	[Purple]	[Grey]
	8				[Purple]	[Green]	[Pink]	
	22				[Orange]	[Dark Blue]	[Light Green]	

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

N° de experimentos totales = 21 combinaciones.

Tabla 4: *Legenda de los tratamientos en la ficha de experimentación*

**TRATAMIENTO CON CAL (3 DOSIS)**

[Red]	Tratamiento con cal (3 dosis)	
[Green]	Tratamiento con alumbre (3 dosis)	
[Blue]	Tratamiento con almidón de yuca (3 dosis)	
[Orange]	Tratamiento con cal + almidón de yuca (1° dosis)	Tratamiento con cal + almidón de yuca
[Purple]	Tratamiento con cal + almidón de yuca (2° dosis)	
[Red]	Tratamiento con cal + almidón de yuca (3° dosis)	
[Dark Blue]	Tratamiento con alumbre + almidón de yuca (1° dosis)	Tratamiento con alumbre + almidón de yuca
[Green]	Tratamiento con alumbre + almidón de yuca (2° dosis)	
[Yellow]	Tratamiento con alumbre + almidón de yuca (3° dosis)	
[Light Blue]	Tratamiento con cal + alumbre + almidón de yuca (1° dosis)	Tratamiento con cal + alumbre + almidón de yuca
[Grey]	Tratamiento con cal + alumbre + almidón de yuca (2° dosis)	
[Blue]	Tratamiento con cal + alumbre + almidón de yuca (3° dosis)	
[Pink]	Tratamiento con Cal + Alumbre (1° dosis)	Tratamiento con Cal + Alumbre
[Light Green]	Tratamiento con Cal + Alumbre (2° dosis)	
[Purple]	Tratamiento con Cal + Alumbre (3° dosis)	

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

Tabla 5: *Ensayos preliminares: análisis químico del DAM*

<i>Análisis químico del DAM</i>		<i>Resultados</i>
<i>Cobre (Cu)</i>	mg/L	41.11
<i>Arsénico (As)</i>	mg/L	17.05
<i>Plomo (Pb)</i>	mg/L	0.33
<i>pH</i>	pH	1.90

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

Tabla 6: *D.S. N° 010-2010-MINAM*

***Límite Máximo Permisible Para descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas***

<b><i>Parámetro</i></b>	<b><i>Límite en cualquier momento</i></b>
<i>Arsénico (As)</i>	0.10
<i>Cobre (Cu)</i>	0.50
<i>Hierro (Fe)</i>	2.00
<i>Plomo (Pb)</i>	0.20
<i>Zinc (Zn)</i>	1.50
<i>° pH a 25°C</i>	6-9

**Fuente:** D.S. N° 010-2010-MINAM

## 2.4. Procedimiento

### TRATAMIENTO N° 1: CAL

1. Se utilizó 4 baldes de plástico de 4 litros cada uno, y fueron enumerados del 1 al 4 respetivamente. A cada balde se le agrego 1 litro de agua ácida con pH de 1.90 y se les adicionó las siguientes dosis de CAL para su tratamiento.
  - **BALDE N°1:** 0 gr de cal por litro de agua ácida. (prueba en blanco)
  - **BALDE N°2 (1° dosis):** 0.5 gr de cal por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°3 (2° dosis):** 0.75gr de cal por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°4 (3° dosis):** 1.0gr de cal por litro de agua ácida.
2. Luego se utilizó un equipo de prueba de jarras (JARTEST) y se hizo una mezcla rápida durante 20 minutos a 1000 rpm, los cuales se midieron con un TACÓMETRO DIGITAL.
3. Pasados los 20 minutos de mezcla, se dejó sedimentar por una hora y se midió el pH.

### TRATAMIENTO N° 2: ALUMBRE

1. Se utilizó 3 baldes de plástico de 4 litros cada uno, y fueron enumerados del 1al 3 respetivamente. A cada balde se le agrego 1 litro de agua ácida con pH de 1.90 y se les adicionó las siguientes dosis de ALUMBRE para su tratamiento.
  - **BALDE N°1 (1° dosis):** 8 gr de alumbre por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°2 (2° dosis):** 22gr de alumbre por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°3 (3° dosis):** 28gr de alumbre por litro de agua ácida.

2. Luego se utilizó un equipo de prueba de jarras (JARTEST) y se hizo una mezcla rápida de 20 minutos a 1000 rpm, los cuales se midieron con un TACÓMETRO DIGITAL.
3. Pasados los 20 minutos de mezcla. Se dejó sedimentar por una hora, luego se midió el pH.

### **TRATAMIENTO N° 3: ALMIDÓN**

1. Se utilizó 3 baldes de plástico de 4 litros cada uno, y fueron enumerados del 1 al 3 respetivamente; a cada balde se le agrego 1 litro de agua ácida con un pH de 1.90 y se les adicionó las siguientes dosis de ALMIDÓN para su tratamiento.
  - **BALDE N°1 (1° dosis):** 2gr de almidón por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°2 (2° dosis):** 8gr de almidón por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°3 (3° dosis):** 22gr de almidón por litro de agua ácida.
2. Luego se utilizó un equipo de prueba de jarras (JARTEST) y se hizo una mezcla rápida de 20 minutos a 1000 rpm, los cuales se midieron con un TACÓMETRO DIGITAL.
3. Pasados los 20 minutos de mezcla. Se dejó sedimentar por una hora, luego se midió el pH.

#### **TRATAMIENTO N° 4: ALUMBRE + ALMIDÓN**

1. Se utilizó 3 baldes de plástico de 4 litros cada uno, y fueron enumerados del 1 al 3 respetivamente; a cada balde se le agrego 1 litro de agua ácida con un pH de 1.90 y se les adicionó las siguientes dosis de ALUMBRE +ALMIDÓN para su tratamiento.
  - **BALDE N°1 (1° dosis):** (8gr de ALUMBRE + 22gr de ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°2 (2° dosis):** (22gr de ALUMBRE + 8gr de ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°3 (3° dosis):** (28gr de ALUMBRE + 2gr de ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
2. Luego se utilizó un equipo de prueba de jarras (JARTEST) y se hizo una mezcla rápida de 20 minutos a 1000 rpm, los cuales se midieron con un TACÓMETRO DIGITAL.
3. Pasados los 20 minutos de mezcla. Se dejó sedimentar por una hora, luego se midió el pH.

#### **TRATAMIENTO N° 5: CAL + ALMIDÓN**

1. Se utilizó 3 baldes de plástico de 4 litros cada uno, y fueron enumerados del 1 al 3 respetivamente; a cada balde se le agrego 1 litro de agua ácida con un pH de 1.90 y se les adicionó las siguientes dosis de CAL + ALMIDÓN para su tratamiento.
  - **BALDE N°1 (1° dosis):** (0.50gr de CAL + 22gr de ALMIDÓN) por litro de agua ácida.

- **BALDE N°2 (2° dosis):** (0.75gr de CAL + 8gr de ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°3 (3° dosis):** (1.0gr de CAL + 2gr de ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
2. Luego se utilizó un equipo de prueba de jarras (JARTEST) y se hizo una mezcla rápida de 20 minutos a 1000 rpm, los cuales se midieron con un TACÓMETRO DIGITAL.
  3. Pasados los 20 minutos de mezcla. Se dejó sedimentar por una hora, luego se midió el pH.

#### **TRATAMIENTO N° 6: CAL + ALUMBRE**

1. Se utilizó 3 baldes de plástico de 4 litros cada uno, y fueron enumerados del 1 al 3 respetivamente; a cada balde se le agrego 1 litro de agua ácida con un pH de 1.90 y se les adicionó las siguientes dosis de CAL + ALUMBRE para su tratamiento.
  - **BALDE N°1 (1° dosis):** (0.50gr de CAL + 22gr de ALUMBRE) por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°2 (2° dosis):** (0.75gr de CAL + 28gr de ALUMBRE) por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°3 (3° dosis):** (1.0gr de CAL + 8gr de ALUMBRE) por litro de agua ácida.
2. Luego se utilizó un equipo de prueba de jarras (JARTEST) y se hizo una mezcla rápida de 20 minutos a 1000 rpm, los cuales se midieron con un TACÓMETRO DIGITAL.

3. Pasados los 20 minutos de mezcla. Se dejó sedimentar por una hora, luego se midió el pH con un pH-metro.

#### **TRATAMIENTO N° 7: CAL + ALUMBRE + ALMIDÓN**

1. Se utilizó 3 baldes de plástico de 4 litros cada uno, y fueron enumerados del 1 al 3 respetivamente; a cada balde se le agrego 1 litro de agua ácida con un pH de 1.90 y se les adicionó las siguientes dosis de CAL + ALMIDÓN para su tratamiento.
  - **BALDE N°1 (1° dosis):** (0.50gr de CAL + 22gr de ALUMINIO + 8gr de ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°2 (2° dosis):** (0.75gr de CAL + 8gr de ALUMINIO + 22gr ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
  - **BALDE N°3 (3° dosis):** (1.0gr de CAL + 28gr de ALUMINIO + 2gr ALMIDÓN) por litro de agua ácida.
2. Luego se utilizó un equipo de prueba de jarras (JARTEST) y se hizo una mezcla rápida de 20 minutos a 1000 rpm, los cuales se midieron con un TACÓMETRO DIGITAL.
3. Pasados los 20 minutos de mezcla. Se dejó sedimentar por una hora, luego se midió el pH.

