



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Unidad de Posgrado

Adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero mediante el uso del carbón activado “Huingo”

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería de
Minas con Mención en Gestión Minera y Ambiental

AUTOR

Lely Fabiola SUYÓN VEGA

ASESOR

Dr. Jorge Enrique SOTO YEN

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Suyón, L. (2024). *Adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero mediante el uso del carbón activado “Huingo”*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Lely Fabiola Suyón Vega
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72539462
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-1237-7940
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Enrique Soto Yen
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	03493146
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9171-6594
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Giuliana Patricia Becerra Celis
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40745335
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Karina Lizeth Lozada Castillo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40438343
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Ernesto Osvaldo Aduvire Pataca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	00505273
Datos de investigación	

Línea de investigación	Gestión ambiental en operaciones y proyectos mineros
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Minera: País: Perú Departamento: Cajamarca Provincia: Cajamarca Distrito: Cajamarca Jirón: Arrodide de Loyola Este: 0740402 Norte: 9204668
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019 - 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería ambiental: http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Minería, Procesamiento de minerales: http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.05



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los veintinueve días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, siendo las nueve horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000443-2024-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 25 de noviembre del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«ADSORCIÓN DE ARSÉNICO Y PLOMO EN EL EFLUENTE DEL RESIDUO MINERO MEDIANTE EL USO DEL CARBÓN ACTIVADO "HUINGO"»

Presentado por la Bach. **LELY FABIOLA SUYÓN VEGA**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **INGENIERÍA DE MINAS** con mención en **GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 05969/FIGMMG/2019 de fecha 11 de julio del 2019, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

BUENO (15)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **INGENIERÍA DE MINAS** con mención en **GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL** a la Bach. **LELY FABIOLA SUYÓN VEGA**.

Siendo las 10:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

DRA. GIULIANA PATRICIA BECERRA CELIS
Presidente

DR. ERNESTO OSVALDO ADUVIRE PATACA
Secretario

MG. KARINA LIZETH UOZADA CASTILLO
Miembro

DR. JORGE ENRIQUE SOTO YEN
Asesor



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo DR. JORGE ENRIQUE SOTO YEN en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N° 000250-2021-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «**ADSORCIÓN DE ARSÉNICO Y PLOMO EN EL EFLUENTE DEL RESIDUO MINERO MEDIANTE EL USO DEL CARBÓN ACTIVADO "HUINGO"**», presentado por la BACHILLER LELY FABIOLA SUYÓN VEGA para optar el Grado Académico MAGISTER EN INGENIERÍA DE MINAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **19 %** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Lima, 10 de Setiembre de 2024

Firma del Asesor:

Nombres y apellidos del asesor:

DNI:

JORGE ENRIQUE SOTO YEN

03493146

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	8
INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Situación Problemática	8
1.2. Formulación del Problema	10
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos	10
1.3. Justificación de la Investigación	10
1.4. Objetivos.....	11
1.4.1. Objetivo general	11
1.4.2. Objetivos específicos	11
CAPÍTULO 2.....	12
MARCO TEORICO	12
2.1. Antecedentes del Problema.....	12
2.1.1. A nivel internacional	12
2.1.2. A nivel nacional	13
2.2. Bases Teóricas	15
2.3. Glosario	21
CAPÍTULO 3.....	22
HIPÓTESIS Y VARIABLES	22
3.1. Hipótesis.....	22
3.1.1. Hipótesis general.....	22
3.1.2. Hipótesis específicas.....	22
3.2. Identificación de Variables	22
3.3. Matriz de Operacionalización de Variables	23
CAPÍTULO 4.....	24
METODOLOGÍA.....	24

4.1. Tipo y Diseño de Investigación	24
4.2. Método de Investigación	24
4.3. Unidad de Análisis	24
4.4. Tamaño de la Muestra	25
4.5. Selección de la Muestra.....	25
4.6. Técnica de Recopilación de Datos.....	25
4.7. Análisis e Interpretación de la Información.....	25
4.8. Etapas de Estudio.....	26
CAPÍTULO 5.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados.....	31
5.2. Pruebas de Hipótesis.....	39
5.3. Presentación de Resultados	40
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS	49
Matriz de Consistencia	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	23
Tabla 2. Remoción de arsénico	31
Tabla 3. Estadística descriptiva de la remoción de arsénico.....	32
Tabla 4. Remoción de Plomo	32
Tabla 5. Estadística descriptiva de la remoción de plomo	33
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) en la remoción de arsénico.....	35
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) en la remoción de plomo	38

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Obtención de carbón activado de Huingo	28
Cuadro 2. Desarrollo de ensayos	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de probabilidad normal de residuos en la remoción de arsénico	35
Figura 2. Gráfica de efectos principales para la remoción de arsénico	36
Figura 3. Gráfica de probabilidad normal de residuos en la remoción de plomo.....	37
Figura 4. Gráfica de efectos principales para la remoción de plomo	39

RESUMEN

Este estudio se enfocó en analizar la capacidad del carbón activado 'Huingo' para adsorber metales pesados, específicamente arsénico y plomo, presentes en el efluente minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

La metodología empleada en la investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo experimental, en el proceso de adsorción se realizó pruebas de jarras donde se evaluó dosis de 5 g, 10 g y 15 g carbón activado de Huingo en polvo y granular.

Se realizó la caracterización al efluente minero de la empresa Minera Cajamarca SAC y se obtuvo una concentración de 0.659 mg/L de arsénico y 0.2 mg/L de plomo excediendo los límites máximos permisibles estipulados en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

Mediante un diseño factorial se evaluó con una confianza del 95% los efectos de los factores dosis de carbón activado y tipo de carbón activado resultando con un valor p menor a 0.05 siendo efectivos en la reducción de arsénico y plomo presentes en el efluente minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

La dosis óptima fue de 15 g/L llegando a una remoción del 90.01% de arsénico y del 92.83% de plomo del efluente minero de la empresa Minera Cajamarca SAC. cumpliendo los límites máximos permisibles estipulados en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

Palabras clave: Remoción de arsénico, carbón activado, remoción de plomo prueba de jarras, Huingo, adsorción.

ABSTRACT

This study focused on analyzing the capacity of 'Huingo' activated carbon to adsorb heavy metals, specifically arsenic and lead, present in the mining effluent of the company Minera Cajamarca SAC.

The methodology used in the research has a quantitative approach of experimental type, in the adsorption process jar tests were carried out where doses of 5 g, 10 g and 15 g of Huingo activated carbon in powder and granular form were evaluated.

The mining effluent of the company Minera Cajamarca SAC was characterized and a concentration of 0.659 mg/L of arsenic and 0.2 mg/L of lead was obtained, exceeding the maximum permissible limits stipulated in Supreme Decree No. 010-2010-MINAM.

Using a factorial design, the effects of the activated carbon dose and activated carbon type factors were evaluated with a 95% confidence level, resulting in a p value of less than 0.05, being effective in reducing arsenic and lead present in the mining effluent of the Minera Cajamarca SAC company.

The optimal dose was 15 g/L, reaching a removal of 90.01% of arsenic and 92.83% of lead from the mining effluent of the Minera Cajamarca SAC company, complying with the maximum permissible limits stipulated in Supreme Decree No. 010-2010-MINAM

Keywords: Arsenic removal, activated carbon, lead removal jar test, Huingo, adsorption.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

Según Martínez (2018) el Perú es uno de los países con mayor potencial minero en el mundo, puesto que presenta gran cantidad de yacimientos de minerales y extensas riquezas naturales, el cual convierte que la actividad minera en nuestro país sea uno de los más importantes que propicie el desarrollo económico de nuestro país.

Adicionalmente según Heck (2014) indica que, a diferencia de Brasil y Chile, en nuestro país, así como en Ecuador y Bolivia, la mayoría de los lugares donde se desarrollan actividades mineras se encuentran en zonas pobladas y en cuencas pluviales, por lo que los impactos más importantes identificados están relacionados principalmente con el manejo de residuos sólidos, efluentes líquidos, gestión de residuos y salud humana.

En nuestro país, la industria minera consume grandes cantidades de agua para sus procesos operativos, lo que resulta en la generación de efluentes y se vierten en los sistemas de contención (depósitos de relaves) tienen una variedad de contaminantes; entre ellos el arsénico y plomo. Los metales tóxicos hallados superan los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. 010-2010 MINAM, como el cromo (Cr), arsénico (As), mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) entre otros. Según Urbano (2023), El drenaje ácido de mina no solo presenta un pH bajo, sino que también contiene grandes cantidades de materia en suspensión con altos niveles de sulfatos y metales. En altas concentraciones, estos elementos son dañinos para la actividad biológica y contaminan los cuerpos de agua. Debido al elevado costo de tratamiento en las plantas de depuración convencionales, se hace necesario buscar soluciones alternativas.

Por otro lado, Ledesma (2019) menciona que en nuestro país existe diversidad en relación al uso de minerales y metales, el método de extracción y ubicación generan los relaves. Los relaves incluyen productos químicos utilizados en las operaciones mineras; por lo tanto, se considera altamente

contaminante para las fuentes hídricas, debido a que contiene ácidos, cianuro de sodio, metales ionizados y químicos como ácidos, álcalis, espumas, coagulantes, floculantes y sólidos suspendidos resultantes del agua de mina.

Según Cordella (2021) manifiesta que los metales pesados como el plomo, arsénico, mercurio, cobre y níquel son los metales que se posicionan como los más peligrosos y deben ser atendidos con urgencia, ya que tienen tiempo de acumularse y destruir los ecosistemas, estos metales son altamente tóxicos. Incluso si presentan concentraciones mínimas, pueden persistir en el medio ambiente y tener tiempo para acumularse en algunos organismos vivos, y el número limitado de vías de metabolismo o degradación humana conlleva una necesidad urgente del tratamiento de las aguas residuales generadas.

Reyes (2023) menciona que las aguas residuales industriales son la principal causa de contaminación de las aguas superficiales, siendo las principales causas actividades como la industria textil, metalurgia, fabricación de papel, minería, curtiembres, industria química y otras, ya que las aguas residuales generadas por estas actividades representan una gran cantidad de residuos pesados.

En los últimos años, la actividad minera ha aumentado considerablemente, lo que ha resultado en un aumento significativo de la liberación de contaminantes líquidos al medio ambiente. La contaminación de cuerpos de agua y fuentes de suministro por estos contaminantes se ha transformado en una cuestión ambiental urgente, debido a la naturaleza acumulativa, tóxica y persistente de los metales pesados, principalmente como resultado de la minería informal.

Ante lo expuesto anteriormente, la presente investigación pretende dar una alternativa de reducir los niveles de arsénico y plomo que presentan los efluentes mineros de la empresa Minera Cajamarca SAC mediante el uso del carbón activado “Huingo”.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la capacidad del carbón activado “Huingo” (*Crescentia cujete*) para absorber los contaminantes de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los niveles arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?
- ¿Cuál es la dosis y el tipo de carbón activado “Huingo” con características más sobresalientes para la adsorción de los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?
- ¿Cuál es la eficiencia del carbón activado de cáscara de *Crescentia cujete* (Huingo) para la adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?

1.3. Justificación de la Investigación

Según Gongora (2021) afirma que los avances en tecnología y ciencia desde el advenimiento de la revolución industrial ha incrementado significativamente la capacidad del ser humano para explotar los recursos naturales, lo que ha traído consigo serios problemas que resultan en cambios en los ciclos biológicos, químicos y geológicos que exceden la capacidad del ecosistema para asimilarlo. Los métodos convencionales para tratar residuos de metales pesados, incluida los procesos como la oxidación, la precipitación química la reducción, la filtración, el tratamiento electroquímico, el intercambio iónico y las tecnologías de membranas implican altos costos, sobre todo cuando la concentración de metales es baja.

