



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**ADSORCIÓN DE PLOMO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL
EXOESQUELETO DE CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ EN
AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE
BATERÍAS.**

AUTORAS:

PINARGOTE ARAUZ MARÍA EUGENIA

VERA RAMOS MARÍA VALENTINA

TUTOR:

ING.CARLOS RICARDO DELGADO VILLAFUERTE, MG. C.A.

CALCETA, FEBRERO 2021

DERECHOS DE AUTORÍA

Pinargote Arauz María Eugenia con cédula de ciudadanía 1313658898 y **Vera Ramos María Valentina** con cédula de ciudadanía 1314767029, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Titulación titulado: **ADSORCIÓN DE PLOMO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍAS**, es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



MARÍA E. PINARGOTE ARAUZ



MARÍA .V VERA RAMOS

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

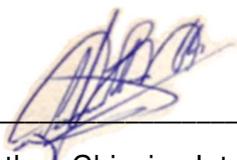
Ing. Carlos Delgado Villafuerte, Mg. C.A. certifica haber tutelado el proyecto **ADSORCIÓN DE PLOMO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍAS**, que ha sido desarrollada por **PINARGOTE ARAUZ MARÍA EUGENIA y VERA RAMOS MARÍA VALENTINA** previa la obtención del título de Magister en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



ING. CARLOS DELGADO VILLAFUERTE, MG. C.A.

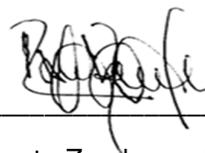
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el trabajo de titulación **ADSORCIÓN DE PLOMO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL EXOSQUELETO DE CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍAS**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **PINARGOTE ARAUZ MARÍA EUGENIA y VERA RAMOS MARÍA VALENTINA**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



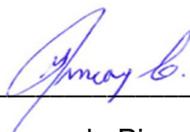
Ing. Jonathan Chicaiza Intriago, Mg.

MIEMBRO



Ec. Roberto Zambrano Farías, Mg.

MIEMBRO



Blga. María Fernanda Pincay Cantos, Mg.

PRESIDENTA

AGRADECIMIENTO

Como prioridad en nuestras vidas agradecemos a Dios por su infinita bondad, y por haber estado con nosotras en los momentos que más lo necesitábamos, por darnos salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por habernos permitido culminar un peldaño más de nuestras metas y porque tenemos la certeza y el gozo de que siempre va a estar con nosotras.

A nuestros padres por ser los mejores, por haber estado conmigo apoyándonos en los momentos difíciles, por dedicar tiempo y esfuerzo para ser unas mujeres de bien, y darme excelentes consejos en mi caminar diario.

A mi hermana, que con sus consejos y dedicación me han acompañado siempre a seguir adelante en mi vida profesional.

A la ESPAM, a sus autoridades y profesores, por abrir sus puertas y darme la confianza necesaria para triunfar en la vida y transmitir sabiduría para mi formación profesional.

María Eugenia Pinargote Arauz

María Valentina Vera Ramos

DEDICATORIA

Dedicamos nuestra tesis a Dios a quién amamos y admiramos; a nuestros extraordinarios Padres, por su noble dedicación y amor, por ser nuestros amigos, nuestros consejeros, y por siempre guiarnos y ser la voz y bendición de Dios como prioridad en nuestra vida.

A mi Hermana por ser apoyo fundamental e incondicional en los momentos muy difíciles de nuestras vida profesional y emocional, por haber dedicado tiempo y esfuerzo para culminar una meta más, por ser ejemplos a seguir y por sobre todas las cosas, por amar a Dios.

A nosotras mismas, por habernos tenido la fuerza necesaria para enfrentarme a todos los obstáculos que se presentaron durante el camino.

Los llevamos siempre en el corazón.

María Eugenia Pinargote Arauz

María Valentina Vera Ramos

CONTENIDO GENERAL

| | |
|---|------|
| DERECHOS DE AUTORÍA | ii |
| CERTIFICACIÓN DE TUTOR | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| DEDICATORIA..... | vi |
| CONTENIDO GENERAL..... | vii |
| CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS | x |
| CUADROS | x |
| FIGURAS | xi |
| GRÁFICOS..... | xi |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 3 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 3 |
| 1.4. HIPÓTESIS | 3 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. AGUA RESIDUAL | 4 |
| 2.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES..... | 4 |
| 2.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR METALES PESADOS | 6 |
| 2.2.1. METALES PESADOS | 6 |
| 2.2.1.2. PLOMO (Pb)..... | 7 |
| 2.2.1.2.1. UTILIZACIÓN DEL PLOMO | 7 |
| 2.4. BATERÍAS..... | 8 |
| 2.4.1. PROCESO QUÍMICO PARA LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS | 9 |
| 2.4.2. PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE BATERÍAS..... | 9 |
| 2.4.3. TIPOS DE BATERÍAS..... | 12 |
| 2.4.4. CONTAMINACIÓN POR LOS RESIDUOS DE BATERÍAS..... | 12 |
| 2.5. PROCESO DE ADSORCIÓN..... | 13 |
| 2.5.1. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR EN LA ADSORCIÓN | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.6. CAMARÓN | 13 |
| 2.6.1. GENERALIDADES MORFOLÓGICAS DEL CAMARÓN | 14 |
| 2.6.1.1. EXOESQUELETO DE CAMARÓN | 15 |
| 2.7.1. CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ADSORBENTE DE METALES PESADOS | 18 |
| 2.7.2. PREPARACIÓN PARA LA CASCARILLA DE ARROZ | 19 |
| 2.8. FILTRO..... | 19 |
| 2.8.1. PROPIEDADES DE LOS FILTROS | 19 |
| 2.8.2. MEDIO FILTRANTE | 21 |
| 2.8.3. CONDUCTO DE DESCARGA | 22 |
| 2.8.4. TIEMPO DE RETENCIÓN | 22 |
| 2.8.5. PORCENTAJE DE REMOCIÓN | 22 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO | 24 |
| 3.1. UBICACIÓN..... | 24 |
| 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO..... | 24 |
| 3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN | 25 |
| 3.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE | 25 |
| 3.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE..... | 25 |
| 3.6. NIVELES DE ESTUDIO | 25 |
| 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL | 26 |
| 3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL | 26 |
| 3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO. | 27 |
| 3.10. PROCEDIMIENTOS..... | 28 |
| 3.10.1. FASE 1. CARACTERIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍA..... | 28 |
| 3.10.2. FASE 2. EVALUAR LA EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXOESQUELETO DEL CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ PARA LA ADSORCIÓN DE PLOMO EN AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍA. | 29 |
| 3.10.3. FASE 3. ANALIZAR EL COSTE ECONÓMICO DEL MEJOR TRATAMIENTO PROPUESTOS EN LA INVESTIGACIÓN..... | 35 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 37 |
| 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍAS | 37 |
| 4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL EXOESQUELETO DEL CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ. | 38 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1. ADSORCIÓN DE PLOMO..... | 38 |
| 4.2.2. pH..... | 41 |
| 4.2.3. TEMPERATURA..... | 44 |
| 4.2.4. CONDUCTIVIDAD | 47 |
| 4.2.5. TURBIDEZ | 48 |
| 4.3. COSTE ECONÓMICO DEL MEJOR FILTRO DE EXOESQUELETO DE CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ..... | 50 |
| 4.4. RESUMEN DE RESULTADOS | 53 |
| 4.5. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... | 54 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 55 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 55 |
| BIBLIOGRAFÍAS | 57 |
| ANEXOS | 64 |