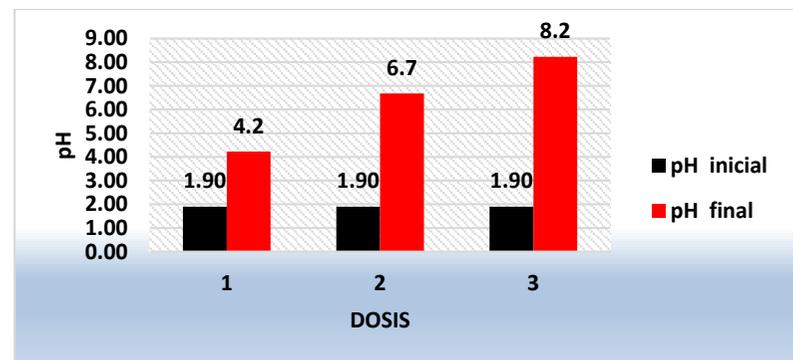
### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 7: Resultados del tratamiento con cal

PRODUCTO	DOSIS	cal (g)	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO 1							
			pH		As (mg/L)		Pb (mg/L)		Cu (mg/L)	
			inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
cal	1	0.50	1.90	4.2	17.05	13.41	0.33	0.32	41.11	0.63
	2	0.75	1.90	6.7	17.05	12.91	0.33	0.11	41.11	0.06
	3	1.00	1.90	8.2	17.05	12.76	0.33	0.14	41.11	0.09

Fuente: Elaboración propia

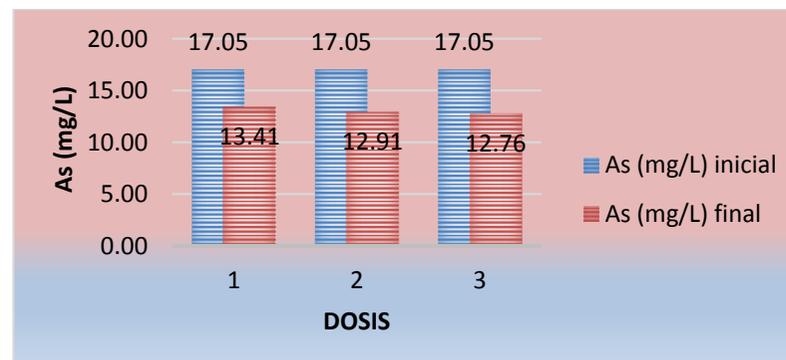
Gráfico 2: Variación del pH en función de las dosis de cal.



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 1, sobre la variación de pH en función de las dosis de cal, se observa que el pH inicial de 1.90 se ha incrementado a 4.2 en la primera dosis de cal (0.50 g), 6.7 en la segunda dosis de cal (0.75 g) y 8.2 en la tercera dosis de cal (1.0 g). Con las dosis 2 y 3 se logra obtener resultados dentro de los LMPs

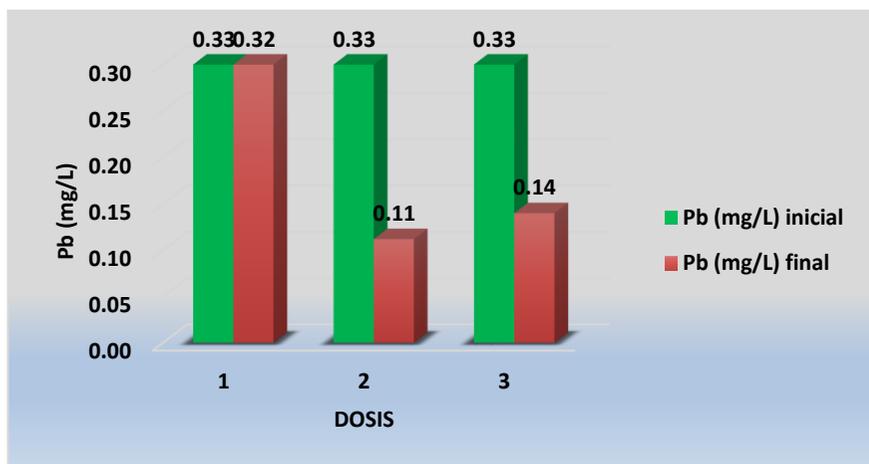
Gráfico 1: Variación del As en función de las dosis de cal.



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 2, sobre la variación del As en función a las dosis de cal, se observa que de As inicial de 17.05 ha disminuido a 13.41 con la primera dosis de cal (0.50 g), a 12.91 con la segunda dosis de cal (0.75 g) y a 12.76 con la tercera dosis de cal (1.0 g)

Gráfico 3: Variación del Pb en función de las dosis de cal.

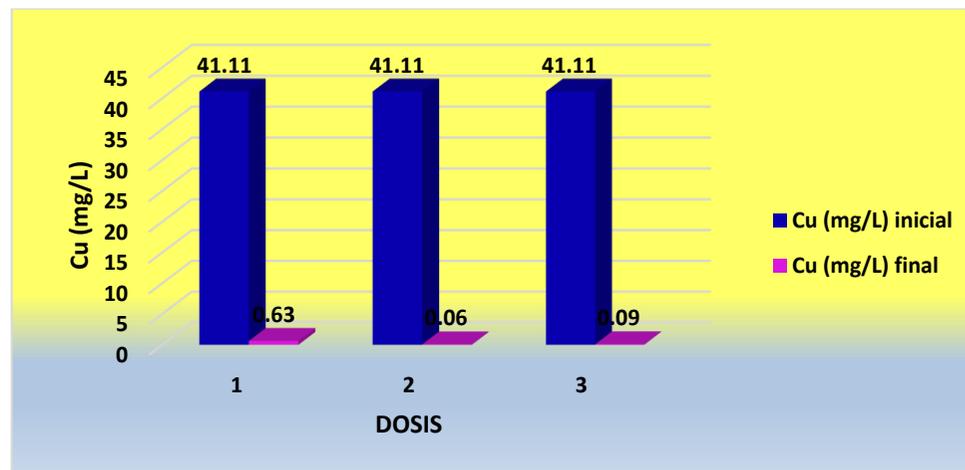


Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 4, sobre la variación del Cu en función a las dosis de cal, se observa que de Cu inicial de 41.11 ha disminuido a 0.63 con la primera dosis de cal (0.50 g), a 0.06 con la segunda dosis de cal (0.75 g) y a 0.09 con la tercera dosis de cal (1.0 g). Llegando a los LMPs con las dosis 2 y 3

En el gráfico 3, sobre la variación del Pb en función a las dosis de cal, se observa que de Pb inicial de 0.33 ha disminuido a 0.32 con la primera dosis de cal (0.50 g), a 0.11 con la segunda dosis de cal (0.75 g) y a 0.14 con la tercera dosis de cal (1.0 g). Con las dosis 2 y 3 se logra obtener resultados dentro de los LMPs

Gráfico 4: Variación del Cu en función de las dosis de cal.



Fuente: Elaboración propia, 2018

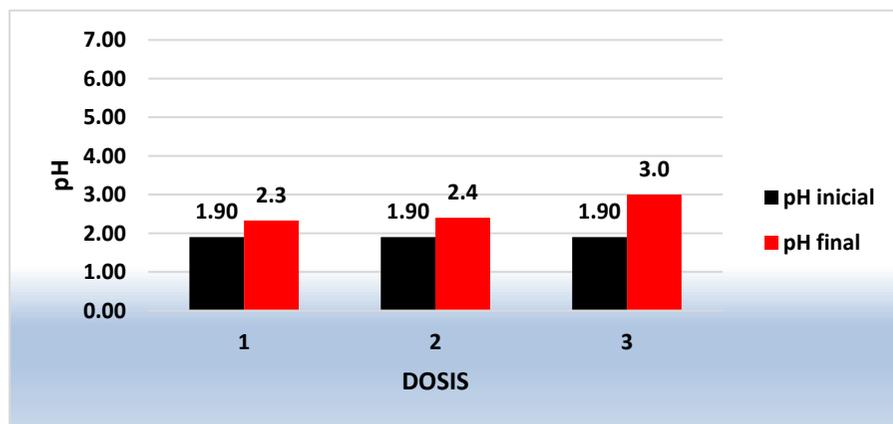
Tabla 8: Resultados del tratamiento alumbre.

RESULTADOS DEL TRATAMIENTO 2

PRODUCTO	DOSIS	alumbre (g)	pH		As (mg/L)		Pb (mg/L)		Cu (mg/L)	
			inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
Alumbre	1	8.00	1.90	2.3	17.05	13.27	0.33	0.18	41.11	4.86
	2	22.00	1.90	2.4	17.05	12.41	0.33	0.31	41.11	4.47
	3	28.00	1.90	3.0	17.05	11.89	0.33	0.33	41.11	4.22

Fuente: Elaboración propia

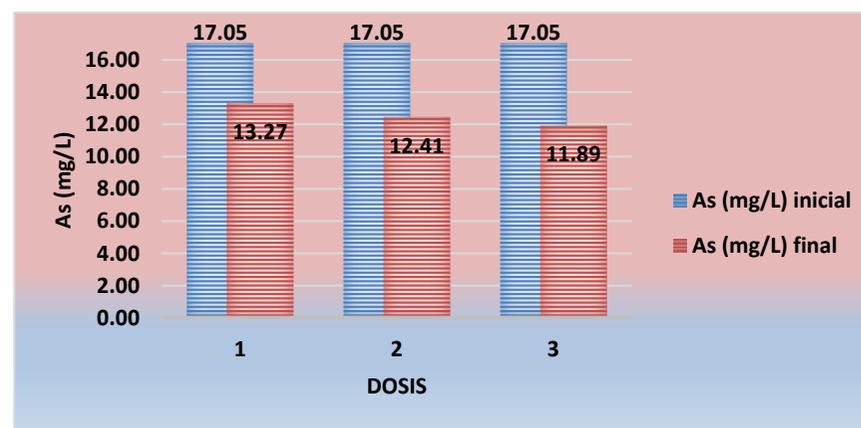
Gráfico 5: Variación del pH en función de las dosis de alumbre



Fuente: elaboración propia, 2018

En el gráfico 5, sobre la variación de pH en función de las dosis de alumbre, se observa que el pH inicial de 1.90 se ha incrementado a 2.3 en la primera dosis de alumbre (8.0 g), 2.4 en la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y 3.0 en la tercera dosis de alumbre (28.0 g)