Adicionalmente Orozco (2023) manifiesta que el empleo de adsorbentes ecológicos para la eliminación de metales pesados, junto con su

posible aplicación en la industria, ofrece un gran potencial, logrando una mayor efectividad a menor costo.

Por lo señalado, este método para la disminución de metales pesados en los efluentes mineros será ventajoso tanto en términos económicos como ambientales. Su aplicación como tratamiento para aguas contaminadas por metales pesados no causará impactos ambientales, ya que busca reducir las concentraciones de estos elementos, también contribuirá como una alternativa para darle un nuevo uso al carbón activado Huingo.

Esta investigación contribuirá a llenar un vacío teórico en el conocimiento científico, ya que permitirá verificar cómo el carbón activado a partir de cáscara de Huingo puede facilitar la adsorción de metales pesados, resultando útil para revisar, desarrollar o respaldar la teoría más relevante, ampliando así el entendimiento sobre el tema.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la capacidad de adsorción del carbón activado “Huingo” de los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los niveles de metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.
- Evaluar la dosis y el tipo de carbón activado “Huingo” con características más sobresalientes para la adsorción de los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC
- Determinar la eficiencia del carbón activado “Huingo” para la adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. A nivel internacional

Lagua (2021) en su investigación tuvo como objetivo evaluar el desempeño del carbón activado obtenido a partir de semillas de datura como adsorbente de Plomo II y Cromo VI. Se realizó la carbonización de las semillas de datura y activación con ácido fosfórico, en las condiciones más idóneas de dosis de adsorbente, pH y tiempo e logró remover el 35% de cromo VI y el 79% de plomo II demostrando la alta eficacia del carbón activado obtenido de semillas de datura.

Tubón (2021) el trabajo de investigación tuvo como objetivo la remoción del plomo mediante adsorción con carbón activado proveniente de residuos de Crescentia Cujete. La activación del carbón activado se realizó químicamente con ácido fosfórico y físicamente de forma artesanal donde la eficiencia fue del 47.71% con carbón obtenido químicamente y del 10.28% con el carbón obtenido físicamente.

Özsin, Kılıç, Apaydın-Varol & Pütün (2019) realizaron la producción de carbón activado químicamente a partir de residuos agrícolas de garbanzos y su aplicación para la adsorción de metales pesados. Se obtuvo como resultados que en el caso de la impregnación de KOH con una proporción del 50% en peso, se logró la porosidad más desarrollada, con un área de superficie BET de 2082 m²/g y un volumen total de poros de 1.07 cm³/g. Al usar el producto, se encontró que las capacidades máximas de adsorción eran 135.8, 59.6 y 56.2 mg / g para Pb (II), Cr (VI) y Cu (II), respectivamente. Se concluye que la adsorción utilizando carbón activado derivado de cáscara de garbanzo fue un proceso endotérmico y espontáneo en la reducción de metales pesados de soluciones acuosas.

Madani *et al.* (2017) realizaron la eliminación de iones de metales pesados por adsorción en carbón activado producido a partir de hojas de *Stipa*

tenacissima se realizó en soluciones acuosas una prueba para la adsorción de iones de metales pesados y las condiciones experimentales estudiadas fueron tiempo de contacto, pH y concentración inicial, alcanzando las condiciones experimentales óptimas. Los experimentos de adsorción revelaron una cinética de adsorción relativamente alta, siendo el tiempo de equilibrio de 90 minutos aproximadamente, que sigue el modelo cinético de pseudo-segundo orden. El modelo Langmuir proporcionó el mejor ajuste a los datos experimentales. Los parámetros termodinámicos indican que el proceso de adsorción es espontáneo y endotérmico. Se concluye que teniendo en cuenta estas propiedades sobresalientes y la metodología de preparación de CA optimizada, se espera obtener un procedimiento económico para el tratamiento de aguas residuales para la eliminación de iones de metales pesados

2.1.2. A nivel nacional

Dorregaray (2018) utilizó adsorbentes de carbón obtenidos a partir de cáscaras de piña (*Ananas comosus*) para la eliminación de metales pesados como Pb^{2+} y Cd^{2+} . Se investigó el impacto de la dosis del adsorbente, el tiempo de contacto entre el sólido y el líquido, así como el pH en la adsorción de metales, identificando las condiciones óptimas: en un tiempo de contacto de 3 horas se utilizó 200 mg de adsorbente y a un pH natural. Bajo estas condiciones, se logró remover el 87,64% de plomo con el carbón CN600, mientras que con el carbón CC600 se adsorbió un 98,64% del cadmio de las soluciones acuosas. Los datos experimentales fueron ajustados a los modelos de isothermas de adsorción de Freundlich y Langmuir, mostrando que los valores linealizados se ajustan adecuadamente al modelo de Langmuir, el cual describe la quimisorción en soluciones acuosas de cadmio y plomo.

Roncal y Villanueva (2021) su estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad del carbón activado de cascarilla de arroz como adsorbente para eliminar metales pesados, tales como plomo y cadmio, de efluentes industriales. La investigación siguió un enfoque no experimental transversal y consistió en una revisión documental, donde se alcanzó una eficiencia de remoción del 95.89% para cadmio y del 96.04% para plomo. Se concluyó que

este método, utilizando carbón activado de cascarilla de arroz, es tanto eficiente como sostenible para la eliminación de metales pesados en el agua.

Tena y Jhames (2019) su investigación tuvo como objetivo determinar la efectividad del carbón activado de cáscara de coco en la eliminación de hierro y plomo del agua de consumo. El enfoque utilizado fue un estudio cuasi-experimental, se realizó la caracterización del agua cruda obteniéndose 0.81 ppm de hierro y 0.09 ppm de plomo. Se realizaron pruebas con 40 g de carbón activo para 1 L de agua cruda y se analizó en 2 tiempos de 60 y 90 minutos llegando a una reducción de 0.02 ppm de plomo (77% de remoción) y 0.41 ppm de hierro (49% de remoción) en un tiempo óptimo de 90 min.

Aguirre (2017) se utilizó carbón activado obtenido de semillas de eucalipto para la adsorción de metales pesados, como arsénico (As) y plomo (Pb). Los ensayos de adsorción se realizaron con 2 g de carbón activado en contacto con 500 ml de solución acuosa de arsénico y plomo, con una agitación de 300 rpm en 2 horas. Los resultados mostraron una capacidad de adsorción del 70,3% para As(V) y del 98,7% para Pb(II) en soluciones acuosas, a un pH ácido de 4,97 a 5,6 y con un tiempo de agitación entre 75 y 120 minutos. Se concluyó que los carbones activados obtenidos son altamente efectivos para adsorber metales pesados en soluciones acuosas.

Ponce (2019) la investigación tuvo como propósito la elaboración y uso de carbón activado derivado de cáscara de coco. El método utilizado fue un estudio con diseño cuasi-experimental, en el cual se realizó la caracterización del agua cruda, detectándose 0.81 ppm de hierro y 0.08 ppm de plomo, se realizaron pruebas con 10 g de carbón activo para 250 ml de agua cruda y se analizó en 2 tiempos de 90 y 120 minutos llegando a una reducción de 0.44 ppm de hierro (49% de remoción) y de 0.02 ppm de plomo (75% de remoción) en un tiempo óptimo de 120 min.

Ponce (2023) la investigación tuvo como objetivo evaluar el carbón activado de cáscara de naranja como material adsorbente de plomo (Pb). Utilizando diferentes cantidades de carbón activado: 2.0 g, 1.5 g, 1.0 g, 0.5 g y 0 g, las cuales se pusieron en contacto con 0.5 L de agua contaminada con plomo (Pb). Los resultados obtenidos fueron: 2.0 g (93.727%), 1.5 g

(93.959%), 1.0 g (94.455%), 0.5 g (93.371%) y 0 g (0%). Se concluyó que el carbón activado de cáscara de naranja, en una dosis óptima de 2.0g/L, puede eliminar más del 94% de plomo.

Porras y Martinez (2019) en su investigación tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de adsorción de plomo (II) de aguas contaminadas con relaves mineros de Tamboraque mediante carbón activado de coronta de maíz. Se elaboró carbón activado a partir de coronta de maíz (*Zea Mays*) utilizando ácido fosfórico como agente. Se investigaron parámetros como la temperatura de pirolización, tiempo de equilibrio y la concentración inicial, los cuales influyen en el proceso de adsorción. Como resultado, se logró obtener capacidades de adsorción de hasta 3.57 mg/g y la remoción de plomo del 74%.

Gonzales y Segovia (2020), La investigación tuvo como propósito evaluar la disminución de arsénico total en el agua potable del distrito de Quequeña, Arequipa, utilizando carbón activado obtenido de cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca*) y coronta de maíz blanco (*Zea mays*). Los ensayos incluyeron tres precursores: cáscara de plátano, coronta de maíz y una combinación de ambos. con una concentración inicial de arsénico de 0.014 ppm se variaron las cantidades de cada precursor para tratar 1 L de agua. El carbón activado de coronta de maíz logró eliminar arsénico al 48.8% del arsénico, mejorando la calidad del agua potable de acuerdo con el Reglamento de Calidad de Agua Potable.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Carbón activado

El carbón activado (C.A) es ampliamente utilizado en la industria debido a sus excelentes propiedades de adsorción. Se caracteriza por tener una gran superficie interna, una adecuada distribución de poros y una variedad de grupos funcionales, lo que le otorga la capacidad de atrapar diferentes tipos de moléculas (Jimenez, 2005, p. 229).

Por otro lado, se establece que el carbón activado es de origen orgánico, ya que está compuesto principalmente por carbono, se representa

por ser extremadamente poroso y presentar muchos agujeros, con una superficie llena de microporos que son nanométricos. (Bansal y Goyal, 2005, p.23).

El carbón activado es un material poroso con una extensa superficie interna, utilizado en diversas aplicaciones industriales, como la separación y purificación de gases y líquidos, además de la eliminación de sustancias tóxicas. (Henning y Schafer, 1993, p.23)

2.2.1.1 Tipos de carbón activado

Al mismo tiempo, Zhang *et al.* (2010, p.5) evidenciaron que existen varios tipos de carbón activado, entre los cuales sobresale el carbón en polvo. Este tipo cuenta con una estructura porosa bien distribuida y una amplia superficie dominada por macroporos. El tamaño de sus partículas favorece un contacto directo con el líquido. También está el carbón granular, que se produce a partir de materiales rígidos y presenta una gran superficie, lo que le otorga un alto poder de adsorción en las aplicaciones para las que es destinado.

Lazo (2015, p.41) clasifica el carbón activado en diferentes tipos, entre los que destaca el carbón pulverizado, utilizado habitualmente en procesos discontinuos. Su principal ventaja es que puede emplearse en diferentes dosificaciones, debido a la distribución predominante de macroporos en su estructura porosa. Por otro lado, el carbón granular evita daños durante su manipulación, ya que está fabricado a partir de materias primas rígidas. Gracias a su gran superficie tiene una excelente capacidad de adsorción, también es adecuado para su uso en columnas de lechos móviles o fijos para la purificación del agua.

2.1.2.2 Estructura y propiedades del carbón activado

Nudelman (2004) señala que el carbón activado se utiliza para eliminar el olor, color y sabor de numerosos productos, siendo empleado tanto en aplicaciones simples como filtros de refrigeradores o peceras, así como en sistemas industriales más complejos.

Rodríguez (2003) señala que, debido a su naturaleza apolar y a las fuerzas involucradas en el proceso de adsorción, el carbón activado

se considera un adsorbente universal, reteniendo principalmente moléculas apolares y grandes. Su gran capacidad para eliminar sustancias se debe a su amplia superficie interna. En general, los microporos poseen una gran superficie y son altamente eficaces en la retención de sustancias. Por otro lado, los macroporos son esenciales para captar moléculas de gran tamaño, como colorantes o coloides, facilitando así el acceso y la rápida difusión de estas moléculas hacia la superficie interna del sólido.