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS

CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 2.1. Propiedades fisicoquímicas y toxicidad de los metales pesados de este estudio. | 7 |
| Cuadro 2.2. Propiedades fisicoquímicas y características de la quitina. | 16 |
| Cuadro 2.3. Composición química de la cascarilla de arroz. | 18 |
| Cuadro 2.4. Clasificación de los filtros. | 20 |
| Cuadro 3.5. Combinaciones de los niveles. | 26 |
| Cuadro 3.6. Descripción del diseño experimental. | 26 |
| Cuadro 3.7. Descripción y especificación de las unidades experimentales. | 27 |
| Cuadro 3.8. Análisis de la varianza. | 34 |
| Cuadro 4.9. Caracterización del agua residual. | 37 |
| Cuadro 4.10. Porcentaje de remoción de plomo (Pb) por tratamientos. | 39 |
| Cuadro 4.11. ANOVA de la variable dependiente adsorción de plomo (Pb). | 40 |
| Cuadro 4.12. Prueba Tukey al 5% de significancia para la variable adsorción de plomo (Pb) de acuerdo a los tratamientos realizados. | 40 |
| Cuadro 4.13. Variación del pH por tratamientos. | 42 |
| Cuadro 4.14. ANOVA del pH. | 43 |
| Cuadro 4.15. Prueba Tukey al 5% de significancia para el pH de acuerdo a los tratamientos realizados. | 43 |
| Cuadro 4.16. Diferencia de temperatura por tratamientos. | 45 |
| Cuadro 4.17. ANOVA de temperatura. | 45 |
| Cuadro 4.18. Prueba Tukey al 5% de significancia para la temperatura de acuerdo a los tratamientos realizados. | 46 |
| Cuadro 4.19. Variación de la conductividad por tratamientos. | 47 |
| Cuadro 4.20. Variación de la turbidez por tratamientos. | 48 |
| Cuadro 4.21. ANOVA de turbidez. | 49 |
| Cuadro 4.22. Prueba Tukey al 5% de significancia para la turbidez de acuerdo a los tratamientos realizados. | 49 |
| Cuadro 4.23. Análisis de costo del mejor tratamiento. | 52 |
| Cuadro 4.24. Resumen de resultados. | 52 |

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo de fabricación de baterías. | 24 |
| Figura 2. Morfología del camarón. | 28 |
| Figura 3. Ubicación geográfica del área donde se produjo la investigación. | 37 |
| Figura 4. Diseño de elaboración del filtro. | |
| Figura 5. Diseño y funcionamiento del filtro. | 44 |
| Figura 6. Diagrama de proceso para la obtención del subproducto exoesqueleto de camarón. | 46 |
| Figura 7. Diagrama de proceso para la obtención del subproducto cascarilla de arroz. | 47 |

GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 4.1. Variación del pH de los tratamientos. | 56 |
| Gráfico 4.2. Medias de temperatura de los tratamientos | 58 |
| Gráfico 4.3. Medias de turbidez de los tratamientos. | 61 |

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la adsorción de plomo mediante la utilización del exoesqueleto de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) como sustratos filtrante en aguas residuales de una industria fabricante de baterías. Para ello se utilizó el diseño bifactorial completamente aleatorio que consiste en cuatro tratamientos con tres repeticiones, con 30 % - 60 % y 70 % - 40 % de exoesqueleto de camarón y 70% - 40 % y 30 % - 60 % de cascarilla de arroz filtrando un litro de agua residual. Se efectuaron análisis fisicoquímico tales como: plomo, conductividad eléctrica, turbidez, temperatura y pH. Los porcentajes de remoción resultantes de los parámetros de caracterización evaluados demostraron que el contenido de Pb inicial hallado en el agua residual de la industria fabricante de baterías fue de 8,22 mg/l siendo este superior al límite máximo permisible declarados en el Libro VI anexo 1 del texto unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), mismo que establece un límite máximo de 0,5 mg/l. La hipótesis alternativa en esta investigación fue aceptada, logrando alcanzar un 79,36% de remoción, simultáneamente al porcentaje propuesto en la hipótesis planteada, donde se enfatizó la significancia en el tratamiento T₃ con mayor cantidad de exoesqueleto de camarón gracias a sus propiedades fisicoquímicas. Se analizó la factibilidad económica por medio del método de costo de producción del mejor tratamiento; estableciendo un precio de \$25,35 sin IVA la cual tiene una factibilidad económica viable.