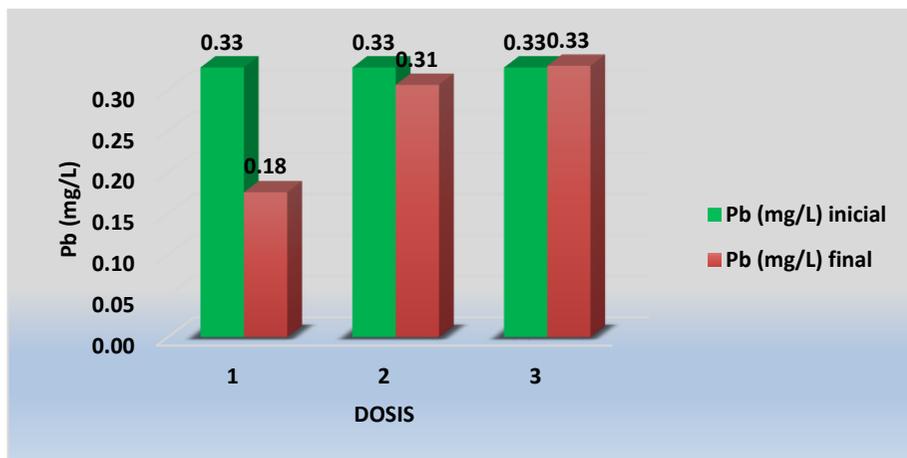
Gráfico 6: Variación del As en función de las dosis de alumbre



Fuente: elaboración propia, 2018

En el gráfico 6, sobre la variación del As en función a las dosis de alumbre, se observa que de As inicial de 17.05 ha disminuido a 13.27 con la primera dosis de alumbre (8.0 g), a 12.41 con la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y a 11.89 con la tercera dosis de alumbre (28.0 g)

Gráfico 7: Variación del Pb en función de las dosis de alumbre

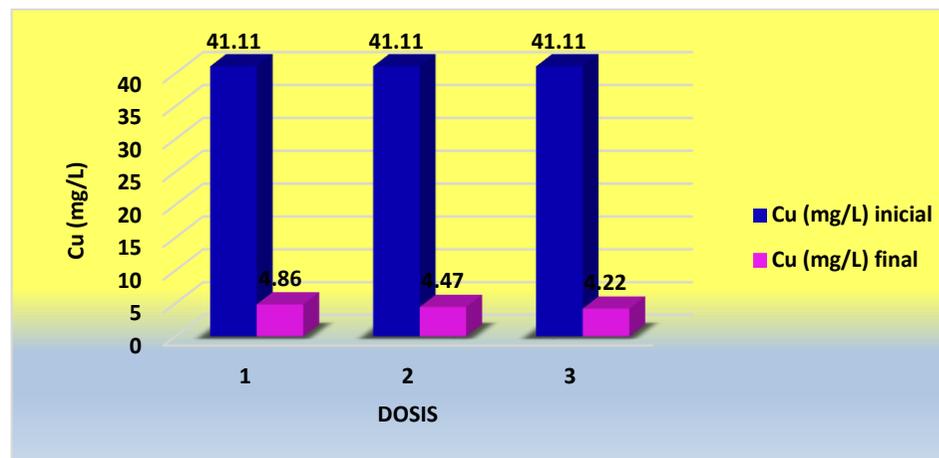


En el gráfico 7, sobre la variación del Pb en función a las dosis de alumbre, se observa que de Pb inicial de 0.33 se ha incrementado a 2.18 con la primera dosis de alumbre (8.0 g), disminuido a 0.31 con la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y ha aumentado a 0.33 con la tercera dosis de alumbre (28.0 g)

Fuente: Elaboración propia, 2018

Gráfico 8: Variación del Cu en función de las dosis de alumbre

En el gráfico 8, sobre la variación del Cu en función a las dosis de alumbre, se observa que de As inicial de 41.11 ha disminuido a 4.86 con la primera dosis de alumbre (8.0 g), a 4.47 con la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y a 4.22 con la tercera dosis de alumbre (28.0 g)



Fuente: Elaboración propia, 2018

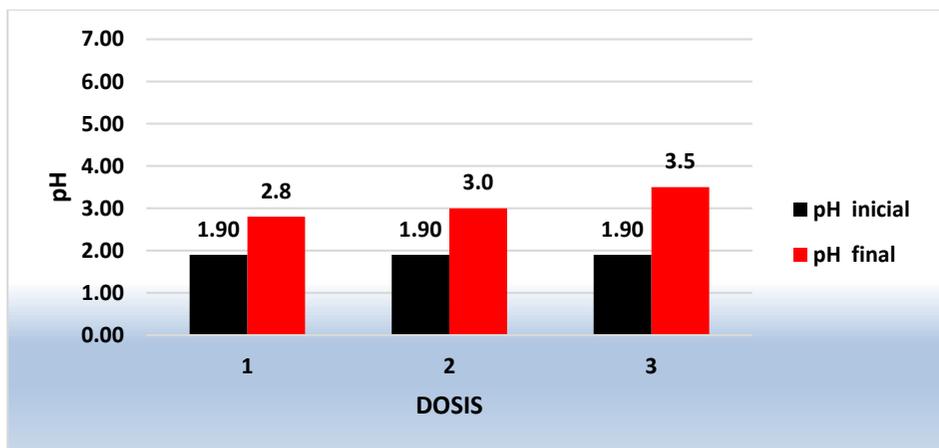
Tabla 9: Resultados del tratamiento con almidón de yuca

RESULTADOS DEL TRATAMIENTO 3

PRODUCTO	DOSIS	almidón (g)	pH		As (mg/L)		Pb (mg/L)		Cu (mg/L)	
			inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
Almidón de yuca	1	2.00	1.90	2.8	17.05	13.84	0.33	0.21	41.11	4.64
	2	8.00	1.90	3.0	17.05	13.00	0.33	0.29	41.11	4.54
	3	22.00	1.90	3.5	17.05	12.76	0.33	0.33	41.11	4.84

Fuente: Elaboración propia

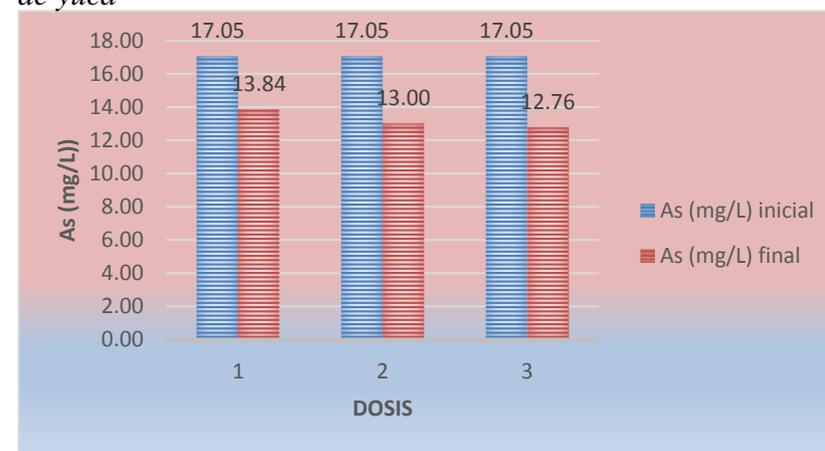
Gráfico 10: Variación del pH en función de las dosis de almidón de yuca



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 9, sobre la variación del pH en función a las dosis de almidón de yuca, se observa que de As inicial de 1.90 ha aumentado a 2.8 con la primera dosis de almidón de yuca (2.0 g), a 3.0 con la segunda dosis de almidón de yuca (8.0 g) y a 3.5 con la tercera dosis de almidón de yuca (22.0 g)

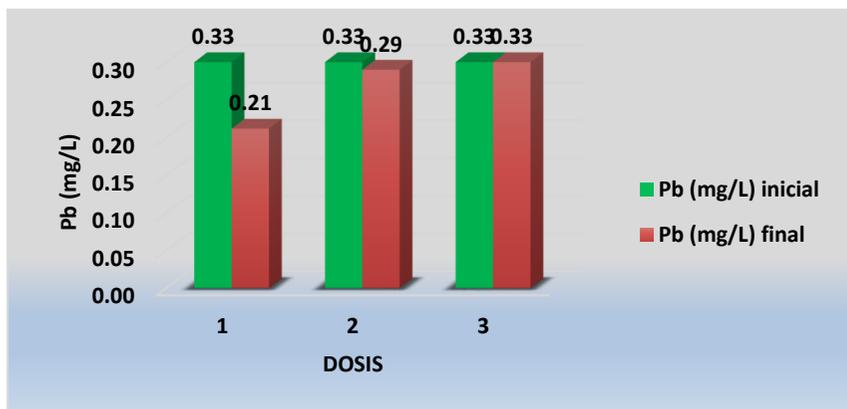
Gráfico 9: Variación del As en función de las dosis de almidón de yuca



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 10, sobre la variación del As en función a las dosis de almidón de yuca, se observa que de As inicial de 17.05 ha disminuido a 13.84 con la primera dosis de almidón de yuca (2.0 g), 13.0 con la segunda dosis de almidón de yuca (8.0 g) y a 12.76 con la tercera dosis de almidón de yuca (22.0 g)

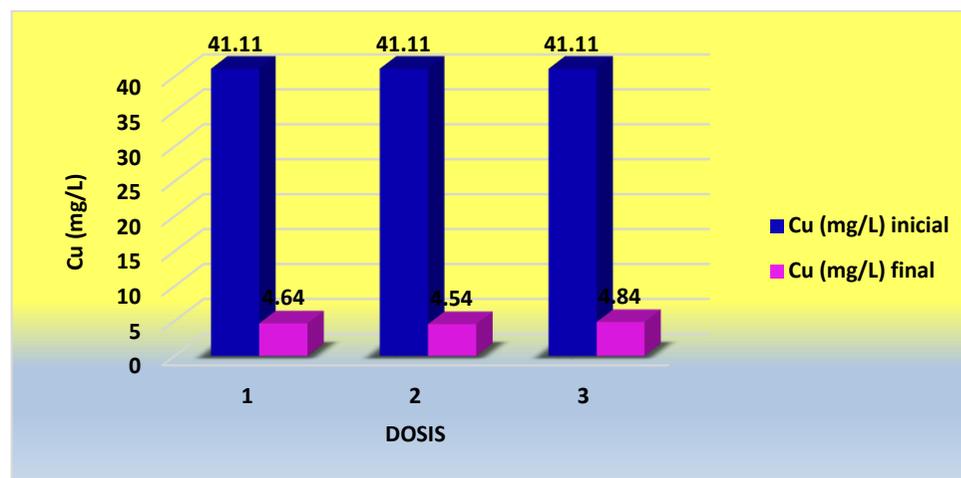
Gráfico 11: Variación del Pb en función de las dosis de almidón de yuca