Reinoso y Sabio (2002) afirman que las aplicaciones del carbón activado se sustentan en dos características clave: su baja selectividad y su alta capacidad para la retención de sustancias.

Debido a su naturaleza apolar y a las fuerzas involucradas en el proceso de adsorción, es considerado un adsorbente 'universal', capturando preferentemente moléculas de gran tamaño y apolares. Su alta capacidad para eliminar sustancias se debe a su extensa superficie interna.

Suero (2020) señala que las propiedades adsorbentes de un carbón activado no dependen solo de su porosidad y superficie. En especial, las sustancias polares tienden a retenerse de manera débil en la superficie apolar del carbón. En estos casos, la fijación de heteroátomos, principalmente oxígeno e hidrógeno, que forman grupos funcionales o estructuras como el ácido carboxílico, carbonilos o lactonas, incrementa la afinidad de las sustancias polares por la superficie del adsorbente y puede conferir un carácter ácido-base al carbón.

2.1.2.3 Composición química y física del carbón activado

Forbuena (2009) indica que el carbón activado tiene una composición química aproximada de entre un 75 y 80% de carbono, un 0,5% de hidrógeno, un 60% de oxígeno y un 5 a 10% de cenizas. Esta composición es prácticamente pura, similar a la del grafito, diamante y otros tipos de carbón mineral.

Luna et al. (2007) explican que todos los materiales adsorbentes tienen la capacidad de atrapar moléculas en un fenómeno fisicoquímico, donde un sólido, conocido como adsorbente, retiene moléculas denominadas adsorbatos presentes en un medio gaseoso o líquido. De esta manera, el carbón activado se puede considerar inicialmente hidrófobo debido a su baja afinidad por el agua, lo cual es crucial en aplicaciones de adsorción de gases en presencia de humedad o en especies disueltas en agua. Sin embargo, la presencia de grupos funcionales en su superficie permite que reaccione con el agua, volviendo la superficie más hidrófila.

Kwiatkowski, (2011) menciona que el carbón activado posee una estructura física despolimerizada, con poros que se clasifican en tres tipos: los microporos son mayores a 1 nanómetro, los mesoporos tienen un tamaño entre 25 nanómetros y 1 milímetro y los macroporos miden menos de 25 nanómetros. Entre sus propiedades químicas y físicas, destaca que es un sólido a 20 °C, de color negro y sin olor. Además, que tiene una densidad aparente que varía entre 150 y 440 kg/m³

2.1.2.4 Aplicaciones del carbón activado

Según Bansal y Goyal (2005) mencionan que el carbón activado es un tratamiento terciario que mejora la calidad del efluente más allá de los tratamientos convencionales. Se aplica en columnas con gránulos de carbón, por donde se bombea el efluente. Los químicos se adhieren a la superficie porosa del carbón, que se considera gastado cuando está saturado. El carbón saturado debe ser reemplazado o limpiado para reutilizar el filtro. La limpieza implica calentar el carbón y bombear aire limpio, lo que elimina los químicos.

2.1.2.5 Obtención de carbón activado

Según Marlon (2009) indica que para obtener carbón activado se necesita una materia prima con características específicas como abundancia, dureza y alto contenido de carbono. La composición del carbón vegetal depende de la materia prima, el agente activante, la

temperatura y la tecnología utilizada, lo cual está relacionado con la velocidad de calentamiento y el tiempo en el horno.

2.1.2 Adsorción

Sánchez (2014) define la adsorción como el proceso donde una sustancia se concentra en la superficie de otra. La sustancia que se adsorbe se llama "adsorbente", y la molécula atrapada, "adsorbato". Las fuerzas de London, un tipo de fuerza de van der Waals, están involucradas en la adsorción física, mientras que en la adsorción química, la sustancia sufre una transformación.

Ruiz (2013) indica que la adsorción se determina midiendo experimentalmente cuánto soluto puede ser adsorbido por materiales como sedimentos, suelos o rocas. Las arcillas pueden tener cargas permanentes, que dependen de la estructura del mineral, o variables, que dependen del pH y se originan en los bordes y grupos funcionales.

2.1.2.1 Factores que influyen en el proceso de adsorción

Según Colina (2012), la adsorción depende de las características del compuesto a eliminar, las propiedades del adsorbente y las condiciones de contacto entre las fases. El peso molecular, la solubilidad del adsorbato, junto con el tamaño de poros y los grupos químicos del adsorbente, son claves en la afinidad entre ambos. Los procesos de adsorción pueden parecer simples, pero se complican porque el adsorbente puede cambiar químicamente, dependiendo del pH de la solución. Tanto las moléculas disociadas como no disociadas pueden ser adsorbidas. La carga superficial y la hidrofobicidad del carbón activado dependen del contenido de oxígeno y heteroátomos, que varían según el pH.

2.1.2.2 Naturaleza del adsorbente

Alami (2010) señala que la adsorción es uno de los métodos más utilizados en el tratamiento de aguas residuales, especialmente para retener contaminantes orgánicos como compuestos fenólicos,

hidrocarburos y sustancias que alteran el olor y sabor del agua. Los adsorbentes más comunes son el carbón activado, gel de sílice, resinas sintéticas y alúmina, siendo el carbón activado ampliamente usado en efluentes industriales. Su efectividad depende del tamaño de partícula porosidad y la superficie. Además, muestra preferencia por moléculas no iónicas y poco polares, lo que lo convierte en un adsorbente universal para compuestos orgánicos.

2.1.3 *Crescentia cujete*

2.1.3.1 Taxonomía

La especie *Crescentia cujete* pertenece al reino Plantae, división Magnoliophita, clase Magnoliopsida, orden Lamiales, y familia Bignoniaceae. Es conocida por diferentes nombres comunes según la región, como cujete, cirrián, tecomate, jícara, huacal, totumo, entre otros, en países como México, Centroamérica, y Sudamérica.

2.1.3.2 Distribución y hábitat

El Huingo es un árbol ampliamente distribuido desde América Central hasta la región amazónica. Aunque no es nativo de la Amazonía, su cultivo se ha extendido durante siglos. Es común en áreas inundables y también en suelos arcillosos y franco-limosos de fertilidad media, encontrándose en terrenos abiertos, bosques secundarios y cerca de cuerpos de agua en la Amazonía rural.

2.1.3.3 Descripción

Es un árbol perenne pequeño que alcanza entre 4 y 5 metros de altura. Su corteza es ligeramente fisurada y similar al corcho. Tiene ramas retorcidas y una copa abierta, con ramillas sub-redondeadas. Las hojas son simples, alternas y agrupadas en espirales de 3 a 5. Las flores, de forma campanulada y color blanquecino con vetas oscuras, rojas y púrpuras, crecen en el tronco y las ramas. Los frutos son bayas grandes, globosas, con corteza lisa y verdosa, de hasta 30 cm. Las semillas, de color marrón oscuro, son pequeñas y achatadas, midiendo de 7 a 8 mm.

2.3. Glosario

- **Arsénico:** Es uno de los elementos más tóxicos que existen. Debido a su toxicidad, los compuestos de arsénico inorgánico se encuentran en pequeñas cantidades en la tierra. Los humanos pueden estar expuestos a él a través de la comida, el agua y el aire. (Bayón, 2015).
- **Isoterma y cinética de adsorción:** soterma de adsorción muestra la relación de equilibrio entre la concentración en la fase fluida y en las partículas adsorbentes a una temperatura dada. La cinética de adsorción describe la velocidad del proceso y determina el tiempo de permanencia del adsorbato en la interfaz sólido-solución. (Marín, 2011)
- **Metales pesados:** Son aquellos con un peso específico superior a 5 g/cm³ o un peso atómico mayor a 20, excluyendo metales alcalinos y alcalinotérreos. Aunque el término no es del todo preciso, puede usarse para referirse a los metales clasificados como contaminantes ambientales (Bayón, 2015)
- **Plomo:** Ha sido ampliamente utilizado desde tiempos antiguos, por lo que es detectable en la mayoría de las personas. Este metal afecta varios sistemas, órganos y tejidos, y sus efectos son proporcionales a la cantidad en el cuerpo. (Bayón, 2015)

CAPÍTULO 3

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

- El carbón activado de Huingo tiene la capacidad de adsorber el arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Los valores iniciales de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero en la relavera de la empresa Minera Cajamarca SAC, sobrepasan los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.
- La dosis de mayor cantidad en gramos y de tipo granular de carbón activado es la más óptima para la adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.
- El carbón activado de Huingo es eficiente para la adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

3.2. Identificación de Variables

Variable independiente: Carbón activado de *Crescentia cujete*

Variable dependiente: Adsorción de arsénico y plomo

3.3. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
V. I. Carbón activado de Huingo	Es un tipo de carbón con alta porosidad en su superficie, lo que le permite adsorber diferentes compuestos (Menéndez y Gullón, 2006)	Las condiciones experimentales se medirán utilizando velocidades rápidas y lentas en la prueba de jarras. Las dosis se ajustarán según la cantidad de carbón activado y se empleará una balanza analítica. La fórmula siguiente determinará la eficiencia del carbón: $E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$	Condiciones de experimentación	Mezcla de agitación rápida	200 rpm	Razón
				Mezcla de agitación lenta	60 rpm	Razón
				Dosis de carbón activado	5 g	Razón
					10 g	
				Tipo de carbón activado	15 g Polvo Granular	Razón
V. D. Adsorción de metales pesados	Es un proceso en el que las partículas disueltas en agua se adhieren a otro material con características específicas, como los alginatos y polisacáridos presentes en las algas (Bilal Muhammad et al., 2018)	Se medirá la concentración de As y Pb en las soluciones eluidas de las partículas secas empacadas de <i>Macrocystis pyrifera</i> mediante ICP-OES (Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente), siguiendo el método EPA 200.7, Rev.4.4. Posteriormente, se realizarán los cálculos y análisis estadísticos correspondientes.	Eficiencia	Porcentaje de remoción de metales pesados	%	Razón
				Cantidad inicial y final de plomo	mg/L	Razón
V. D. Adsorción de metales pesados	Es un proceso en el que las partículas disueltas en agua se adhieren a otro material con características específicas, como los alginatos y polisacáridos presentes en las algas (Bilal Muhammad et al., 2018)	Se medirá la concentración de As y Pb en las soluciones eluidas de las partículas secas empacadas de <i>Macrocystis pyrifera</i> mediante ICP-OES (Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente), siguiendo el método EPA 200.7, Rev.4.4. Posteriormente, se realizarán los cálculos y análisis estadísticos correspondientes.	Metales pesados	Cantidad inicial y final de arsénico	mg/L	Razón

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

4.1. Tipo y Diseño de Investigación

Según Walsh y Lynne (2003) Esta investigación es de tipo aplicada, ya que busca solucionar un problema existente manipulando las variables de estudio para evaluar su relevancia y significancia.

La investigación sigue un diseño experimental de pretest-posttest con un solo grupo. Este diseño se caracteriza por evaluar las unidades experimentales dos veces: antes y después del estímulo, para obtener una referencia inicial y medir el efecto generado.

El efecto es calculado por medio de las diferencias entre O2 - O1.

El diseño es el siguiente:

Ge O1 X O2

Dónde: Ge: grupo experimental

O1: pre test antes de aplicar carbón activado

X: tratamiento de los efluentes de la mina

O2: post test después de aplicar el carbón activado

4.2. Método de Investigación

Según Vélez (2011), el método de investigación es cuantitativo porque analiza fenómenos observables y confirmados mediante teorías e hipótesis, utilizando la observación, medición y experimentación.