PALABRAS CLAVE

Sustratos, exoesqueleto, adsorción, agua residual, filtración.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the adsorption of lead by using the exoskeleton of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and rice husk (*Oryza sativa*) as filter substrates in wastewater from a battery manufacturing industry. For this, the completely random bifactorial design was used, consisting of four treatments with three repetitions, with 30% - 60% and 70% - 40% of shrimp exoskeleton and 70% - 40% and 30% - 60% of rice husk. Filtering a liter of residual water. Physicochemical analyzes were carried out such as: lead, electrical conductivity, turbidity, temperature and pH. The removal percentages resulting from the evaluated characterization parameters showed that the initial Pb content found in the wastewater of the battery manufacturing industry was 8.22 mg / l, this being higher than the maximum permissible limit established in Annex 1 of the Book VI of the unified text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA), which establishes a maximum limit of 0.5 mg / l. The alternative hypothesis in this research was accepted, achieving 79.36% removal, simultaneously with the percentage proposed in the proposed hypothesis, where significance was emphasized in the T3 treatment with a higher amount of shrimp exoskeleton thanks to its physicochemical properties. The economic feasibility of the best treatment was studied using the production cost method; establishing a price of \$ 25.35 without VAT which has a viable economic feasibility.

KEY WORDS

Substrates, exoskeleton, adsorption, wastewater, filtration.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un recurso vital e imprescindible para la salud, el bienestar humano, y la protección del medio ambiente. El uso de los recursos hídricos supera las necesidades básicas del ser humano, siendo el agua la base de la energía y la base de la producción agrícola e industrial (Fernández, 2012, p.148). El Artículo 107 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos (2014) establece que el recurso agua es de gran importancia para las actividades diarias del hombre y desarrollo del mismo; la Secretaria General de las Naciones Unidas, (2015) menciona que en la agricultura y para procesos industriales de aquellas actividades se producen grandes volúmenes de metales pesados y desechos peligrosos, aumentando la contaminación de las aguas subterráneas.

En el mundo, el 80% de las aguas residuales no tratadas son fuente de contaminación y el agua recuperada de las redes de tratamiento de aguas residuales urbanas equivale en promedio al 70% al 80% de América Latina y el Caribe (Organización de las Naciones Unidas, [ONU] 2017).

A lo largo de los últimos años, el crecimiento de las industrias ha generado un grave problema de contaminación ambiental, debido a que sus efluentes son descargados directamente a cuerpos receptores sin un tratamiento previo (Altamirano y Peñafiel, 2019).

En Ecuador existen aproximadamente 3 empresas que fabrican baterías para vehículos; la mayoría le realizan un pretratamiento a sus efluentes residuales los cuales reducen la carga contaminante, aunque aquellas no logran los límites máximos permisibles que se requiere para disminuir la contaminación, principalmente son los metales pesados en determinado el plomo que es el más utilizados para la elaboración de estas baterías (Beltrán, 2010).

Rodríguez (2013) manifiesta que, el plomo es uno de los metales más tóxicos, debido a sus componentes como es el ácido sulfúrico (H_2SO_4) el cual afecta el valor de pH, y el óxido de plomo (PbO) en la concentración de metales en el agua. Altamirano y Peñafiel, (2019) indican que el plomo es extendido y destacable en casi todos los

componentes ambientales, alterando la salud del ser humano o del medio donde se encuentre. Caviedes et al., (2015) describen que existe un sistema de filtración a base de subproductos como cascarilla de arroz, cáscara de naranja, exoesqueletos de camarón, lo cual es un proceso que reduce la presencia de contaminantes como los metales pesados en aguas residuales, para así prevenir problemas ambientales, devolviendo al medio ambiente, aguas descontaminadas y a la vez disminuir costos de tratamientos en las industrias (Caviedes et al., 2015).

De acuerdo a los párrafos anteriores, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál será la eficiencia del exoesqueleto de camarón y la cascarilla de arroz en la adsorción de plomo en aguas residuales provenientes de la industria de batería?.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Ecuador es un país compuesto por muchas industrias, que tienen efectos deficientes en el tratamiento de aguas residuales, de manera que en la mayoría de los casos son descargados al sistema de alcantarillado urbano sin previo tratamiento (Carrión, 2016, p. 15).

El objetivo 3 del "Plan Nacional Toda una Vida", certifica los derechos de la naturaleza y promueve la sostenibilidad ambiental territorial y global; en concordancia con lo que establece el artículo 12 de la Constitución del Ecuador, (2008) "El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida" el estudio se desarrollará con la finalidad de determinar la adsorción de plomo en agua residual procedentes de "Baterías Ecuador" mediante la utilización del exoesqueleto de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*).

Existen métodos de adsorción para tratar aguas residuales contaminadas por metales pesados. Córdova (2010) afirma que el exoesqueleto de camarón es un subproducto que contiene quitina, y entre sus propiedades está la adsorción de metales pesados como: mercurio, níquel, cromo, plomo y cobre. Llanos, Ríos, Augusto y Rodríguez (2016) mencionan que existen alternativas de descontaminación utilizando la cascarilla de arroz, puesto que, gracias a sus

características fisicoquímicas y su capacidad de adsorción, es un método eficiente para tratar aguas residuales industriales (p.153).