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 11, sobre la variación del Pb en función a las dosis de almidón de yuca, se observa que de Pb inicial de 0.33 ha disminuido a 0.21 con la primera dosis de almidón de yuca (2.0 g), a 0.29 con la segunda dosis de almidón de yuca (8.0 g) y se mantuvo igual con la tercera dosis de almidón de yuca (22.0 g)

Gráfico 12: Variación del Cu en función de las dosis de almidón de yuca



En el gráfico 12, sobre la variación del Cu en función a las dosis de almidón de yuca, se observa que de Cu inicial de 41.11 ha disminuido a 4.64 con la primera dosis de almidón de yuca (2.0 g), 4.54 con la segunda dosis de almidón yuca (8.0 g) y a 4.84 con la tercera dosis de almidón de yuca (22.0 g)

Fuente: Elaboración propia, 2018

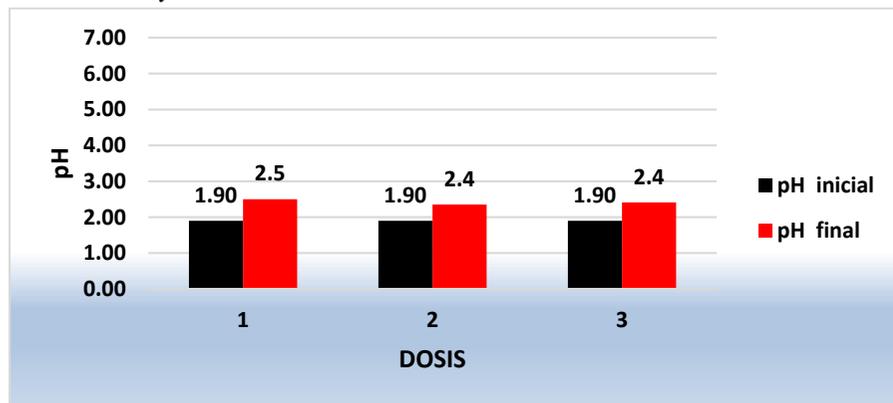
Tabla 10: Resultados del tratamiento con alumbre y almidón de yuca

RESULTADOS DEL TRATAMIENTO 4

PRODUCTO	DOSIS	alumbre (g)	almidón (g)	pH		As (mg/L)		Pb (mg/L)		Cu (mg/L)	
				inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
alumbre + almidón de yuca	1	8.00	22.00	1.90	2.5	17.05	13.53	0.33	0.33	41.11	4.38
	2	22.00	8.00	1.90	2.4	17.05	12.32	0.33	0.32	41.11	4.66
	3	28.00	2.00	1.90	2.4	17.05	12.41	0.33	0.32	41.11	4.56

Fuente: Elaboración propia

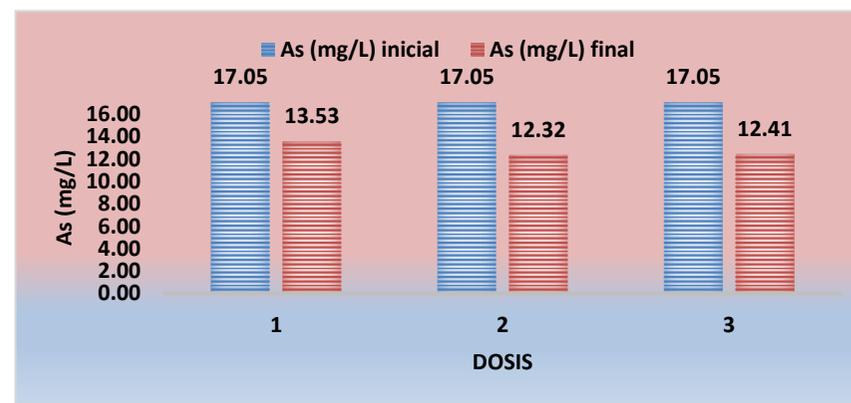
Gráfico 13: Variación del pH en función de las dosis de alumbre y almidón de yuca.



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 13, sobre la variación del pH en función a las dosis de alumbre y almidón de yuca, se observa que de pH inicial de 1.90 ha aumentado a 2.5 con la primera dosis de alumbre (8.0 g) y almidón de yuca (22.0 g), a 2.4 con la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y almidón de yuca (8.0 g) y a 2.4 con la tercera dosis de alumbre (28.0 g) y almidón de yuca (2.0 g)

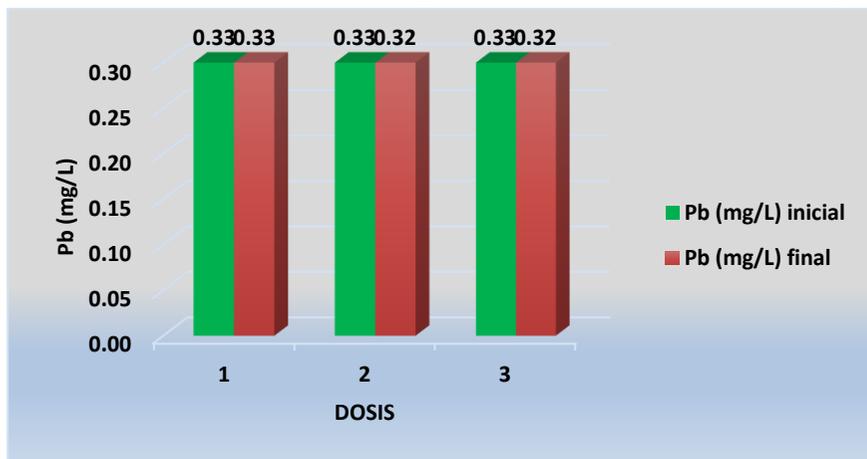
Gráfico 14: variación del as en función de las dosis de alumbre y almidón de yuca



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 14, sobre la variación del As en función a las dosis de alumbre y almidón de yuca, se observa que de As inicial de 17.05 ha disminuido a 13.53 con la primera dosis de alumbre (8.0 g) y almidón de yuca (22.0 g), a 12.32 con la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y almidón de yuca (8.0 g) y a 12.41 con la tercera dosis de alumbre (28.0 g) y almidón de yuca (2.0 g)

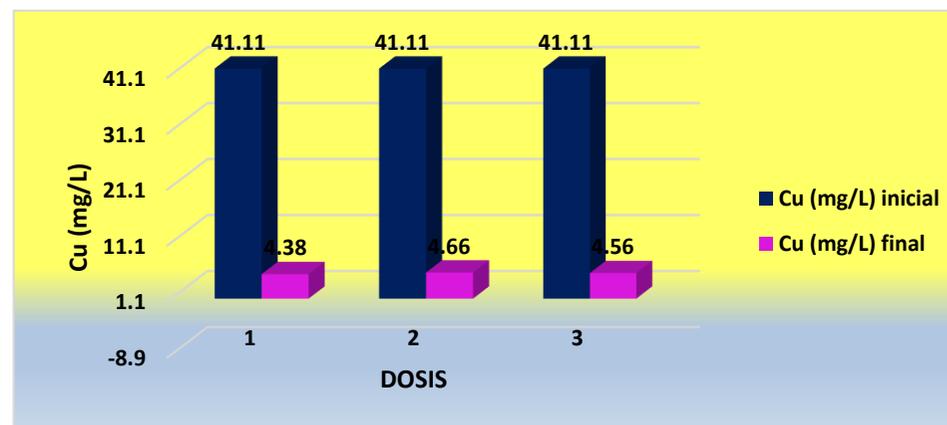
Gráfico 15: Variación del Pb en función de las dosis de alumbre y almidón de yuca



En el gráfico 15, sobre la variación del Pb en función a las dosis de alumbre y almidón de yuca, se observa que de Pb inicial de 0.33 ha mantenido igual con la primera dosis de alumbre (8.0 g) y almidón de yuca (22.0 g), ha disminuido a 0.32 con la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y almidón de yuca (8.0 g) y ha disminuido a 0.32 con la tercera dosis de alumbre (28.0 g) y almidón de yuca (2.0 g)

Fuente: Elaboración propia, 2018

Gráfico 16: Variación del Cu en función de las dosis de alumbre y almidón de yuca



En el gráfico 16, sobre la variación del Cu en función a las dosis de alumbre y almidón de yuca, se observa que de Cu inicial de 41.11 ha disminuido a 4.38 con la primera dosis de alumbre (8.0 g) y almidón de yuca (22.0 g), a 4.66 con la segunda dosis de alumbre (22.0 g) y almidón de yuca (8.0 g) y a 4.56 con la tercera dosis de alumbre (28.0 g) y almidón de yuca (2.0g)

Fuente: Elaboración propia, 2018

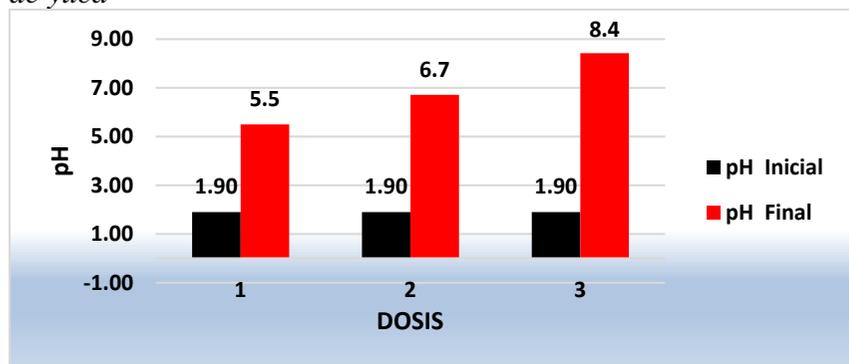
Tabla 11: Resultados del tratamiento con cal y almidón de yuca