4.3. Unidad de Análisis

La presencia de plomo y arsénico en los efluentes de relave minero de la empresa Minera Cajamarca S.A.C. en Cajamarca.

4.4. Tamaño de la Muestra

Palella y Martins (2012) indican que la muestra es una porción de la población que comparte características similares. En esta investigación, la muestra estará representada por 50 litros de efluentes de relave minero de la empresa Minera Cajamarca S.A.C., en Cajamarca.

4.5. Selección de la Muestra

Altamirano y García (2020) señalan que en el muestreo no probabilístico la selección se basa en la accesibilidad o el criterio del investigador. En esta investigación se empleará un muestreo de conveniencia y puntual, tomando la muestra de agua residual antes de que llegue al cuerpo receptor, siguiendo como referencia el protocolo de la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA.

4.6. Técnica de Recopilación de Datos

Análisis de documentos: Arias y Covinos (2021) señalan que el diseño y la metodología de la investigación son técnicas sistemáticas, objetivas y cuantitativas para estudiar el contenido. Por lo tanto, esta investigación aplicará dicha técnica, interpretando los resultados del laboratorio sobre los análisis de metales pesados antes y después de usar carbón de Huingo en los efluentes de la empresa Minera Cajamarca SAC.

Observación: Esta técnica permite respaldar todos los temas, ya que establece la relación entre sujeto y objeto, lo que facilita la comprensión de la realidad (Bunge, 2007, p. 108). Se utilizará esta técnica para recolectar datos en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

4.7. Análisis e Interpretación de la Información

Los datos registrados en el instrumento de investigación se organizarán de manera sistemática para ser analizados con programas estadísticos como Minitab 19.

Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de este trabajo se enfocará en comparar los resultados con los límites máximos permitidos según los LMP.

Posteriormente, se tabularán, clasificarán y se crearán gráficos con los datos obtenidos.

Análisis inferencial

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Además, se realizará un análisis factorial doble para evaluar el comportamiento de los factores en la adsorción de plomo y arsénico.

Prueba de hipótesis

Con este método se determinará si la hipótesis planteada es aceptada o rechazada.

4.8. Etapas de Estudio

Etapas 1: Trabajo en gabinete

Se recopiló información de diversas fuentes bibliográficas como libros, revistas, artículos científicos y tesis. Después, se sistematizó la información considerando investigaciones similares, métodos y procedimientos necesarios para el estudio. También se adquirieron equipos de protección personal y materiales, como frascos plásticos y un GPS. El área de muestreo se identificó usando Google Earth (V 7.3.3.7721).

Etapas 2: Trabajo de campo

Pre monitoreo

Se planificó el monitoreo y el tipo de muestra, se localizará el punto de muestreo del relave minero de la empresa Minera Cajamarca S.A.C. en Cajamarca.

Monitoreo

Se llevó a cabo el reconocimiento del sitio de muestreo. Se identificó el lugar exacto y se registró el punto de muestreo utilizando un GPS, obteniendo las coordenadas UTM en el sistema WGS84: 9204668.15 N y 740402.5 E.

Muestreo

La toma de muestras se realizó siguiendo el protocolo referencial establecido en la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. Se recolectaron 50 litros de efluente del relave minero de la empresa Minera Cajamarca S.A.C. para el tratamiento, y se etiquetó la muestra. Además, se tomaron dos muestras de un litro para análisis de laboratorio, manteniéndose refrigeradas entre 4 y 8 °C, y luego se transportaron al laboratorio para su procesamiento.

Etapas 3. Trabajo de laboratorio

De los 50 L de muestra obtenidos, se analizaron 2 L para determinar la concentración inicial de arsénico y plomo en el efluente, mientras que los 48 L restantes se enviaron a un laboratorio en Lima para las pruebas experimentales de tratamiento. Los resultados fueron sistematizados en la ficha de registro de observación. Los valores obtenidos se organizaron y registraron en la ficha de observación.

Determinación de los parámetros fisicoquímicos

Se enviaron muestras, tomadas antes y después de aplicar el carbón activado de Huíngo, a un laboratorio privado acreditado por INACAL para analizar la cantidad de plomo y arsénico en los efluentes mineros de la empresa Minera Cajamarca SAC.

Producción de carbón activado de Huíngo

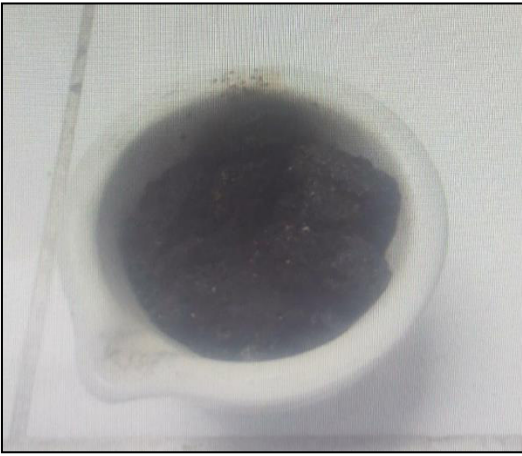
La materia prima fue presecada al aire libre durante 14 días. Luego, se secó completamente en una mufla durante 24 horas para eliminar toda la humedad. Además, se trituró la materia prima. Posteriormente, se realizó la impregnación de la materia prima triturada por medio de la aplicación de ácido fosfórico a una concentración del 85%. Seguidamente se realizó el proceso de carbonización este proceso se realizó en una sola etapa junto a la activación, para lo cual se realizó en una mufla teniendo rangos entre 25 °C a 1400 °C, siendo la velocidad de calentamiento de 20°C por minuto, las muestras se colocaron en crisoles, para el proceso de carbonización se realizó la variación de temperatura desde 550 °C hasta llegar a 700 °C teniendo un

intervalo de 50 °C, llegando a dicha temperatura se dejó carbonizar durante 30 minutos. Se procedió a la molienda del carbón activado obtenido, se lavará con agua destilada para eliminar impurezas y se dejó secar, como se presenta en el cuadro 1.

Desarrollo de ensayos

Para los ensayos, se utilizó el efluente de la relavera de la empresa Minera Cajamarca SAC y se aplicó la prueba de jarras con tres dosis de carbón activado de Huingo. Se usaron dos velocidades de mezcla: 200 rpm durante 60 segundos y 60 rpm por 15 minutos. Cada dosis y tipo de carbón tuvo 3 repeticiones. El análisis estadístico se realizará con el software Minitab 19, como se muestra en el cuadro 2..

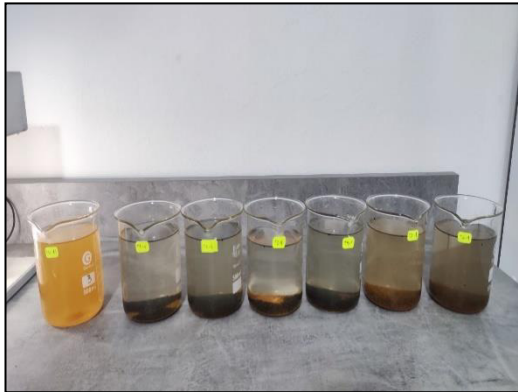
Cuadro 1. Obtención de carbón activado de Huingo

Extracción del fruto Huingo 	Presecado de 14 días del Huingo 
Carbonización del Huingo en una mufla de 550 °C hasta 700 °C 	Obtención del carbón activado "Huingo" después de 30 minutos de carbonización 

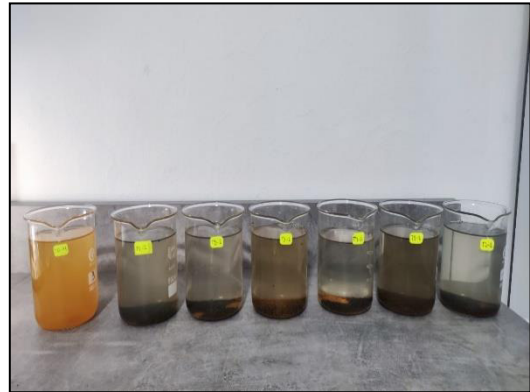
Cuadro 2. Desarrollo de ensayos

Muestra de 60 L de efluente minero de la empresa Minera Cajamarca S.A.C. 	Test de jarras con muestra de 1 L en el Floculador portátil de 4 posiciones 	Obtención de carbón activado en polvo por mortero 
Pesado de carbón activado de Huingo en polvo y granular 	Pesado de 5 g y 10 g carbón activado en polvo y granular 	Agitación rápida de 200 RPM y agitación lenta de 60 RPM. 

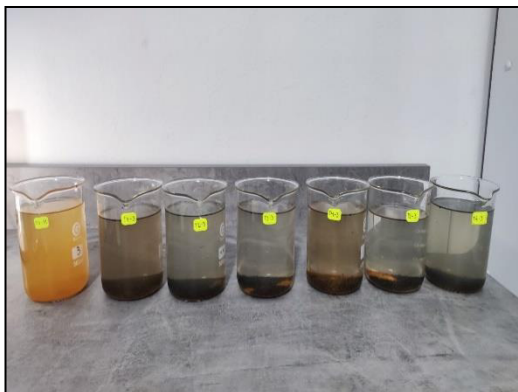
Tratamiento mediante adsorción con carbón activado, 1ra corrida experimental



Tratamiento mediante adsorción con carbón activado, 2da corrida experimental



Tratamiento mediante adsorción con carbón activado, 3ra corrida experimental



Caracterización del efluente tratado después de la adsorción



Materiales, insumos y equipos utilizados en el proceso de adsorción con carbón activado de Huingo para el tratamiento del efluente minero de la empresa Minera Cajamarca S.A.C.



CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

5.1.1. Resultados descriptivos

A. Análisis descriptivo para la remoción de arsénico

En la tabla 2, se puede apreciar la caracterización del efluente de la relavera (T0) que presenta un valor de 0.659 mg/L de concentración de arsénico. También se observa después del tratamiento se obtuvieron remociones superiores al 90% con 15 g/L de carbón activado en polvo de Huingo.

Tabla 2. *Remoción de arsénico*

Tratamiento	Repetición	Dosis de carbón activado (g)	Tipo de carbón activado	Concentración de As (mg/L)	Remoción de As (%)
T0	T1-0	0	-	0.659	0.00
T1	T1-1	5	Polvo	0.1974	70.05
	T1-2	5	Polvo	0.1973	70.06
	T1-3	5	Polvo	0.1968	70.14
T2	T2-1	5	Granular	0.2638	59.97
	T2-2	5	Granular	0.2645	59.86
	T2-3	5	Granular	0.2641	59.92
T3	T3-1	10	Polvo	0.1322	79.94
	T3-2	10	Polvo	0.1319	79.98
	T3-3	10	Polvo	0.1317	80.02
T4	T4-1	10	Granular	0.1979	69.97
	T4-2	10	Granular	0.1985	69.88
	T4-3	10	Granular	0.1982	69.92
T5	T5-1	15	Polvo	0.0661	89.97
	T5-2	15	Polvo	0.0656	90.05
	T5-3	15	Polvo	0.0658	90.02
T6	T6-1	15	Granular	0.1325	79.89
	T6-2	15	Granular	0.1318	80.00
	T6-3	15	Granular	0.1321	79.95

Fuente: Los valores obtenidos fueron analizados por el laboratorio acreditado Analytical Laboratory (ALAB)

En la tabla 3 se muestra la estadística descriptiva correspondiente a la remoción de arsénico lograda con los diferentes tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6. Se utilizó el software Minitab 19 para calcular la media, el error estándar, la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de variación, así como los valores mínimo, mediano y máximo.