Morales, (2019) y Arévalo, (2017) coinciden en su investigación realizada que el uso de estos subproductos como material adsorbente para procesos de remoción de metales, tiene como finalidad solucionar problemas de contaminación que resultan eficientes y económicas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la adsorción de plomo mediante la utilización del exoesqueleto de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) en aguas residuales de la industria fabricante de baterías.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos del agua residual de la industria fabricante de baterías.
- Evaluar la eficiencia de los tratamientos de exoesqueleto del camarón y cascarilla de arroz en la adsorción de plomo en agua residual de la industria fabricante de baterías.
- Analizar el coste económico de los tratamientos propuestos en la investigación.

1.4. HIPÓTESIS

Los filtros conformados con exoesqueleto de camarón con el 40% y la cascarilla de arroz con un 60% mejoran la eficiencia de adsorción de plomo en un 70% en aguas residuales de la industria fabricante de baterías.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales se refieren al agua cuyas características han cambiado por actividades antropogénicas y necesitan de un tratamiento previo, para un mejor uso (Fiscalización Ambiental en Aguas Residual, 2014).

2.1.1. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El agua es una parte indispensable de cualquier industria, y su naturaleza básica en el proceso productivo de la minería, agricultura, energía, agricultura e industria, entre otras, o simplemente para limpieza de los espacios e instalaciones fabriles (Merizalde et al., 2019).

La eliminación de aguas residuales líquidas es una parte importante de la gestión ambiental en cualquier industria. Debe utilizarse en doble responsabilidad social por el medio ambiente y como parte del proceso de producción (Campoverde, 2019).

2.1.2. CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

El agua residual puede variar en el contenido de concentración de sustancias, estas van a depender del tipo de proceso que se ha generado, y por ende presenta diferentes características fisicoquímicas, las mismas que son necesarias para poder tener un manejo adecuado del recurso (Rigola, 1999, p.34).

A través de su estado físico, las aguas residuales se pueden identificar y dividir en fragmentos en suspensión, fragmentos coloidales y fragmentos solubles en función de su olor, color y temperatura. (Rigola, 1999, p.35).

Chamorro, (2018) refiere que los parámetros fisicoquímicos más importantes que se le hacen a una muestra de agua residual son:

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Este parámetro calcula la cantidad de materia orgánica en una muestra líquida que puede oxidarse químicamente. Se formula en miligramos por litro de oxígeno diatómico ($\text{mg O}_2 / \text{l}$).

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO):** Es una medida que se utiliza para evaluar la cantidad total de sustancias que pueden ser consumidas u oxidadas por medios biológicos contenidas en una muestra líquida y para determinar el grado de contaminación. Se enuncia en miligramos por litro de oxígeno diatómico ($\text{mg O}_2 / \text{l}$).
- **Conductividad eléctrica (CE):** Es la capacidad del líquido para trasladar corriente. Este desplazamiento depende de la presencia de iones y su concentración total, movilidad iónica, valencia y agrupación relativa y temperatura de medición. Se expresa en Siemens por metro (S / m).
- **Nitrógeno:** En las aguas naturales y residuales, las formas de nitrógeno más afectadas son el nitrato, el nitrito, el amoníaco y el nitrógeno orgánico en orden descendente de su estado de oxidación. Todas estas formas de nitrógeno son las mismas que el nitrógeno (N_2), que no se puede convertir bioquímicamente y forman parte del ciclo del nitrógeno.
- **Sólidos totales (ST):** El contenido total de sólidos en el agua constituye el total de sólidos y estos pueden ser sólidos orgánicos e inorgánicos. Se enuncia en mg/l .
- **Sólidos totales disueltos (SDT):** estos no sedimentan en el agua y se encuentran en estado iónico o molecular. Se formula en mg/l .
- **El pH:** está profundamente relacionado con la calidad del agua. Es un componente muy significativo. Es un indicador con números de iones de hidrógeno que representa en categoría de acidez o alcalinidad y es equilibrado en una escala que va de 0 a 14.
- **Temperatura:** las transacciones dependerán de la zona y época del año en la que se realice la medición. Considerando un rango de entre 15 y 30°C en casos ambientales extremos. El rango de temperatura en el agua residual afecta al proceso biológico de filtrado.

2.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR METALES PESADOS

Los metales pesados afectan a los humanos debido a su toxicidad, y la acumulación es uno de las afectaciones de la cadena nutricional y todo el ecosistema. En países menos desarrollados, uno de los muchos casos de contaminación del agua por metales pesados ocurrió en la planta de lubricación metalúrgica y repuestos de carros (Cañizares, 2000).

2.2.1. METALES PESADOS

Los metales pesados representan a un grupo de elementos de la tabla periódica que comparten muchas características, como densidad o toxicidad. Sin embargo, este es un término confuso porque no todos los elementos del grupo tienen los mismos atributos. Aun así, el término se ha vuelto imprescindible para referirse a este grupo de elementos químicos a nivel legal y científico (Vera et al., 2016).

Los metales pesados son sustancias tóxicas y no biodegradables que pueden acumularse en los sedimentos y servir de alimento a los organismos vivos de los seres humanos y otros animales, provocando graves efectos sobre el medio ambiente y la salud humana (Lenntech, 2017).

En el Cuadro 2.1 se puede observar los elementos químicos con mayor toxicidad y que representan riesgo a la salud de los humanos: En el grupo 1 se localizan los cancerígenos para humanos, grupo 2B probablemente cancerígeno para humanos y el grupo 3 no se puede clasificar como cancerígeno para humanos (Registry Agency for Toxic Substances and Disease [ATSDR], 2017).