RESULTADOS DEL TRATAMIENTO 5

PRODUCTO	dosis	cal (g)	almidón (g)	pH		As (mg/L)		Pb (mg/L)		Cu (mg/L)	
				Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
cal + almidón de yuca	1	0.50	22.00	1.90	5.5	17.05	15.39	0.33	0.27	41.11	0.69
	2	0.75	8.00	1.90	6.7	17.05	13.75	0.33	0.29	41.11	0.10
	3	1.00	2.00	1.90	8.4	17.05	11.58	0.33	0.30	41.11	0.13

Fuente: Elaboración propia

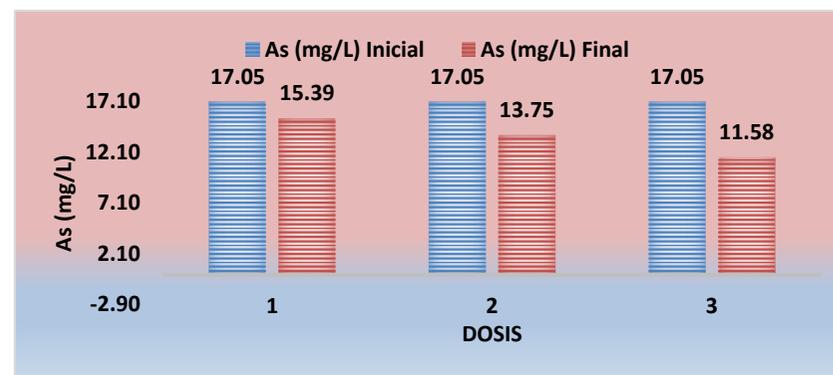
Gráfico 17: Variación del pH en función de las dosis de cal y almidón de yuca



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 17, sobre la variación del pH en función a las dosis de cal y almidón de yuca, se observa que de pH inicial de 1.90 ha aumentado a 5.5 con la primera dosis de cal (0.50 g) y almidón de yuca (22.0 g), a 6.7 con la segunda dosis de (0.75 g) y almidón de yuca (8.0 g) y a 8.4 con la tercera dosis de cal (1.0 g) y almidón de yuca (2.0 g). Con las dosis 2 y 3 se logra obtener resultados dentro de los LMPs

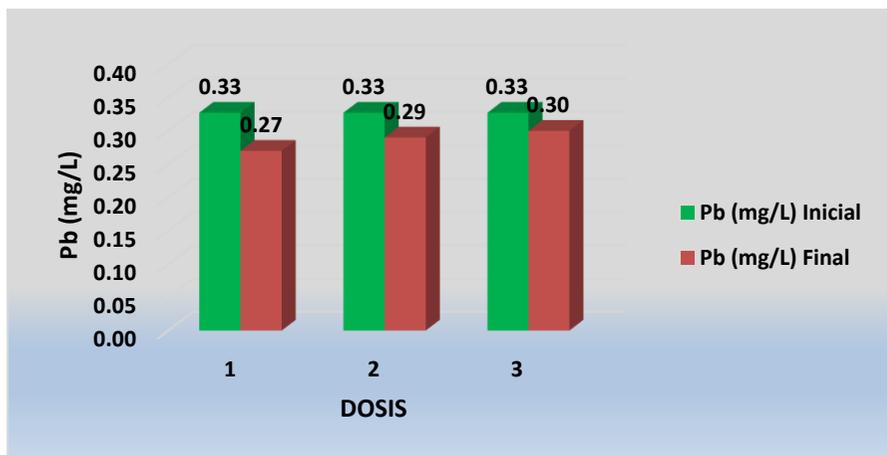
Gráfico 18: Variación del As en función de las dosis de cal y almidón de yuca.



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 18, sobre la variación del As en función a las dosis de cal y almidón de yuca, se observa que de As inicial de 17.05 ha disminuido a 15.39 con la primera dosis de cal (0.50 g) y almidón de yuca (22.0 g), a 13.75 con la segunda dosis de (0.75 g) y almidón de yuca (8.0 g) y a 11.58 con la tercera dosis de cal (1.0 g) y almidón de yuca (2.0 g)

Gráfico 19: Variación del Pb en función de las dosis de cal y almidón de yuca

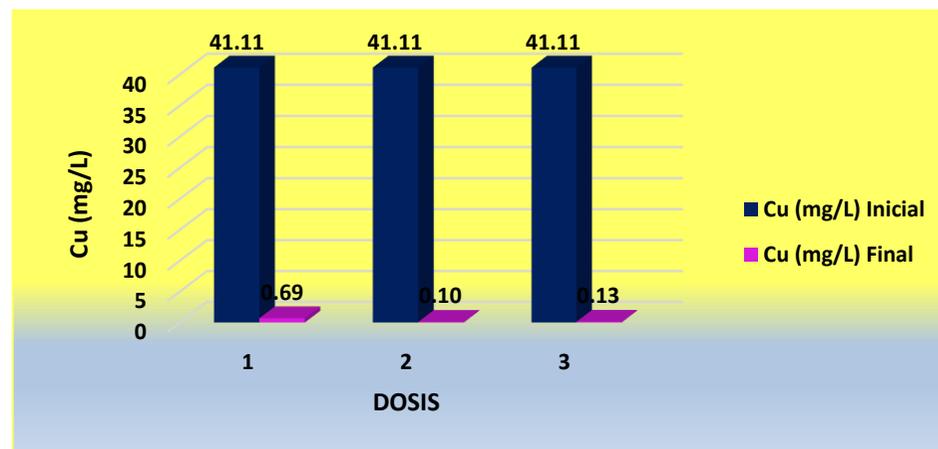


En el gráfico 19, sobre la variación del Pb en función a las dosis de cal y almidón de yuca, se observa que de Pb inicial de 0.33 ha disminuido a 0.27 con la primera dosis de cal (0.50 g) y almidón de yuca (22.0 g), disminuyó a 0.29 con la segunda dosis de cal (0.75 g) y almidón de yuca (8.0 g) y disminuyó a 0.30 con la tercera dosis de cal (1.0 g) y almidón de yuca (2.0 g)

Fuente: Elaboración propia, 2018

Gráfico 20: Variación del Cu en función de las dosis de cal y almidón de yuca

En el gráfico 20, sobre la variación del Cu en función a las dosis de cal y almidón de yuca, se observa que de Cu inicial de 41.11 ha disminuido a 0.69 con la primera dosis de cal (0.50 g) y almidón de yuca (22.0 g), a 0.10 con la segunda dosis de (0.75 g) y almidón de yuca (8.0 g) y a 0.13 con la tercera dosis de cal (1.0 g) y almidón de yuca (2.0 g). Llegando a los LMPs con las dosis 2 y 3.



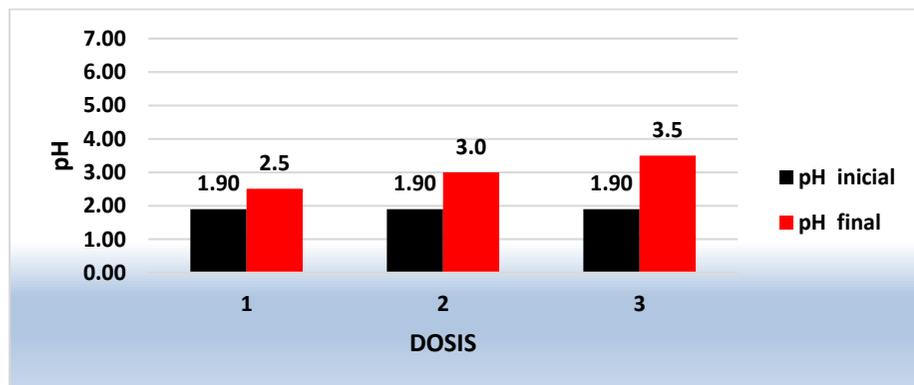
Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 12: Resultados del tratamiento con cal y alumbre

RESULTADOS DEL TRATAMIENTO 6

PRODUCTO	dosis	cal (g)	alumbre (g)	pH		As (mg/L)		Pb (mg/L)		Cu (mg/L)	
				inicial	final	Inicial	Final	inicial	final	inicial	final
cal + alumbre	1	0.50	22.00	1.90	2.5	17.05	13.24	0.33	0.33	41.11	4.67
	2	0.75	28.00	1.90	3.0	17.05	13.48	0.33	1.32	41.11	4.31
	3	1.00	8.00	8.00	1.90	3.5	17.05	12.04	0.33	0.31	41.11

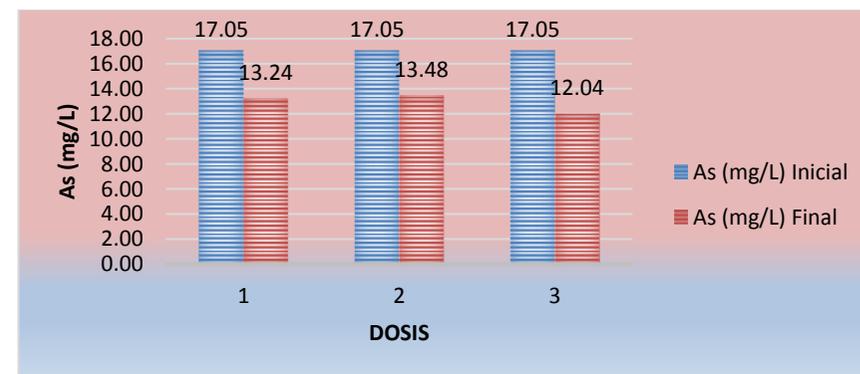
Gráfico 21: Variación del Cu en función de las dosis de cal y alumbre



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 21, sobre la variación del pH en función a las dosis de cal y alumbre, se observa que de pH inicial de 1.90 ha aumentado a 2.5 con la primera dosis de cal (0.50 g) y alumbre (22.0 g), a 3.0 con la segunda dosis de (0.75 g) y alumbre (28.0 g) y a 3.5 con la tercera dosis de cal (1.0 g) y alumbre (8.0 g)