Tabla 3. Estadística descriptiva de la remoción de arsénico

Tratamientos	Media	Desviación estándar	Varianza	Coeficiente de variación	Mínimo	Mediana	Máximo
T1	70.081	0.0488	0.0024	0.07	70.046	70.061	70.137
T2	59.919	0.0533	0.0028	0.09	59.863	59.924	59.970
T3	79.980	0.0382	0.0015	0.05	79.939	79.985	80.015
T4	69.924	0.0455	0.0021	0.07	69.879	69.924	69.970
T5	90.010	0.0382	0.0015	0.04	89.970	90.015	90.046
T6	79.949	0.0533	0.0028	0.07	79.894	79.954	80.000

Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

B. Análisis descriptivo para la remoción de plomo

En la tabla 4, se puede apreciar la caracterización del efluente de la relavera (T0) presenta una concentración 0.2 mg/L de plomo. Se observa que después del tratamiento se pueden obtener remociones de más del 90% con 15 g/L de carbón activado en polvo de Huingo.

Tabla 4. Remoción de Plomo

Tratamiento	Repetición	Dosis de carbón activado (g)	Tipo de carbón activado	Concentración de Pb (mg/L)	Remoción de Pb (%)
T0	T1-0	0	-	0.2	0.00
T1	T1-1	5	Polvo	0.052	74.00
	T1-2	5	Polvo	0.059	70.50
	T1-3	5	Polvo	0.048	76.00
T2	T2-1	5	Granular	0.075	62.50
	T2-2	5	Granular	0.071	64.50
	T2-3	5	Granular	0.068	66.00
T3	T3-1	10	Polvo	0.031	84.50

	T3-2	10	Polvo	0.039	80.50
	T3-3	10	Polvo	0.033	83.50
T4	T4-1	10	Granular	0.059	70.50
	T4-2	10	Granular	0.051	74.50
	T4-3	10	Granular	0.055	72.50
T5	T5-1	15	Polvo	0.015	92.50
	T5-2	15	Polvo	0.019	90.50
	T5-3	15	Polvo	0.009	95.50
T6	T6-1	15	Granular	0.039	80.50
	T6-2	15	Granular	0.028	86.00
	T6-3	15	Granular	0.034	83.00

Fuente: Los valores obtenidos fueron analizados por el laboratorio acreditado Analytical Laboratory (ALAB)

En la tabla 5 se muestra la estadística descriptiva correspondiente a la remoción de plomo lograda mediante los distintos tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6. Los resultados se obtuvieron utilizando el software Minitab 19, que permitió calcular la media, el error estándar, la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de variación, el valor mínimo, la mediana y el valor máximo.

Tabla 5. *Estadística descriptiva de la remoción de plomo*

Tratamientos	Media	Desviación estándar	Varianza	Coeficiente de variación	Mínimo	Mediana	Máximo
T1	73.50	2.78	7.75	3.79	70.50	74.00	76.00
T2	64.33	1.76	3.08	2.73	62.50	64.50	66.00
T3	82.83	2.08	4.33	2.51	80.50	83.50	84.50
T4	72.50	2.00	4.00	2.76	70.50	72.50	74.50
T5	92.83	2.52	6.33	2.71	90.50	92.50	95.50
T6	83.17	2.75	7.58	3.31	80.50	83.00	86.00

Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

5.1.2 Resultados inferenciales

A. Análisis inferencial para la remoción de arsénico

a. Prueba estadística del supuesto de normalidad de residuales para la remoción de arsénico.

Según Gutiérrez y de la Vara (2008), en una prueba estadística paramétrica se deben analizar los residuos (e_{ij}), que son la diferencia entre la respuesta observada (Y_{ij}) y la predicha ($\hat{Y}_{ij}$) por el modelo en cada tratamiento:

$$e_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}$$

Los residuales deben evaluarse para determinar si siguen una distribución normal, utilizando la prueba de normalidad de Anderson-Darling. Las hipótesis para este análisis de normalidad son las siguientes:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal.

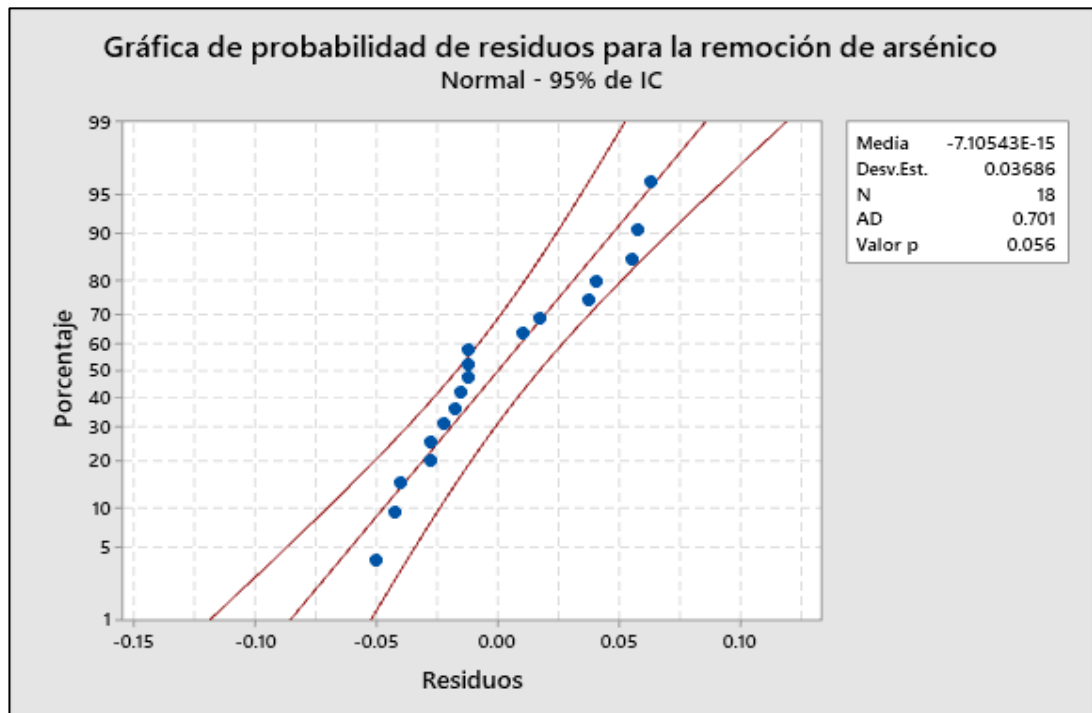
H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

Según la figura 1, con un intervalo de confianza del 95%, los datos se acercan a la línea de distribución normal ajustada. Como el valor $p = 0.056$ es mayor que el nivel de significancia de 0.05, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (H_0), lo que indica que los datos se ajustan a una distribución normal.

Figura 1. Gráfica de probabilidad normal de residuos en la remoción de arsénico



Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

b. Prueba de hipótesis estadística en la remoción de arsénico.

Dado que los datos presentan una distribución normal, se aplicará una prueba paramétrica, específicamente el análisis de varianza (ANOVA). Las hipótesis estadísticas son las siguiente:

H_0 : Todas las medias (promedios) de la remoción de arsénico son iguales.

H_1 : Por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0,05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la tabla 6, el análisis de varianza muestra que el valor p para los factores 'dosis de carbón' y 'tipos de carbón' es menor que 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula. Así, se concluye que estos factores influyen significativamente en la remoción de arsénico

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) en la remoción de arsénico

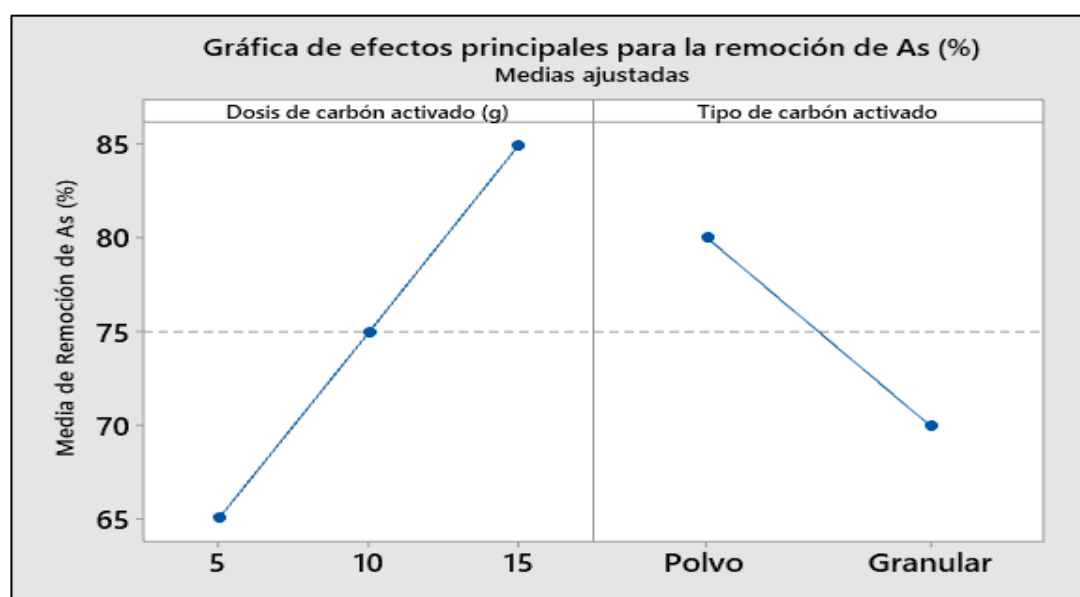
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	1655.98	236.568	102395.76	0.000
Bloques	2	0.00	0.001	0.65	0.544
Lineal	3	1655.96	551.988	238921.46	0.000
Dosis de carbón activado (g)	2	1197.58	598.790	259178.99	0.000
Tipo de carbón activado	1	458.38	458.385	198406.40	0.000
Interacciones de 2 términos	2	0.01	0.005	2.33	0.148
Dosis de carbón activado (g)*Tipo de carbón activado	2	0.01	0.005	2.33	
Error	10	0.02	0.002		

Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

c. Gráficas de efectos principales en la remoción de arsénico.

En la figura 2, se puede apreciar que con el tipo de carbón activado en polvo y la dosis de 15 g/L permite eliminar el arsénico en mayor proporción del efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

Figura 2. Gráfica de efectos principales para la remoción de arsénico



Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

A. Análisis inferencial para la remoción de plomo

a. Prueba estadística del supuesto de normalidad de residuales para la remoción de plomo.

Las hipótesis de prueba para el análisis de normalidad son las siguientes:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal.