Cuadro 2.1. Propiedades fisicoquímicas y toxicidad de los metales pesados de este estudio.

| Elemento | Densidad (g·cm ⁻³) a 20 °C | Peso molecular (g·ml ⁻¹) | Solubilidad | Toxicidad (grupos) |
|-------------|---|---|-------------|-----------------------|
| Plomo | 11,340 | 207,200 | Insoluble | 2B |
| Cromo (III) | 7,200 | 51,996 | Insoluble | 3 |
| Cromo(VI) | 7,200 | 51,996 | Insoluble | 1 |
| Cadmio | 8,650 | 112,400 | Insoluble | 1 |
| Cobre | 8,960 | 63,546 | Insoluble | 3 |

Fuente: Empresa Lenntech y la IARC, (2017).

2.2.1.2. PLOMO (Pb)

El plomo es un metal pesado con una masa atómica de 207,19 g·mol⁻¹ a 20° C y una densidad de 11,34 g·cm⁻³. Este metal se encuentra naturalmente en el medio, específicamente en la corteza terrestre. Su proporción en la corteza es de unos 15 mg·kg⁻¹, y la cantidad total considerada es de 3,8 × 10¹⁴ toneladas (Badillo, 1992).

“La exposición del plomo puede darse por ingestión de alimentos y agua potable contaminada, y por ingestión involuntaria como pintura de plomo o partículas de polvo del suelo. Además, el 95% del plomo inorgánico se adsorbe por inhalación” (La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer [IARC], 2016).

2.2.1.2.1. UTILIZACIÓN DEL PLOMO

El 40% del plomo se utiliza como metal, el 25% del plomo se utiliza para aplicaciones de aleaciones y el 35% del plomo se utiliza como compuesto de origen orgánico e inorgánico. En la producción de pinturas y componentes de baterías de automóviles, algunas de las principales aplicaciones son el óxido de plomo (IARC, 2016).

En los últimos años, su uso ha sufrido cambios decisivos. Los usos clásicos, como soldadura, hierro químico y de construcción, pintura, cables, etc., se han degradado significativamente (Burger y Román, 2010).

Burger y Román, (2010) comentan que hay usos especiales del plomo, los cuales le hacen imprescindible o difícilmente cambiabile por ejemplo:

- Baterías para autos, transporte, fabricaciones, diligencias militares, bienes continuos y de seguridad, energía solar, etc.
- Protección de todo tipo contra radiaciones.
- Vidrios específicos para estudios técnicos o artísticos.
- Soldaduras, revestimientos, defensa de superficies, etc.

2.3. MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL

Es una técnica en la que se extrae una pequeña porción de agua representativa para analizar sus diversas características, de manera que sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos se puedan determinar mediante análisis de laboratorio (Valencia, 2013).

El volumen de la muestra es preferible de 100 ml o más. Por lo usual, las muestras simples son 1-2 litros, las muestras compuestas son 3-4 litros y un solo volumen de 120 ml (Barreto, 2010).

Se debe tomar la muestra a una profundidad de 15 a 30 cm desde la superficie, evitando en todo momento tocar las paredes del tanque o recipiente que se encuentre el agua residual de manera posible tomar la muestra en la parte del centro. Se puede realizar la muestra de forma manual o en algún caso con ayuda de equipo comercial (Instituto de Toxicología de la Defensa, 2016).

Barreto, (2010) manifiesta que una vez que la muestra se ha recolectada, se debe almacenar en un recipiente adecuado: bolsa de papel o plástico, o botella de plástico y mantener lo más original posible para evitar cualquier tipo de corrupción y de transformación. Es recomendable que las determinaciones relativas a pH, cloro, conductividad y temperatura se realicen “in situ”.

2.4. BATERÍAS

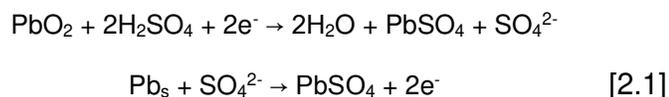
El acumulador o batería es un tipo de elemento utilizado para el arranque de los automóviles convencionales que permite almacenar energía en forma química a través de proceso de carga, y liberarla como energía eléctrica, durante la descarga, mediante reacciones químicas variables cuando se conecta con un circuito de utilización externo. El acumulador más consumido en la actualidad,

dado su costo bajo, es la batería de plomo-ácido la cual contiene elementos altamente contaminantes, como el plomo en un 63%, de agua y ácido sulfúrico 23% y de plástico polipropileno un 7% (Álvarez, 2010).

El Ecuador consta con tres primordiales fábricas de baterías automóviles y de motocicletas son Tecnova S.A (Baterías Bosh), FABRIBAT CIA. LTDA (Baterías Ecuador) y las Industrias Dacar Cia. Ltda (FOLDEAR, 2015).

2.4.1. PROCESO QUÍMICO PARA LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS

En este proceso, el plomo metálico se mezcla con ácido sulfúrico para producir ($2\text{H}_2\text{SO}_4$) y también se oxida el sulfato de plomo (PbSO_4). Posteriormente, cuando se usa electricidad entre las placas, se produce la electrólisis del agua, liberando así hidrógeno (H_2) en la placa negativa y oxígeno (O_2) en la placa positiva, que a su vez genera dióxido de plomo (PbO_2). Hay pérdida de partículas tanto en las películas positivas como en las negativas, por lo que se denomina plomo poroso (Pb_s). Como se muestra en la ecuación 2.1, que muestra las características de la carga, el lado derecho muestra los resultados iniciales de oxidación (Álvarez, 2010).



En las últimas décadas, la existencia de metales pesados en los cuerpos de agua y sus posibles efectos negativos ha sido objeto de numerosos estudios en ciencias ambientales. En la actualidad, la adsorción con subproductos agrícolas se ha convertido en una alternativa viable (Burger y Román, 2010).