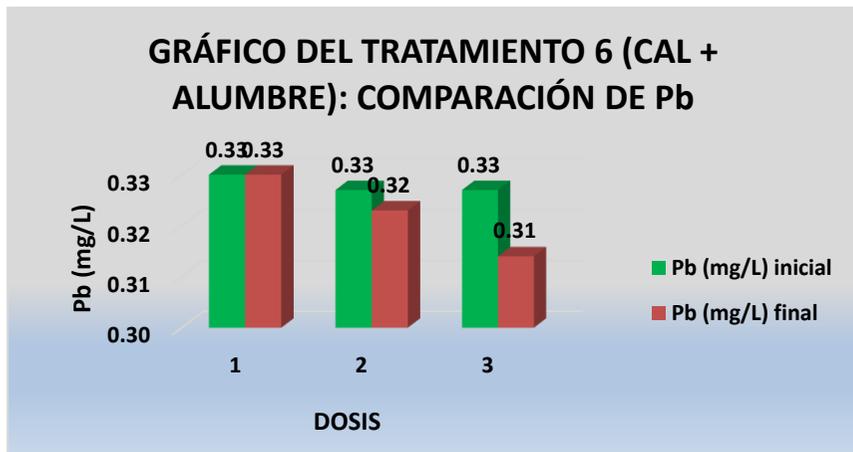
Gráfico 22: Variación del As en función de las dosis de cal y alumbre



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 22, sobre la variación del As en función a las dosis de cal y alumbre, se observa que de As inicial de 17.05 ha disminuido a 13.24 con la primera dosis de cal (0.50 g) y alumbre (22.0 g), a 13.48 con la segunda dosis de (0.75 g) y alumbre (28.0 g) y a 12.04 con la tercera dosis de cal (1.0 g) y alumbre (8.0 g)

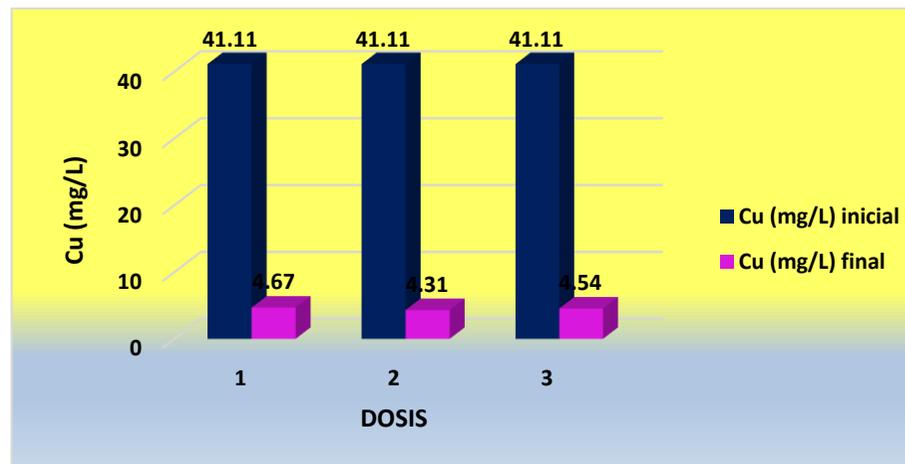
Gráfico 23: Variación del Pb en función de las dosis de cal y alumbre



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 24, sobre la variación del Cu en función a las dosis de cal y alumbre, se observa que de Cu inicial de 41.11 ha disminuido a 4.67 con la primera dosis de cal (0.50 g) y alumbre (22.0 g), a 4.31 con la segunda dosis de (0.75 g) y alumbre (28.0 g) y a 4.54 con la tercera dosis de cal (1.0 g) y alumbre (8.0 g)

Gráfico 24: Variación del Cu en función de las dosis de cal y alumbre



Fuente: Elaboración propia, 2018

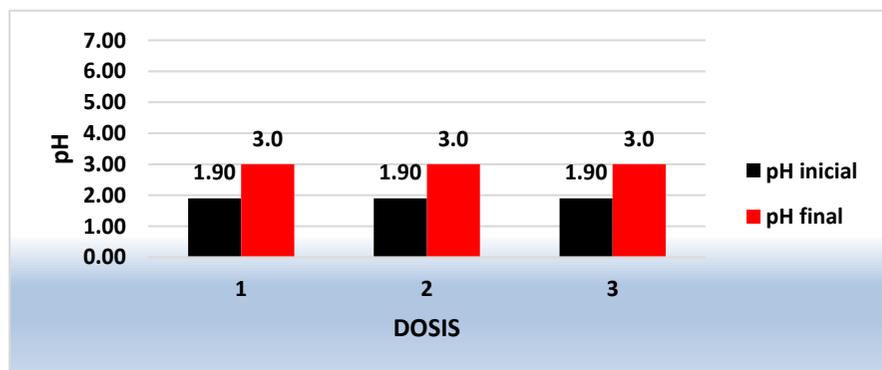
Tabla 13: Resultados del tratamiento con cal, alumbre y almidón de yuca

RESULTADOS DEL TRATAMIENTO 7

PRODUCTO	DOSIS	CAL (g)	ALUMBRE (g)	ALMIDÓN (g)	pH		As (mg/L)		Pb (mg/L)		Cu (mg/L)	
					inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
cal + alumbre + almidón de yuca	1	0.50	22.00	8.00	1.90	3.00	17.05	12.11	0.33	0.31	41.11	4.47
	2	0.75	8.00	22.00	1.90	3.00	17.05	12.15	0.33	0.31	41.11	4.47
	3	1.00	28.00	2.00	1.90	3.00	17.05	14.13	0.33	0.30	41.11	4.35

Fuente: Elaboración propia, 2018

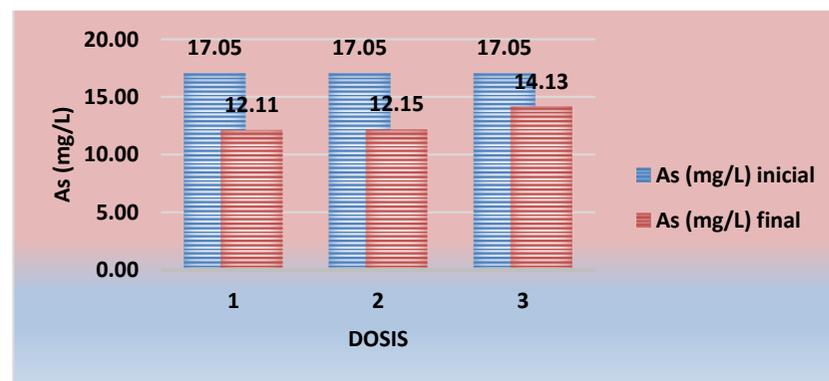
Gráfico 25: Variación del pH en función de las dosis de cal, Alumbre y almidón de yuca



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 25, sobre la variación del pH en función a las dosis de cal, alumbre y almidón de yuca, se observa que de pH inicial de 1.90 ha aumentado a 3.0 con la primera dosis (0.50 g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); a 3.0 con la segunda dosis (0.50 g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); y a 3.00 con la tercera dosis (0.50 g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca)

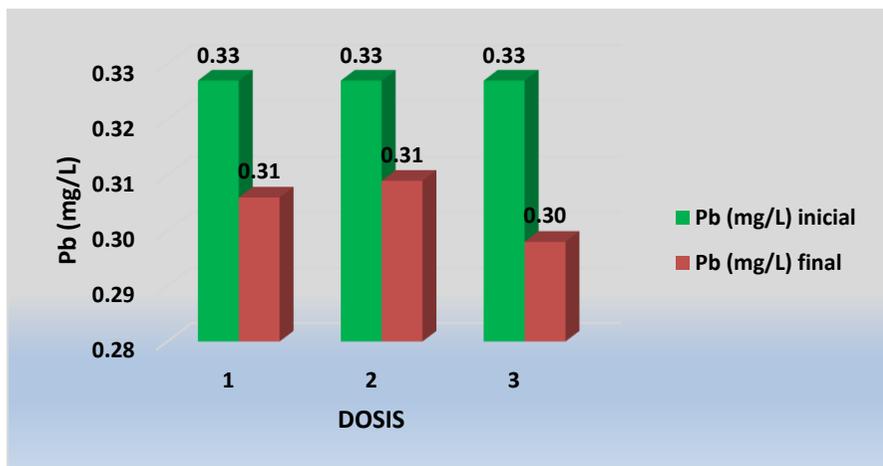
Gráfico 26: Variación del Cu en función de las dosis de cal, alumbre y almidón de yuca



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el gráfico 26, sobre la variación del As en función a las dosis de cal, alumbre y almidón de yuca, se observa que de As inicial de 17.05 ha disminuido a 12.11 con la primera dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); a 12.15 con la segunda dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); y a 14.13 con la tercera dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0g almidón de yuca)

Gráfico 27: Variación del Cu en función de las dosis de cal, alumbre y almidón de yuca

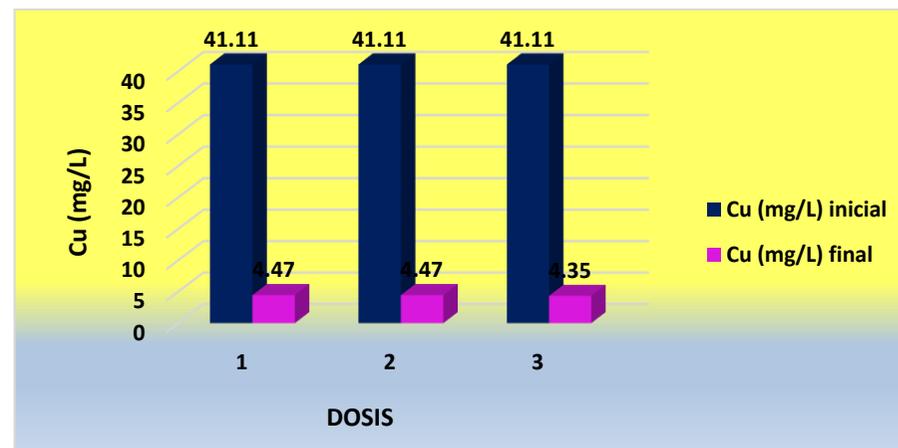


En el gráfico 27, sobre la variación del Pb en función a las dosis de cal, alumbre y almidón de yuca, se observa que de Pb inicial de 0.33 ha disminuido a 0.31 con la primera dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); a 0.31 con la segunda dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); y a 0.30 con la tercera dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0g almidón de yuca)