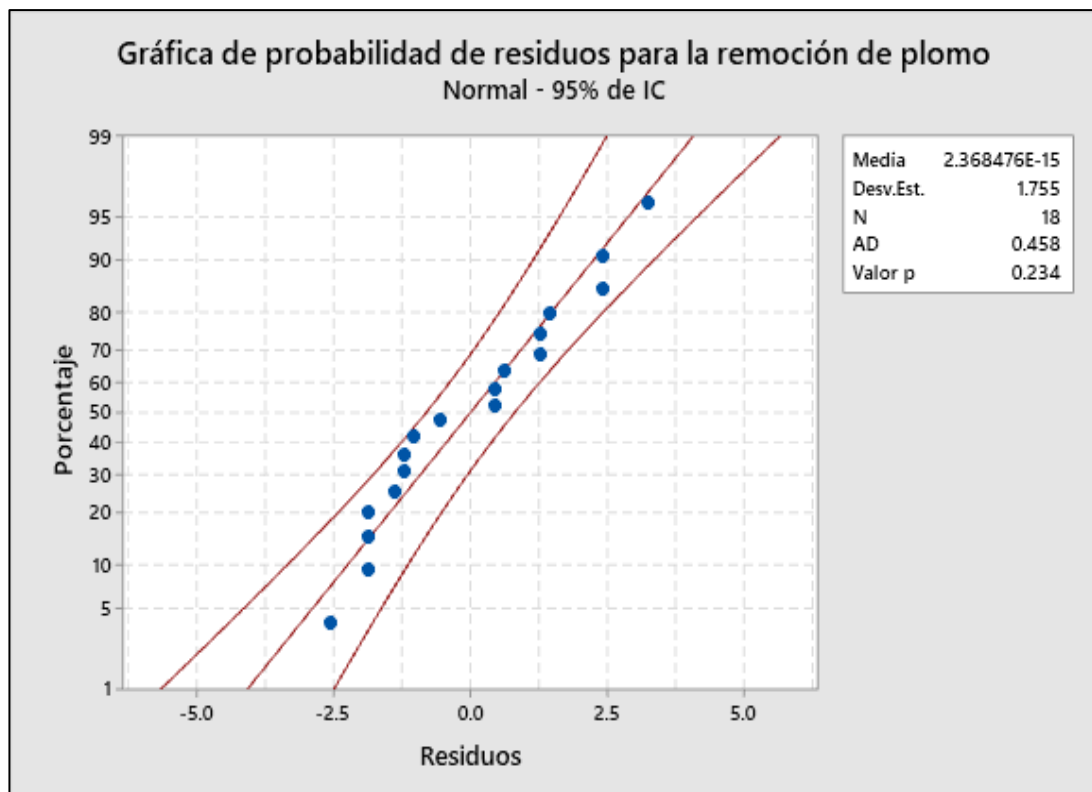
H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la figura 3, bajo la condición de normalidad, se observa que, con un intervalo de confianza del 95%, los datos se acercan a la línea de distribución normal ajustada. El valor $p = 0.234$ es mayor que el nivel de significancia de 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que los datos siguen una distribución normal.

Figura 3. Gráfica de probabilidad normal de residuos en la remoción de plomo



Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

b. Prueba de hipótesis estadística en la remoción de plomo.

Dado que los datos siguen una distribución normal, se aplicará una prueba paramétrica, en este caso el análisis de varianza (ANOVA). Las hipótesis estadísticas son las siguientes:

H_0 : Todas las medias (promedios) de la remoción de plomo son iguales.

H_1 : Por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0,05

Si el valor $p < \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la tabla 7, el análisis de varianza muestra que el valor p para los factores 'dosis de carbón' y 'tipos de carbón' es menor que el nivel de significancia de 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que estos factores afectan significativamente el porcentaje de remoción de plomo.

Tabla 7. *Análisis de varianza (ANOVA) en la remoción de plomo*

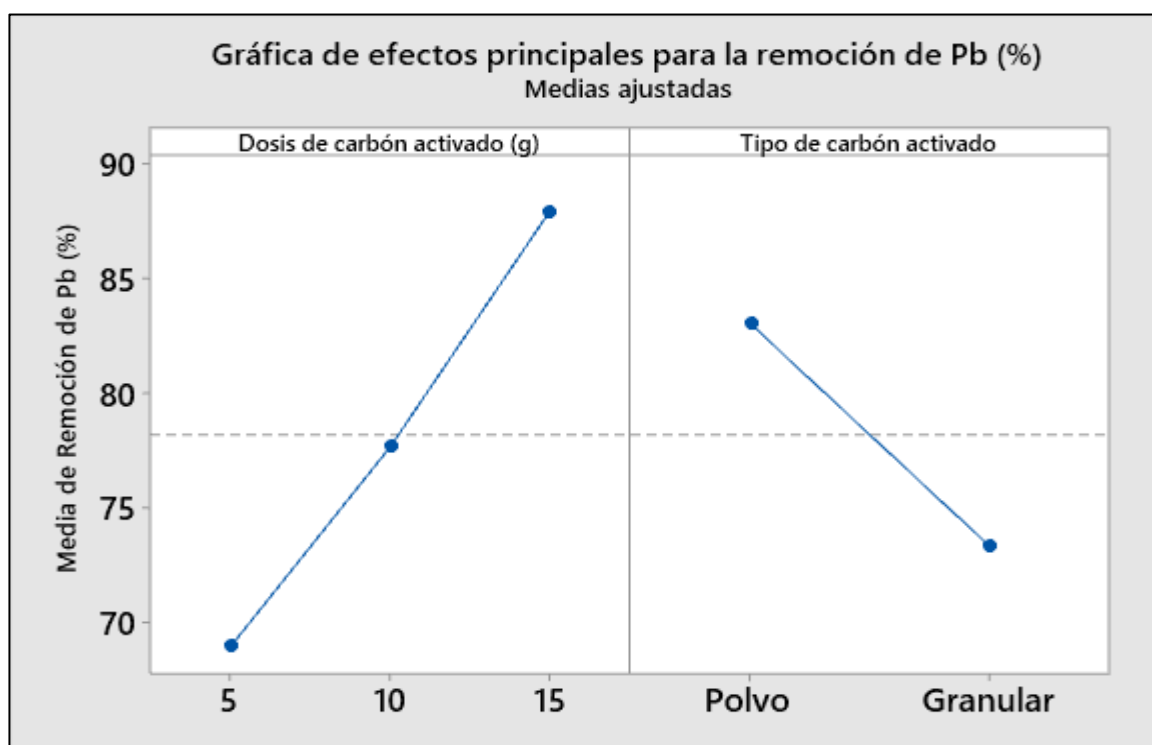
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	1535.18	219.312	41.86	0.000
Bloques	2	13.78	6.889	1.31	0.311
Lineal	3	1520.38	506.792	96.74	0.000
Dosis de carbón activado (g)	2	1095.03	547.514	104.51	0.000
Tipo de carbón activado	1	425.35	425.347	81.19	0.000
Interacciones de 2 términos	2	1.03	0.514	0.10	0.907
Dosis de carbón activado (g)*Tipo de carbón activado	2	1.03	0.514	0.10	
Error	10	52.39	5.239		

Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

c. Gráficas de efectos principales en la remoción de plomo.

En la figura 4, se observa que el uso de carbón activado en polvo, a una dosis de 15 g/L, logra la mayor remoción de plomo del efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

Figura 4. Gráfica de efectos principales para la remoción de plomo



Nota: Resultados obtenidos utilizando el software estadístico Minitab 19.

5.2. Pruebas de Hipótesis

En función de la primera hipótesis específica formulada: *“Los valores iniciales de arsénico y plomo del efluente minero en la relavera de la empresa Minera Cajamarca SAC, sobrepasan los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM”*, en el presente estudio según la tabla 2 y tabla 4 la concentración de arsénico y plomo es de 0.659 mg/L y 0.2 mg/L del efluente minero respectivamente son mayores que los valores límites para el promedio anual del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, contrastando y demostrando la hipótesis planteada.

En función de la segunda hipótesis específica formulada: *“La dosis de mayor cantidad en gramos y de tipo granular de carbón activado es la más óptima para la adsorción de arsénico y plomo en efluentes mineros y en la relavera de la empresa Minera Cajamarca SAC”*, en el presente estudio según la tabla 2 se muestra que después del tratamiento por adsorción con carbón activado en polvo de Huingo a una dosis mayor de 15 g/L se logra remover

más del 90% en promedio de arsénico y según la tabla 4 con la misma dosis se logra remover más del 90% en promedio de plomo en los efluentes mineros a comparación que otras dosis menores, contrastando y demostrando la hipótesis planteada

En función de la tercera hipótesis específica formulada: *“El carbón activado de Huingo es eficiente para la adsorción de arsénico y plomo en efluentes mineros y en la relavera de la empresa Minera Cajamarca SAC”*, en el presente estudio según la tabla 3 se muestra que después del proceso de adsorción con el tratamiento (T5) se logra remover más del 90% en promedio de arsénico y en la tabla y según la tabla 5 se logra remover más del 90% en promedio de plomo del efluente minero en la relavera de la empresa Minera Cajamarca SAC, contrastando y demostrando la hipótesis planteada.

Tras contrastar las hipótesis específicas, se confirma la hipótesis general de que el carbón activado de Huingo tiene la capacidad de adsorber arsénico y plomo de los efluentes mineros de la empresa Minera Cajamarca SAC.

5.3. Presentación de Resultados

5.3.1. Para la remoción de arsénico

En la tabla 3, se puede apreciar que, con una dosis de 15 g/L de carbón activado, se obtuvo una remoción promedio del 90.01% de arsénico después del tratamiento de adsorción.

5.3.2. Para la remoción de plomo

En la Tabla 5, se observa que, con una dosis de 15 g/L de carbón activado en polvo de Huingo, se logró una remoción promedio del 92.83% de plomo después del tratamiento de adsorción.

CONCLUSIONES

- El carbón activado de *Huingo* demuestra una alta eficiencia en la adsorción de metales pesados, como el arsénico y plomo, en los efluentes del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.
- En la caracterización, los niveles de metales pesados fueron de 0.659 mg/L de arsénico y 0.2 mg/L de plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC, superando los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.
- Con una dosis de 15 g/L de carbón activado en polvo de *Huingo*, se logró una mayor adsorción de los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.
- Se alcanzó una eficiencia de remoción del 90.01% para arsénico y del 92.83% para plomo mediante la adsorción con carbón activado de *Huingo* en el efluente minero de la empresa Minera Cajamarca SAC, cumpliendo con los límites máximos permitidos del D. S. N° 010-2010-MINAM.

RECOMENDACIONES

- Evaluar la capacidad de adsorción de metales pesados, como arsénico y plomo, en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC mediante el uso de otros tipos de carbón activado.
- Realizar la caracterización de niveles de metales pesados adicionales al arsénico y plomo, tal como se especifica en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, para evaluar su remoción utilizando el carbón activado de Huingo.
- Utilizar dosis superiores a 15 g/L de carbón activado en polvo de Huingo, ya que la tendencia indica que una mayor dosis incrementa la adsorción de metales pesados, como arsénico y plomo, en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.
- Producir carbón activado de Huingo a diferentes temperaturas y evaluar la eficiencia de remoción de arsénico y plomo del efluente minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulrazak, S., Hussaini, K. & Sani, H.M. (2017). Evaluation of removal efficiency of heavy metals by low-cost activated carbon prepared from African palm fruit. *Appl Water Sci* 7, 3151–3155.
- Aguirre Achaquihui, N. Y. (2017). Adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*).
- Alami, S. (2010). Aprovechamiento del Hueso de la Aceituna, Biosorcién de Iones metalicos. España: Uniiversidad de Granada.
- Altamirano Silva, J. A., & Garcia Arellano, J. (2020). Mejora de la calidad del efluente del lavado vehicular mediante la aplicación del carbón activado de coffea arabica, Tarapoto 2020.
- Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, 1(1), 66-78.
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación. 6.^a ed. Venezuela: Episteme.
- Bansal, R., y Goyal, M. (2005). Activated Carbon Adsorption. United States of America.
- Bastidas, M., Buelvas, L., Marquez, M., & Rodrigues, K. (2010). Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia. el cesar, Colombia: Informacion tecnologica.
- Bayón Sanz, S. (2015). Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados.
- Bunge, M. (2004). La investigación científica su estrategia y filosofía [en línea]. 3.^a ed. Argentina: Siglo XXI Editores.
- Colina, E. (2012). Remocién de Pb(II) de Soluciones Mediante Carbon Activado. Bogota: Universidad de Colombia-Universidad de Magdalena.
- Cordella, E. C. (2021). Por una Constitución Ecológica. Editorial Catalonia.