2.4.2. PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE BATERÍAS

Por la naturaleza de la materia prima utilizada en el proceso de fabricación, el ácido sulfúrico (H_2SO_4) perturba en el valor de pH, y el plomo (Pb) / óxido de plomo (PbO) en la concentración del metal en el agua. El agua acidificada generada durante el proceso de carga se descarga en el tanque de descarga de electrolitos (CDE), se canaliza a la caja de registro y luego se envía al pozo de recolección de aguas residuales (PRAR) para su tratamiento. Una vez que se prepara la pasta, en lugar de mezclarla, el proceso de pegado es un proceso

continuo. El agua de metal acidificada se descarga en el pozo de precipitación y filtración (PSF), luego en la caja de convección y finalmente en el PRAR para el tratamiento de sosa cáustica. Los residuos o lodos de plomo que permanecen sedimentados son recogidos de los rellenos sanitarios y ubicados en bolsos 57 plásticos o envases y llevados al área de Reciclaje para su posterior tratamiento con una empresa Gestora de Residuos de Plomo. Una vez que la batería esté completamente cargada, ingresará al área de preparación; limpie, seque y etiquete adecuadamente la batería (Altamirano y Peñafiel, 2012).

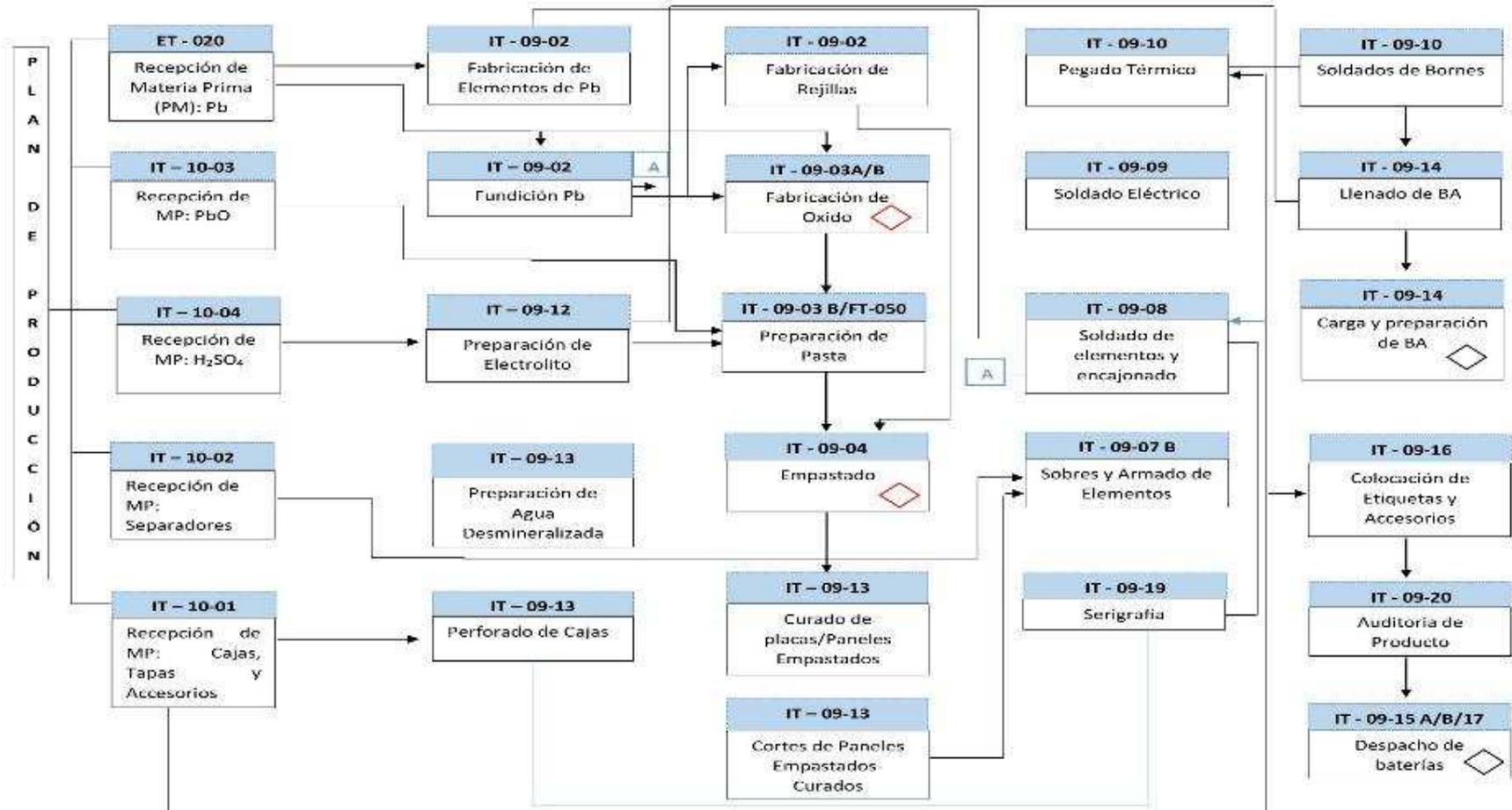


Figura 1. Diagrama de flujo de fabricación de baterías.

Fuente: Altamirano y Peñafiel, (2012).