Fuente: Elaboración propia, 2018

Gráfico 28: Variación del Cu en función de las dosis de cal, alumbre y almidón de yuca

En el gráfico 28, sobre la variación del Cu en función a las dosis de cal, alumbre y almidón, se observa que de Cu inicial de 41.11 ha disminuido a 4.47 con la primera dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); a 4.47 con la segunda dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0 g almidón de yuca); y a 4.35 con la tercera dosis (0.50g cal, 22.0 g alumbre y 8.0g almidón de yuca)



Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 14: Costos del tratamiento con cal

*costos del tratamiento con CAL*

	Costo por kilo (S/.)	Dosis (g)	Costo por dosis (S/.)	Costo Total (S/.)
<b>TRATAMIENTO 1</b>		0.50	0.004	
	7.00	0.75	0.005	0.016
		1.00	0.007	

Tabla 15: Costos del tratamiento con alumbre

*costos del tratamiento con ALUMBRE*

	Costo por kilo (S/.)	Dosis (g)	Costo Total (S/.)	Costo Total (S/.)
<b>TRATAMIENTO 2</b>		8	0.088	
	11.00	22	0.242	0.638
		28	0.308	

Tabla 16: Costos del tratamiento con almidón de yuca

*costos del tratamiento con ALMIDÓN DE YUCA*

	Costo por kilo (S/.)	Dosis (g)	Costo por dosis (S/.)	Costo Total (S/.)
<b>TRATAMIENTO 3</b>		2	0.024	
	12.00	8	0.096	0.384
		22	0.264	

Tabla 17: Costos del tratamiento con alumbre + almidón de yuca

*costos del tratamiento con ALUMBRE + ALMIDÓN DE YUCA*

	Costo por kilo de alumbre (S/.)	Costo por kilo de almidón de yuca (S/.)	Dosis (g)		Costo por dosis (S/.)	Costo Total (S/.)
			Alumbre	Almidón de yuca		
<b>TRATAMIENTO 4</b>	11.00	10.00	8	22	0.308	
			22	8	0.322	0.958
			28	2	0.328	

Tabla 18: Costos del tratamiento con cal+ almidón de yuca.

<b>COSTOS DEL TRATAMIENTO CON CAL+ ALMIDÓN DE YUCA</b>						
TRATAMIENTO 5	Costo por kilo de Cal (S/.)	Costo por kilo de almidón de yuca (S/.)	Dosis (g)		Costo por dosis (S/.)	Costo Total (S/.)
			Cal	Almidón de yuca		
	7.00	10.00	0.5	22	0.224	0.336
			0.75	8	0.085	
			1	2	0.027	

Tabla 19: Costos del tratamiento con cal + alumbre

<i>costos del tratamiento con CAL + ALUMBRE</i>						
TRATAMIENTO 6	Costo por kilo de Cal (S/.)	Costo por kilo de Alumbre (S/.)	Dosis (g)		Costo por dosis (S/.)	Costo Total (S/.)
			Cal	Alumbre		
	7.00	11.00	0.5	22	0.246	0.654
			0.75	28	0.313	
			1	8	0.095	

Tabla 20: Costos del tratamiento con cal+ alumbre + almidón de yuca

<b>COSTOS DEL TRATAMIENTO CON CAL+ ALUMBRE + ALMIDÓN DE YUCA</b>								
TRATAMIENTO 7	Costo por kilo de Cal (S/.)	Costo por kilo de alumbre (S/.)	Costo por kilo de almidón yuca (S/.)	Dosis (g)			Costo por dosis (S/.)	Costo Total (S/.)
				Cal	Alumbre	Almidón de yuca		
	7.00	11.00	10.00	0.5	22	8	0.326	0.854
				0.75	8	22	0.193	
				1	28	2	0.335	

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Según los resultados obtenidos con cada producto utilizado para el tratamiento del drenaje ácido de la bocamina Prosperidad, hubo una variación en los niveles de pH y concentración de los metales pesados (Arsénico, Plomo y Cobre) contenidos en el agua; dicha variación se debe a la coagulación-floculación y precipitación de las partículas en suspensión.

Los resultados muestran que los productos más óptimos para el aumento de pH y variación de los metales pesados (As, Pb, Cu) y partículas en suspensión son los tratamientos con cal y cal + almidón de yuca, puesto que con la 2° y 3° dosis de los productos se logra obtener parámetros dentro de los LMPs establecidos. Esto confirma las investigaciones realizadas por Huiza M. y Orellana W (2015) y Jiménez C. (2017), ellos afirman que mediante un tratamiento con cal se logra un aumento de pH y variación de metales de As a un 24%, Pb a un 60% y Cu a un 98%.

## 4.2 Conclusiones

- Los productos más óptimos como coagulante-floculante para el aumento del pH, reducción de partículas en suspensión y metales pesados del drenaje ácido de la Bocamina Prosperidad es el tratamiento con cal y el tratamiento con cal + almidón. Además utilizando estos productos económicamente viable.
- Los resultados dentro de los LMPs son: tratamiento 1, donde se obtuvo un aumento de pH de 1.90 a de 6.7 y reducción de los metales (As: 17.05 a 12.91, Pb: 0.33 a 0.1, Cu: 41.11 a 0.06) y en el tratamiento 5, se obtuvo un pH 1.90 a 6.7 (As: 17.05 a 13.75, Pb: 0.33 a 0.29, Cu: 41.11 a 0.10).
- La concentración de los productos más óptimos como coagulante-floculante para el aumento del pH, y reducción de las partículas en suspensión y metales pesados del drenaje ácido de bocamina Prosperidad son: tratamiento 1 (cal 0.75 g) y tratamiento 5 (0.75 de cal + 8.0 g almidón de yuca).
- En el tratamiento 1 con cal (0.75 g) se hizo un gasto de S/. 0.005/L y en el tratamiento 5 con cal (0.75 g) + almidón de yuca (8.0 g) se hizo un gasto de S/. 0.085/L. En donde el tratamiento más económico es el tratamiento 1.

## REFERENCIAS

- Aduvire O. (2006). Drenaje ácido de mina: generación y tratamiento. Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de [http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/258/113258\\_0000001.PDF](http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/258/113258_0000001.PDF)
- Andia Y. (2000). Tratamiento de agua: Coagulación y floculación. Lima-sedapal, (Pág. 6- 34).
- Aparicio M. (2003). *Caracterización fisicoquímica de los almidones nativos y modificados de Yuca (Manihot esculenta Crantz), camote (Ipomeae batata Lam) y plátano valery (Musa cavendish)*. Tesis Doctoral. (p. 119). Universidad Veracruzana. México: Veracruz.
- Barrenechea A. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Capítulo 4 coagulación (Pag.174-176, 196-198). Perú: Lima.
- Degremont. (1991). Water Treatment Handbook 6ª edición (vol.1). Francia.
- Hernández, Fernández y Baptista. (2010). Metodología de la investigación. Ed Mc Graw hill. (pág. 58)
- Huamán C, Miranda I, Muñoz O, Rudas P & Soto J. (2016). *Sistema de Wetland en Serpentin para el Tratamiento de Aguas Ácidas*. Perú: Cajamarca. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/335472330/ALMIDONES-NATURALES-COMO-COAGULANTES-FLOCULANTES-EN-EL-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-DE-ESCORRENTIA-DE-MINA>
- Huiza M. y Orrellana W. (2015), “Remoción de etales del drenaje ácido de mina mediante lecho pulsado de caliza del Pasivo Ambiental Minero Apu Campanayoc I Huancavelica”, Perú: Huancayo

- González Y. (2008). Utilización de floculantes en el tratamiento de los residuales lácteos. (Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de ingeniería química, universidad de Oriente). Cuba: Santiago de Cuba. Recuperado de <http://www.cervantesvirtual.com/downloadPdf/coagulantes-floculantes-organicos-e-inorganicos-elaborados-de-plantas-y-del-reciclaje-de-la-chatarra-para-el-tratamiento-de-aguas-contaminadas/>
- Gontard N., Guilbert, S., Cuq, J.L. (1992). Edible wheat gluten films: influence of the main processes variables on films properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*. (v.57, n.1, p. 190-196)
- Jara G, (2016), Geología y Reservas de la Compañía minera San Nicolás, Perú: Cajamarca.
- Jiménez C, (2017), Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno. Perú: Lima. Recuperado de [http://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/856/Cynthia\\_tesis\\_bachiller\\_2016.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/856/Cynthia_tesis_bachiller_2016.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Letterman R & Villegas R. (1976). Optimizing Flocculator Power Input. American Society of Civil Engineers. *Journal of the environmental Engineering Division*.
- López E, Aduvire O & Baretino D, (2002). Tratamientos de pasivos de drenajes de mina: estado actual y perspectiva del futuro. Instituto Geológico y Minero de España.
- Metcalf E. (1979). Inc. Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse 2nd ed. McGraw-Hill International Editions. United State: New York.
- Méndez A. (2010). Evaluación de la extracción de almidón del Banano verde (*Musa sapientum*, variedad gran enano) Producto de Desecho de las Industrias Bananeras y

Evaluación de su función como excipiente en la Formulación de Comprimidos (Proyecto Fodecyt 059-2009, Informe Final). Guatemala.