- Dorregaray De La Cruz, H. J. (2018). cascaras de la fruta piña (Ananas comosus) para remover metales pesados (Cd^{2+} , Pb^{2+}) desde soluciones acuosas.
- Fernández Alvarado, M. L., & Flores Córdova, D. (2019). Remoción de metales pesados de efluentes minero-metalúrgico mediante filtro bioadsorbente con fibras lignocelulósicas en Santa Rosa Quives, Lima.
- Fombuena, M. (2009). Manual del Carbón activo. Tesis para obtener el grado de Máster en Ingeniería del Agua. Universidad Politécnica de Sevilla, España.
- Gomez, A., Klose, W., & Rincon, S. (2010). Carbón Activado de Cuesco de Palma – Estudio de Termogravimetría y Estructura. Bogota, Colombia: Grupo de investigacion en biomasa y optimizacion termica de procesos-BIOT.
- Gongora Flores, J. J. (2021). Aislamiento y caracterización molecular de consorcios bacterianos nativos obtenidos del distrito Mariano Nicolás Valcárcel anexo de Secocha como alternativa para la biorremediación de agua contaminada por metales pesados.
- Gonzales Fuentes, C. S., & Segovia Alcázar, C. A. (2020). Evaluación experimental e informatizada de la reducción de arsénico total en el agua potable distribuida en el distrito de Quequeña, Arequipa, utilizando sistemas de tratamiento basados en carbón activado de coronta de maíz blanco (*Zea mays* l) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*).
- Heck, C. (2014). *La realidad de la minería ilegal en países amazónicos*. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.
- Henning, K., y Schafer, S. (1993). Impregnated activated carbon for environmental protection. Gas Separation and Purification. Cuba.
- Jimenez, Blanca (2005). La contaminación ambiental en Mexico. Mexico: Editorial Limusa.

- Kwiatkowski, J. (2011). Activated carbon: classifications, properties and applications. Estados unidos: Nova science publishers.
- Lagua López, W. G. (2021). Evaluación de carbón activado de semillas de datura como material adsorbente de metales (cromo VI y plomo II).
- Lazo Camposano, R. (2015). Operaciones y procesos para la producción de carbón activado a partir de la cáscara de coco.
- Ledesma Velita, W. J. (2019). Propuesta de tratamiento del depósito de relaves de Quiulacocha-Pasco para su remediación ambiental, basada en experiencias exitosas en empresas mineras.
- Luna, D., Gonsales, A., Gordon, M., & Martin, N. (2007). Obtención de Carbón Activado A partir de la Cascara de Coco. Obtención de Carbón Activado A partir de la Cascara de Coco. Contactos
- Madani et. al (2017). Removal of heavy metal ions by adsorption onto activated carbon prepared from *Stipa tenacissima* leaves
- Madani, N., Bouchenafa-Saib, N., Mohammedi, O., Varela-Gandía, F. J., Cazorla-Amorós, D., Hamada, B., & Cherifi, O. (2017). Removal of heavy metal ions by adsorption onto activated carbon prepared from *Stipa tenacissima* leaves. *Desalination & Water Treatment*, 64, 179-188.
- Marín Martínez, A. J. (2011). Estudio de adsorción de Boro con Amberlite IRA 743.
- Marlon, M. (2009). Producción de Carbon Activado a partir de precursores Carbonosos del Departamento del Cesar Colombia. El cesar: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Carbon
- Martínez Espinoza, M. I. (2018). Repertorios de acción colectiva frente al extractivismo minero en América Latina. *Andamios*, 15(37), 43-73.
- Martínez, M. D. C. C., Cueva-Gálvez, G. E., Mora, H. E. G., & Pérez, P. C. (2016). Obtención de carbón activado del endocarpio de shapaja (*Attalea phalerata*) procedente de la región San Martín, empleando un

método físico. Revista de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 31(2), 90-103.

Menéndez, J. y Gullón, I. (2006). Activated carbon surfaces in environmental remediation 7.a ed. Estados Unidos: ELSERVIER.

Nudelman, N. (Ed.). (2004). *Química sustentable*. Universidad Nac. del Litoral.

Nudelmán, N. Química sustentable. Argentina: Ediciones UNL, 2014.

Orozco Duarte, E. B. (2023). Estudio del comportamiento de la concha de mejillón como material absorbente para eliminar metales pesados de las aguas residuales.

Özsin, G., Kılıç, M., Apaydın-Varol, E., & Pütün, A. E. (2019). Chemically activated carbon production from agricultural waste of chickpea and its application for heavy metal adsorption: equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies. *Applied water science*, 9, 1-14.

Palella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2012). Metodología de la investigación cuantitativa. Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador

Ponce Arredondo, R. D. (2023). Evaluación de la efectividad del carbón activado de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) para la adsorción de plomo (Pb) en disolución acuosa a nivel laboratorio.

Ponce Bravo, D. G. (2019). Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha-Pasco 2018.

Porras Sequeiros, G., & Martinez Suarez, C. F. (2019). Adsorción del plomo mediante carbón activo de coronta de maíz de aguas contaminadas con relaves mineros.

Reinoso, R. F., & Sabio, M. M. (2002). El carbón activado en procesos de descontaminación. *Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante. España*.

- Reyes Huamán, R. (2023). Generación de energía eléctrica a partir de aguas residuales de la industria de cacao mediante celdas de combustible microbiana.
- Rincon Silva, N. G., Ramirez, W., Mojica, L., Blanco, D., Giraldo, L., & Moreno, J. (2014). Obtencion de carbones activados a partir de semillas de eucalipto, por activación química con H_3PO_4 . Caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de fenol desde solución acuosa. Scielo, 16.
- Rodríguez Vidal, F. J. (2015). Procesos de potabilización del agua e influencia del proceso de ozonización. *Ediciones Díaz de Santos*.
- Rodriguez, F. (2007). el carbon activado como adsorvente universal. el carbon activado como adsorvente universal. Bogota: Ediciones Uniandes.
- Roncal Solis, N. J., & Villanueva Guevara, C. (2021). Eficiencia del carbón activado de cascarilla de arroz como adsorbente en remoción de metales pesados de efluentes industriales-Cajamarca 2021.
- Ruiz Hinojosa, M. G. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento de los lixiviados generados por la disposición no controlada de polvo de acería sobre suelo* (Bachelor's thesis, QUITO, 2013.).
- Sánchez, L. (2014). Estudio de procesos de separación de CO_2 Y CH_4 mediante el empleo de zeolitas (tesis de maestría). Instituto de Tecnología Química. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Sepulveda, A., Bustamante, F., Silvestre, J., Suarez, S., & Orosco, N. (2008). Adorbentes para la eliminacion de COVs, del libro eliminacion de emisiones atmosfericas de COVs por catalisis y adsorcion. Argentina: Cooperacion Iberoamericana
- Suero Iquiapaza, P. A. (2020). Degradación del contenido de Hierro (II) y (III) en agua residual de lixiviación ácida de cobre con carbón activado en tanque agitado.
- Sun-Kou, María del Rosario, Obregón-Valencia, Daniel, Pinedo-Flores, Ángela, Paredes-Doig, Ana Lucía, & Aylas-Orejón, Javier. (2014).

- Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(4), 225-236.
- Tena, Y., & Jhames, E. (2019). Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los estudiantes de la IE San Andrés de Paragsha-Simón Bolívar 2018.
- Tubón Rengel, K. A. (2021). Adsorción de plomo sobre carbón activado obtenido de residuos de frutos de *Crescentia Cujete*.
- Urbano Paccho, G. G. (2023). Remoción de manganeso por procesos de ozonización en drenajes ácidos de mina de la relavera Quiulacocha, Cerro de Pasco, 2022.
- Vélez, A. (2011). Metodología de la investigación. *Medellín: EAFIT*, 1-15.
- Walsh, M. y Lynne, W. (2003). Introduction to research. Croacia: SERVIER.
- Zegarra Ayamamani, Y. J. (2021). Evaluación y análisis del circuito de tratamiento de efluentes metalúrgicos líquidos en la refinería de zinc
- Zhang, G., Hou, P., Sun, Y., Xu, Y., Cheng, H., & Zhang, Y. (2019). Three different types of activated carbon and manganese-modified activated carbons as deoxidizers for the low-concentration coalbed methane deoxidation. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 30(9), 1789-1800.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de Consistencia

Formulación del problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables General	Metodología
¿Cuál es la capacidad del carbón activado “Huingo” (Crescentia cujete) para absorber los contaminantes de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?	Evaluar la capacidad de adsorción del carbón activado “Huingo” de los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.	El carbón activado de Crescentia cujete (Huingo) tiene la capacidad de adsorber el arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.	- Variable Independiente: Carbón activado de Huingo - Variable Dependiente: Adsorción de arsénico y plomo	
Específicos	Específicos	Específicos	Específicos	
a) ¿Cuáles son los niveles arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?	a). Caracterizar los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC	a) Los valores iniciales de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC, sobrepasan los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.	- Variable Independiente: Valores iniciales de arsénico y plomo - Variable Dependiente: Porcentaje de existencia de arsénico y plomo	Tipo de investigación: aplicada Diseño de investigación: experimental Método de investigación: cuantitativo
b) ¿Cuál es la dosis y el tipo de carbón activado del Huingo para la adsorción de los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?	b) Aplicación de carbón activado “Huingo” para la adsorción de los metales pesados de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.	b) La dosis de mayor cantidad en gramos y de tipo granular de carbón activado, tendrá la capacidad de adsorber el de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.	- Variable Independiente: Dosis óptima y tipo (granular o polvo) de carbón activado Crescentia cujete (Huingo) - Variable Dependiente: Adsorción de arsénico y plomo	
c) ¿Cuál es la eficiencia de adsorción del carbón activado de cáscara de Crescentia cujete (Huingo) para la adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC?	c) Determinar la eficiencia del carbón activado “Huingo” para la adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.	c) El carbón activado de Huingo es eficiente para la adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero de la empresa Minera Cajamarca SAC.	- Variable Independiente: Eficiencia de carbón activado. - Variable Dependiente: Adsorción de arsénico y plomo.	

ANEXO 2. Resultados de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-6055

N° Id.: 0000105718

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : SUYON VEGA LELY FABIOLA
2.- DIRECCIÓN : JR. ULISES REATEGUI - TARAPOTO - SAN MARTIN
3.- PROYECTO : TESIS - ADSORCION DE ARSENICO Y PLOMO EN EL EFLUENTE DEL RESIDUO MINERO MEDIANTE EL USO DEL CARBON ACTIVADO "HUINGO"
4.- PROCEDENCIA : EMPRESA MINERA CAJAMARCA S.A.C. - CAJAMARCA
5.- SOLICITANTE : SUYON VEGA LELY FABIOLA
6.- PRODUCTO : Agua Residual

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000001258-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-03-21

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 19
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-03-14
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación 5.-
PERÍODO DE ENSAYO : 2024 03-14 al 2024-03-21


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Pág.1 de 7

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalcaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2
Lt. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 762

SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 768 828

 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-6055

N° Id.: 0000105718

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Metales Totales ICPOES	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: Bi, U, S), 2021.	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	INACAL LE - 096 CHALACA

"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

Pág.2 de 7

 SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 717 5802
 Cel.: 977 515 129

 SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz. D2
 Lt. 3, Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379

 SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 952 361 941

 SEDE PIURA
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 952 617 762

 SEDE TRUJILLO
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salaverry - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 961 768 828

 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-6055

N° Id.: 0000105718

V.- RESULTADOS

ITEM				1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-16337	M-24-16338	M-24-16339	M-24-16340
CÓDIGO CLIENTE ^(a)				T0-1	T1-1	T2-1	T3-1
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(a)				E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668
PRODUCTO ^(a)				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(a)				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(a)				14-03-2024 10:00	14-03-2024 11:00	14-03-2024 11:00	14-03-2024 11:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Metales Totales ICPOES							
Arsénico (*)	mg/L	0.002	0.008	0.659	0.1974	0.2638	0.1322
Plomo (*)	mg/L	0.002	0.006	0.2	0.052	0.075	0.031