2.4.3. TIPOS DE BATERÍAS

Padilla y Muñoz, (2017) sostiene en su investigación que existen 3 tipos de baterías de las cuales son:

- **Baterías de arranque o SLI5:** Son diseñadas esencialmente para encender motores de combustión interna, estos pueden ser como automóviles, camiones, motores estacionarios, tractores, plantas generadoras, embarcaciones, aeronaves, etc.
- **Baterías de tracción:** Este tipo de baterías son elaboradas para poder suministrar energías a vehículos eléctricos estos pueden ser: grúas horquillas, traspaletas, montacargas, carros de golf, sillas de ruedas apiladoras eléctricos
- **Baterías estacionarias o de reserva:** Fueron elaboradas para las aplicaciones en los sistemas de alarmas contra incendios, de alumbrados de energías públicos, de sistema de alimentación interrumpida (0 UPS7), aparatos de telecomunicaciones, entre otros.

2.4.4. CONTAMINACIÓN POR LOS RESIDUOS DE BATERÍAS

Una vez que las baterías de vehículos se desgastan, se consideran residuos peligrosos, porque contienen sustancias que se clasifican como sustancias tóxicas o contaminantes ambientales y, por lo tanto, representan riesgos para el medio ambiente y la salud humana. (Crespo, 2015).

Las empresas separan los componentes de cada batería y luego los suministran o intentan incinerar cada parte, especialmente las partes que ya no se pueden reutilizar. El propósito no es almacenarlas públicamente, pero la mayoría opta por enviarlas a la a vertederos Municipales. En este espacio, además de afectar la salud de los basureros, también pueden provocar incendios porque emiten sustancias nocivas para la salud, como reactivos, explosivos y sustancias tóxicas (Crespo, 2015).

2.5. PROCESO DE ADSORCIÓN

La adsorción es un proceso que incluye un espacio sólido (biomasa) y otro líquido (agua), que contienen las sustancias diluidas en efecto (iones de metales pesados) para ser adsorbidas. El tiempo de adsorción para que transcurra correctamente, los grupos funcionales de la biomasa deben tener una alta afinidad con los contaminantes (Russell, 2012).

2.5.1. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR EN LA ADSORCIÓN

Tejada et al., (2015) alude en su investigación que existen varios factores que afectan el fenómeno de adsorción en sistemas líquidos los cuales son:

- **EL pH.** Este parámetro puede variar según la forma y el tipo de adsorbente que se esté utilizando alrededor de 1,5 y 4 aniónica o 4,5 catiónica. El pH conmueve la carga de superficie del adsorbente, así como la calidad de ionización y especiación de los diferentes contaminantes.
- **TAMAÑO DE LA PARTÍCULA.** El tamaño de la partícula dependerá del adsorbente de la capacidad que tenga este, por lo que, a mayor tamaño del adsorbente las partículas podrán adsorber el contaminante de mejor manera.
- **CANTIDAD DEL ADSORBENTE.** Se debe establecer un equilibrio entre el medio sólido y líquido, Por tanto, de acuerdo con las propiedades físicas del adsorbente, el medio adsorbente puede retener una cantidad suficiente de contaminantes en volumen.
- **VELOCIDAD.** La velocidad de adsorción se puede transformar por factores propios del espacio de adsorción. Entre los primeros están la solubilidad y la constante de separación, es decir, si se ioniza o no.

2.6. CAMARÓN

El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es un decápodo perteneciente a familia Penaeoidea. Su ciclo de vida se encuentra representado por seis etapas que son: nauplio, protozea, mysis, postlarva, juvenil y adulto. Es una especie Es originaria de la costa este del Océano Pacífico, desde la isla de Sonora en

México hacia el norte, hasta Centroamérica y Sudamérica en Tumbes de Perú, hábitat marino tropical donde la temperatura del agua es normalmente superior de 20°C (Cabrera, 2018).

2.6.1. GENERALIDADES MORFOLÓGICAS DEL CAMARÓN

Lara, (2015) expresa que el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es la especie que logra el mejor rendimiento de crecimiento y también es una especie que es mejor tolerante a las condiciones ambientales del cautiverio artificial. Miden entre 10 y 15 milímetros, tienen la parte inferior pequeñas, bordes de mentón fibrosos, colas largas en relación con el cuerpo y conchas desiguales y grises.

En agua dulce y agua salada, se encuentran de forma fácil en todo el planeta. Básicamente se alimenta de pequeños animales. Los subproductos del cultivo de camarón se pueden dividir en sólidos y líquidos. Los primeros productos que encontramos fueron: el cefalotórax, cutícula o epidermis, órganos internos y carne picada que no fueron removidos en el trabajo de pelado, mientras que la lejía representa desperdicio líquido o desperdicio líquido (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, [FAO] 2017).

El beneficio de esta especie en subproductos, se tiene en la cola con cáscara, oscila entre 35 y 45% relativo al peso total del camarón. Las conchas y muchos crustáceos, incluidos los camarones, contienen proteínas, líquidos y pigmentos. La producción mundial de camarón es de aproximadamente 6 millones de toneladas por año; y aproximadamente el 60% se comercializa en el mercado mundial. (FAO, 2017).

En cuanto a la morfología, el peso del camarón es el 37,84 % del cefalotórax o la cabeza, y el peso del abdomen o la cola es del 27 al 30%. Enfatizar que el residuo compuesto por camarón depende del tipo de ingresos a vender (Sequeiros, 2015).