- Minera Yanacocha S.R.L. (2010). Actualización del Plan de Cierre de Minas para las Instalaciones de Minera Yanacocha. Cajamarca. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/325106186/yanacocha-rtf>
- Morales M, (1993), Drenaje Ácido de la Minería: Minería y Contaminación De Agua, revista la Columbia Británica, Canadá
- Murillo. (2008). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación.(vol. 33, núm. 1, pág. 155-165). Costa Rica.
- Nieto C & Orellana V. (2011). Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante. (Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales: Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca). (pág. 1-132). Recuperado de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/1303/1359>
- Shahriari T, Bidhendi N, & Shariari S. (2012). Evaluating the efficiency of plantago ovata and starch in water turbidity removal. Int. J. Environ. Res, 6: 259-264.
- Shogren R. (2009). Flocculation of kaolin by waxy maize starch phosphates, Carbohydrate Polymers. (Cap. 76. pág. 639–644).
- Solís R. (2009). Coagulación de aguas superficiales mediante el uso de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz), mezclado con coagulantes convencionales (Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco). México: Villahermosa. Recuperado de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/1303/1359>

- Solis R, Laines J & Hernández J. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Revista Internacional de la Contaminación Ambiental*. (vol. 28, no. 3, p. 229-236) México. recuperado de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/32535/30332>
- Vargas L, (2015), Generación de Drenaje Ácido de Mina.

## ANEXOS

### *Anexo 1: Obtención de almidón de yuca*



*Figura 1: Selección de yuca*



*Figura 2: Yuca pelada*



*Figura 3: Yuca rallada*



*Figura 4: Separación de la pulpa con el filtro.*



*Figura 5: Almidón de yuca*

Anexo 2: Operacionalización de las variables

<b>VARIABLE</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Dosificación de productos.</b>	Independiente	Administración de dosis individuales de un producto como parte de un régimen de tratamientos, expresado generalmente como cantidad por unidad de tiempo.	Almidón de yuca (kg)	g/L
			Alumbre (kg)	g/L
			Cal (kg)	g/L
<b>VARIABLE</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Drenaje ácido</b>	Dependiente	El flujo saliente de agua ácida de las minas metalíferas. Después de ser expuestas al aire y al agua, la oxidación de los metales sulfurosos (usualmente pirita, que es un sulfuro de hierro) dentro de las rocas que lo rodean y el desmonte, generan acidez.	pH	Unidades de pH
			Concentración de metales (Cu, As, Pb)	mg/L
<b>Costos de tratamiento.</b>	Dependiente	Es el gasto económico que representa la aplicación del tratamiento de drenaje ácido de mina.	Costo por tratamiento (nuevos soles por litro de agua tratada)	S/L

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 3: Cronograma y matriz de consistencia.

**CRONOGRAMA DE PROYECTO DE TESIS**

ACTIVIDADES	MESES																
	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				
	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	
REDACCIÓN DEL TITULO	█	█															
ELEMENTOS DE PROYECTO	█	█	█														
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		█	█	█													
JUSTIFICACIÓN			█	█	█												
PRESENTACIÓN DE AVANCE			█	█													
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
ELABORACIÓN DE MARCO TEÓRICO									█	█	█	█					
ANTECEDENTES	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
HIPÓTESIS									█	█	█	█					
VARIABLES											█	█					
MATERIALES Y MÉTODOS											█	█					
APLICACIÓN DE LA TESIS													█	█	█	█	
RECOLECCIÓN DE DATOS															█	█	
PROCESAMIENTO DE DATOS															█	█	
ANÁLISIS DE DATOS															█	█	
PRESENTACIÓN DE AVANCE															█	█	
PRESENTACIÓN FINAL DE TESIS																█	
PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN FINAL DE TESIS																█	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo 4: Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	INSTRUMENTO	ESTADÍSTICA
<p>¿Qué producto es el más óptimo para la el aumento del pH, reducción de partículas en suspensión y metales pesados en el tratamiento de drenaje ácido de la Bocamina Prosperidad de la empresa San Nicolás, Hualgayoc - 2018?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar cuál de los productos es el más óptimo como coagulante-floculante para el aumento del pH, reducción partículas en suspensión y metales pesados del drenaje ácido de Bocamina Prosperidad, así mismo cuantificar su viabilidad económica.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar una caracterización fisicoquímica antes y despues del tratamiento del drenaje ácido.</li> <li>Determinar la concentración del producto más óptimo, como coagulante-floculante para la reducción del pH, partículas en suspensión y metales pesados del drenaje ácido.</li> <li>Determinar el costo de tratamiento del drenaje ácido con la dosis más óptima del producto seleccionado.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El producto más óptimo para el tratamiento del drenaje ácido del pasivo ambiental “Bocamina Prosperidad” es el compuesto por almidón de yuca, alumbre y cal, asimismo su costo de tratamiento es de 0.50 \$/L</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La caracterización físico-química antes del tratamiento tiene bastante variación con la realizada después del tratamiento.</li> <li>La concentración del producto más óptimo fue de 0.75 g/l correspondiente a la cal.</li> <li>Con la dosis óptima de cal el costo de tratamiento es aproximadamente de 0.50 s/m<sup>3</sup> de agua tratada.</li> </ul>	<p><b>Dependiente:</b></p> <p>Tratamiento del drenaje ácido</p> <p>Costos de tratamiento.</p> <p><b>Independiente:</b></p> <p>Dosificación de productos.</p>	<p><b>Muestra:</b></p> <p>22 litros de drenaje ácido de la Bocamina Prosperidad</p> <p><b>Población:</b></p> <p>Drenaje ácido de la Bocamina Prosperidad</p>	<p><b>Método:</b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>Pre Experimental</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de observación</li> <li>Ficha de experimentación</li> </ul>	<p>Medidas de tendencia central y variabilidad estadística</p>

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 6: Vista centro poblado El Tingo



Figura 7: Entrada a la bocamina



*Figura 8: Bocamina Prosperidad*

*Anexo 5: Tratamientos con diferentes productos*



Figura 9: Tratamiento con cal



Figura 10: Tratamiento con alumbre



Figura 11: Tratamiento con almidón de yuca



Figura 12: Tratamiento con cal y almidón de yuca



*Figura 13: Tratamiento con almidón de yuca y alumbre*



*Figura 14: Sedimentación de partículas en suspensión y metales pesados*

Anexo 6: Análisis Físicoquímico de la muestra inicial (muestra en blanco)



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0518251**

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	Bocamina		-	-	-	-	-	
Código Laboratorio	0518251-04		-	-	-	-	-	
Matriz de Agua	RESIDUAL		-	-	-	-	-	
Descripción	Industrial		-	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	Interior mina N:9233180 E:761142		-	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM	-	-	-	-	
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	59.36	-	-	-	-	
Arsénico (As)	mg/L	0.005	17.045	-	-	-	-	
Boro (B)	mg/L	0.022	<LCM	-	-	-	-	
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.018	-	-	-	-	
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	208.1	-	-	-	-	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.635	-	-	-	-	
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.028	-	-	-	-	
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.057	-	-	-	-	
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	41.11	-	-	-	-	
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	763.1	-	-	-	-	
Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	
Potasio (K)	mg/L	0.0050	2.667	-	-	-	-	
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.156	-	-	-	-	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	51.09	-	-	-	-	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	97.59	-	-	-	-	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	
Sodio (Na)	mg/L	0.021	3.035	-	-	-	-	
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	0.197	-	-	-	-	
Fósforo (P)	mg/L	0.024	1.573	-	-	-	-	
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.327	-	-	-	-	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	0.156	-	-	-	-	
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	-	-	-	-	
Silicio (Si)	mg/L	0.104	12.71	-	-	-	-	
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM	-	-	-	-	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	1.313	-	-	-	-	
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	
Talio (Tl)	mg/L	0.004	1.449	-	-	-	-	
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.494	-	-	-	-	
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	89.52	-	-	-	-	



Cajamarca, 17 de Mayo de 2018.

Página: 3 de 5

Anexo 7: Resultados de los tratamientos con cada producto utilizado



**LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO**  
Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos

**INFORME DE ENSAYE N° 161018-0005**

**CLIENTE** : AGUA  
**PRODUCTO** : Análisis de Cobre, Plomo, Arsénico y determinación de pH en muestras de agua de bocamina  
**ASUNTO** : ICP - OES  
**MÉTODO ANALÍTICO** : ICP - OES  
**CANTIDAD DE MUESTRAS** : 21  
**PROCEDENCIA** : BOCAMINA PROSPERIDAD DE LA EMPRESA SAN NICOLÁS, HUALGAYOC - CAJAMARCA  
**FECHA DE RECEPCION** : 11/10/2018  
**FECHA DE ENTREGA** : 17/10/2018

CÓDIGO MUESTRA	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	As (mg/L)	pH
Muestra 01	0.634	0.323	13.41	4.2
Muestra 02	0.064	0.112	12.91	6.7
Muestra 03	0.090	0.140	12.76	8.2
Muestra 04	4.86	0.176	13.27	2.3
Muestra 05	4.468	0.306	12.41	2.4
Muestra 06	4.224	0.329	11.89	3.0
Muestra 07	4.644	0.212	13.84	2.8
Muestra 08	4.538	0.293	13.00	3.0
Muestra 09	4.836	0.330	12.76	3.5
Muestra 10	4.376	0.332	13.53	2.5
Muestra 11	4.662	0.322	12.32	2.4
Muestra 12	4.556	0.318	12.41	2.4
Muestra 13	0.688	0.273	15.39	5.5
Muestra 14	0.104	0.294	13.75	6.7
Muestra 15	0.136	0.301	11.58	8.4
Muestra 16	4.674	0.326	13.24	2.5
Muestra 17	4.306	0.323	13.48	3.0
Muestra 18	4.538	0.314	12.04	3.5
Muestra 19	4.468	0.306	12.11	3.0
Muestra 20	4.468	0.309	12.15	3.0
Muestra 21	4.348	0.298	14.3	3.0

Trujillo, 17 de Octubre de 2018



JUAN ANTONIO DELGADO CORDOVA  
INGENIERO QUÍMICO  
R.E. C.I.E.S. N° 108270

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo refleja los hallazgos del cliente, solo al momento de intervención y dentro de los límites de las instrucciones del cliente, cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo de la ley.

Mz. D Lote 04- Urb. Monserrate

Celular RPC 991739253 - 977749591

Polimetals.lab.informes@gmail.com

Trujillo - Perú