^(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA L.C.M.:

Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

^(a)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Pág.3 de 7

📍 SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 717 5802
 Cel.: 977 515 129

📍 SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz. D2
 Lt. 3, Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379

📍 SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 952 361 941

📍 SEDE PIURA
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 952 617 762

📍 SEDE TRUJILLO
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salaverry - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 961 768 828

🌐 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-6055

N° Id.: 0000105718

ITEM	5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-16341	M-24-16342	M-24-16343	M-24-16344
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	T4-1	T5-1	T6-1	T1-2
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(B)	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668
PRODUCTO ^(C)	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	14-03-2024 11:00	14-03-2024 11:00	14-03-2024 11:00	14-03-2024 11:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Metales Totales ICPOES							
Arsénico (*)	mg/L	0,002	0,008	0,1979	0,0661	0,1325	0,1973
Plomo (*)	mg/L	0,002	0,006	0,059	0,015	0,039	0,059

^(A) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA L.C.M.:

Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

^(B) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Pág.4 de 7

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chelaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2
Lt. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 762

SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 768 828

www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-6055

N° Id.: 0000105718

ITEM				9	10	11	12
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-16345	M-24-16346	M-24-16347	M-24-16348
CÓDIGO CLIENTE ^(A)				T2-2	T3-2	T4-2	T5-2
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(A)				E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668
PRODUCTO ^(C)				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				14-03-2024 11:30	14-03-2024 11:30	14-03-2024 11:30	14-03-2024 11:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Metales Totales ICPOES							
Arsénico (*)	mg/L	0.002	0.008	0.2645	0.1319	0.1985	0.0656
Plomo (*)	mg/L	0.002	0.006	0.071	0.039	0.051	0.019

^(C) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA L.C.M.:

Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

^(B) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Pág.5 de 7

📍 SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chelaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 717 5802
 Cel.: 977 515 129

📍 SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz. D2
 Lt. 3, Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379

📍 SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 952 361 941

📍 SEDE PIURA
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 952 617 762

📍 SEDE TRUJILLO
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salaverry - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 961 768 828

🌐 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-6055

N° Id.: 0000105718

ITEM	13	14	15	16
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-16349	M-24-16350	M-24-16351	M-24-16352
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	T6-2	T1-3	T2-3	T3-3
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(B)	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668
PRODUCTO ^(C)	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	14-03-2024 11:30	14-03-2024 12:00	14-03-2024 12:00	14-03-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Metales Totales ICPOES							
Arsénico (*)	mg/L	0,002	0,008	0,1318	0,1968	0,2641	0,1317
Plomo (*)	mg/L	0,002	0,006	0,028	0,048	0,068	0,033

^(A) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA L.C.M.:

Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

^(B) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Pág.6 de 7

📍 SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chelaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 717 5802
 Cel.: 977 515 129

📍 SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz. D2
 Lt. 3, Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379

📍 SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 952 361 941

📍 SEDE PIURA
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 952 617 762

📍 SEDE TRUJILLO
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salaverry - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 961 768 828

🌐 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-6055

N° Id.: 0000105718

ITEM				17	18	19
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-16353	M-24-16354	M-24-16355
CÓDIGO CLIENTE ^(a)				T4-3	TS-3	T6-3
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(a)				E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668	E:0740402 N:9204668
PRODUCTO ^(a)				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(a)				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(a)				14-03-2024 12:00	14-03-2024 12:00	14-03-2024 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Metales Totales ICPOES						
Arsénico (*)	mg/L	0,002	0,008	0,1982	0,0658	0,1321
Plomo (*)	mg/L	0,002	0,006	0,055	0,009	0,034

^(a) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA L.C.M.:

Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

^(a) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.7 de 7

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 717 5802
 Cel.: 977 515 129

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2
 Lt. 3, Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 952 361 941

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 952 617 782

📍 **SEDE TRUJILLO**
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salaverry - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 961 768 828

🌐 www.alab.com.pe

ANEXO 3. Cadena de custodia

[illegible]

[illegible]

Descripción de equipos utilizados:		
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		
Observaciones / Comentarios		

Legenda					
F: Fecha	N: Norte	V: Vidrio	T* Mtra: Temperatura de Muestra	CE: Conductividad Eléctrica	
H: Hora	E: Este	P: Plástico	T* Amb: Temperatura ambiente	OD: Oxígeno Disuelto	
Muestreado por:		Cliente:		Recepción de muestra:	
Nombre: Suyón Vega, Lely Fabiola		Suyón Vega, Lely Fabiola			
Fecha: 14/03/2024		14/03/2024			
Firma: S. V.		S. V.			

Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042	
GRUPO	SUB-GRUPO
AN: Aguas Naturales	SUPERFICIAL (Rio, Laguna) SUBTERRANEA (Manantial - Foz)
AR: Aguas Residuales	DOMESTICA INDUSTRIAL MUNICIPAL
AS: Aguas para Uso y Consumo Humano	PSICRA Y LAGUNA ARTIFICIAL BEBIDA (Piable, Beva, Envasada)
AS: Aguas Salinas	MAR - OCEANICO - SALINERO AGUA DE INYECCION Y REINYECCION
AP: Aguas de Proceso	ORDELAÇÃO DE ESPRAMENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS AGUA DE LIQUORACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION
Muestreado por: ☐ ALAB ☒ Cliente	

		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA															E: F-096-142 R: 92 IV: 2021-Jun-28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Datos del cliente Razón Social: Suyón Vega, Lely Fabiola Persona de contacto: Juana Flores Correo / Teléfono: lefasuve_14@hotmail.com / +51 944 132 554 Nombre del proyecto: TESIS - Adsorción de arsénico y plomo en el efluente del residuo minero mediante el uso del carbón activado "Huingo"																	Orden de servicio: OS-2024-1258-Ver 0 Pág. 3 de 3 Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo: Empresa Minera Cajamarca S.A.C. - Cajamarca																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <tr> <td>Preservante</td> <td>Acido Nitrico</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>																	Preservante	Acido Nitrico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Preservante	Acido Nitrico																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DESCRIPCION DE LA MUESTRA</th> <th colspan="13">PARAMETROS DE ENSAYO</th> <th colspan="4">PARAMETRO IN SITU</th> <th rowspan="3">OBSERVACIONES</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Item</th> <th rowspan="2">Punto de muestreo / Estación</th> <th rowspan="2">Código de laboratorio</th> <th rowspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Clasificación</th> <th rowspan="2">Ubicación</th> <th colspan="2">N° Frascos</th> <th rowspan="2">METALES T.</th> <th colspan="12"></th> <th rowspan="2">T° Mtra (°C)</th> <th rowspan="2">pH (Unidad de pH)</th> <th rowspan="2">CE (us/cm)</th> <th rowspan="2">OD (mg/L)</th> <th rowspan="2">Cloro Libre (mg/L)</th> </tr> <tr> <th>Grupo</th> <th>Sub-grupo</th> <th>Coordenadas (UTM)</th> <th>V</th> <th>P</th> <th colspan="12"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>T4-3</td> <td></td> <td>F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.</td> <td>AR</td> <td>INDUSTRIAL</td> <td>N: 9204668.15 E: 740402.5</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>T5-3</td> <td></td> <td>F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.</td> <td>AR</td> <td>INDUSTRIAL</td> <td>N: 9204668.15 E: 740402.5</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>T6-3</td> <td></td> <td>F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.</td> <td>AR</td> <td>INDUSTRIAL</td> <td>N: 9204668.15 E: 740402.5</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td>F: H:</td> <td></td> <td></td> <td>N: E:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td>F: H:</td> <td></td> <td></td> <td>N: E:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td>F: H:</td> <td></td> <td></td> <td>N: E:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td>F: H:</td> <td></td> <td></td> <td>N: E:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td>F: H:</td> <td></td> <td></td> <td>N: E:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>																	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				PARAMETROS DE ENSAYO													PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES	Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		METALES T.													T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (us/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V	P													1	T4-3		F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.	AR	INDUSTRIAL	N: 9204668.15 E: 740402.5		1	1																					2	T5-3		F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.	AR	INDUSTRIAL	N: 9204668.15 E: 740402.5		1	1																					3	T6-3		F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.	AR	INDUSTRIAL	N: 9204668.15 E: 740402.5		1	1																					4			F: H:			N: E:																								5			F: H:			N: E:																								6			F: H:			N: E:																								7			F: H:			N: E:																								8			F: H:			N: E:																							
DESCRIPCION DE LA MUESTRA				PARAMETROS DE ENSAYO													PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		METALES T.													T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (us/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
				Grupo	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V		P																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	T4-3		F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.	AR	INDUSTRIAL	N: 9204668.15 E: 740402.5		1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
2	T5-3		F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.	AR	INDUSTRIAL	N: 9204668.15 E: 740402.5		1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
3	T6-3		F: 14/03/2024 H: 12:00 p. m.	AR	INDUSTRIAL	N: 9204668.15 E: 740402.5		1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
4			F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
5			F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
6			F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
7			F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8			F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Descripción de equipos utilizados: <table border="1"> <tr> <th>Item</th> <th>Código interno del equipo</th> <th>Nombre de equipo</th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td></tr> </table>				Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	1			2			3			4			Leyenda F: Fecha N: Norte V: Vidrio T° Mtra: Temperatura de Muestra CE: Conductividad Eléctrica H: Hora E: Este P: Plástico T° Amb: Temperatura ambiente OD: Oxígeno Disuelto													Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042 <table border="1"> <thead> <tr> <th>GRUPO</th> <th>SUB-GRUPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AR: Aguas Naturales</td> <td>SUPERFICIAL (Ríos, Lagos) SUBTERRANEA (Manantial - Fozes)</td> </tr> <tr> <td>AR: Aguas Residuales</td> <td>DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL</td> </tr> <tr> <td>AR: Aguas para Uso y Consumo Humano</td> <td>REGIA Y LAGUNA ARTIFICIAL (REGIA Plátano, Mesa, Cosecha)</td> </tr> <tr> <td>AS: Aguas Salinas</td> <td>MAR - SALOBRES - SALMERA</td> </tr> <tr> <td>AP: Aguas de Proceso</td> <td>AGUA INYECCION Y REINYECCION CIRCULACION O EFLORENTMENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LUBRICACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION</td> </tr> </tbody> </table>				GRUPO	SUB-GRUPO	AR: Aguas Naturales	SUPERFICIAL (Ríos, Lagos) SUBTERRANEA (Manantial - Fozes)	AR: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL	AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	REGIA Y LAGUNA ARTIFICIAL (REGIA Plátano, Mesa, Cosecha)	AS: Aguas Salinas	MAR - SALOBRES - SALMERA	AP: Aguas de Proceso	AGUA INYECCION Y REINYECCION CIRCULACION O EFLORENTMENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LUBRICACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
GRUPO	SUB-GRUPO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
AR: Aguas Naturales	SUPERFICIAL (Ríos, Lagos) SUBTERRANEA (Manantial - Fozes)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
AR: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	REGIA Y LAGUNA ARTIFICIAL (REGIA Plátano, Mesa, Cosecha)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
AS: Aguas Salinas	MAR - SALOBRES - SALMERA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
AP: Aguas de Proceso	AGUA INYECCION Y REINYECCION CIRCULACION O EFLORENTMENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LUBRICACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Observaciones / Comentarios 				Muestreado por: ☐ ALAB ☒ Cliente																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Prolongación Zaramilla Mz D2 L13, Asociación Daniel Alcides Carrión, Bellavista, Callao, Lima
 Web site: www.alab.com.pe E-mail: grupo.comercial@alab.com.pe RUC: 20600551901 - T1: (01)4531389 - (01)7130636 Cel: 940508508 - 932646456