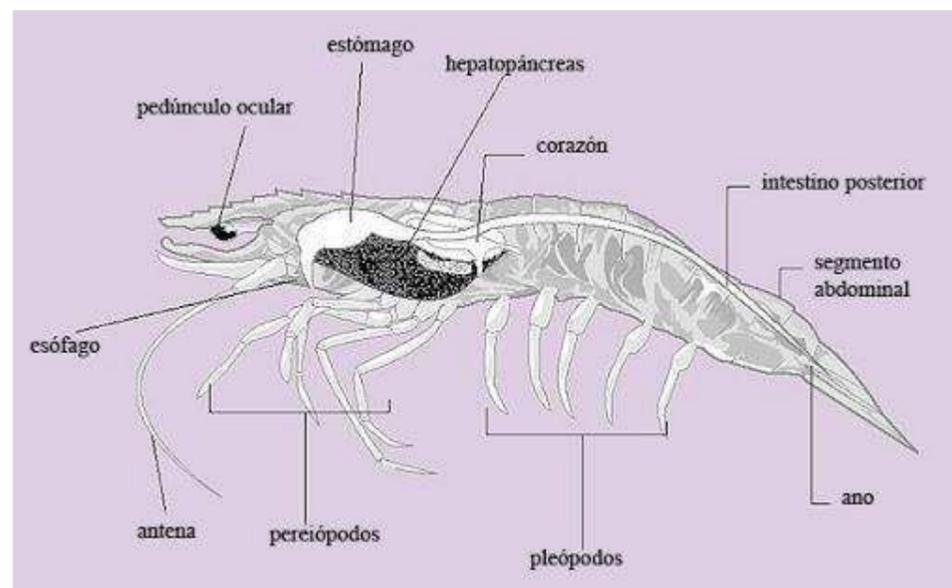


Figura 2. Morfología del camarón.

Fuente: FAO, (1995)

2.6.1.1. EXOESQUELETO DE CAMARÓN

El exoesqueleto de camarón desechado industrialmente se puede usar para obtener quitina y quitosano usando reactivos comerciales muy baratos. El quitosano es un biopolímero con muchos usos, incluida la eliminación de metales pesados de las aguas residuales y su uso en farmacología y agroindustria (Díaz y Pájaro, 2012, p.287).

- **COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL EXOESQUELETO**

Andrade, (2015) menciona que el caparazón o materia prima está constituido por quitina, proteínas, pigmentos y cenizas con un alto porcentaje de calcio, seguido de magnesio y fósforo.

Cuadro 2.2. Composición de exoesqueleto de camarón.

| COMPONENTE | PORCENTAJE (%) |
|------------|----------------|
| Quitina | 17 – 32 |
| Proteína | 17 – 42 |
| Pigmentos | 1 – 14 |
| Cenizas | 41 – 46 |

Fuente: Baxter, (2015).

De acuerdo a Torres y Altamirano, (2015) la quitina es un polisacárido no dañino y biodegradable que se caracteriza por ser insoluble en solventes comunes, fue descubierto por primera vez en 1884, es el segundo polímero natural más grande después de la celulosa. Actualmente la primordial fuente de obtención de esta sustancia son los crustáceos (cangrejo, camarón, langosta, etc.).

La quitina en volumen se ha obtenido con éxito a nivel mundial, alrededor de 120000 ton/año. Estos números se han logrado porque alrededor del 14 al 35% de la quitina en la cáscara de los crustáceos está relacionada con las proteínas. Dentro de las aplicaciones que se encuentran el desarrollo de productos en las industrias farmacéuticas, alimenticias y cosméticas.

Cuadro 2.3. Propiedades fisicoquímicas y características de la quitina.

| QUITINA | | | |
|-------------|--|-------------------------|-----------------------------|
| PROPIEDADES | | CARACTERÍSTICAS | |
| ? | Blanca | Producto Natural | 10 ⁶ g/mol |
| ? | Dura | | |
| ? | Inelástica | Peso Molecular | |
| ? | No presenta solubilidad en el agua y en disolventes orgánicos. | Producto Comercial | 3-5 x 10 ⁵ g/mol |
| ? | Biodegradable (lentamente). | Grado de Desacetilación | 66% |
| | | Contenido de Humedad | 2-10% |
| | | Contenido de cenizas | <2% |
| | | Contenido de Nitrógeno | 6-7% |

Fuente: Younes y Rinaudo, (2015).

- **FUENTE DE QUITINA**

El polímero también se conoce como poli ((1-4)-2-acetamido-2-desoxi-glucopiranos), que se trata mediante reflujo cáustico a temperatura de ebullición, quitosano o poli ((1-4)-2-Amino-2-desoxi-D-glucopiranos) (Flores, 2017).

Miranda, (2011) manifiesta que la principal fuente industrial de quitina son los exoesqueletos de muchos crustáceos (cangrejos, langostas, camarones y camarones) porque se encuentran fácilmente en las plantas de procesamiento de estas especies. En camarones y cangrejos, la quitina representa el 14-27% y el 13-15% de la epidermis correspondientemente, En la epidermis de los crustáceos, la quitina está estrechamente relacionada con las proteínas, las sales inorgánicas (como el carbonato de calcio) y los lípidos, incluidos los pigmentos, por lo que el proceso de separación incluye varias etapas de purificación. Las conchas de almejas y de ostras contienen mucha quitina.

- **QUITOSANO**

El quitosano y la quitina polímeros (en orden poli (D-acetilglucosamina) y poli (β -glucosamina) son bien destacados por su adsorción de iones metálicos, debido a su mayor contenido de grupos amino (Flores, 2017).

Los biopolímeros tienen propiedades de cambio iónico quelante y excluyen iones de una dimensión determinado en apariencia de una gran cantidad de otros iones. Los grupos amino pueden adsorber metales mediante varios mecanismos, comprendidas interacciones químicas como la quelación, interacciones electrostáticas, intercambio iónico o formación de pares iónicos. Los procesos basados en quitosano se utilizan comúnmente para adsorber iones metálicos de medios acuosos (Flores, 2017).

- **PREPARACIÓN DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN**

Para Bernadette, (2014) el exoesqueleto de camarón para ser utilizado se le realiza una preparación previa que consiste en los siguientes pasos:

- **Lavado:** Lavar las cáscaras de camarón usando agua potable, esto se hace para eliminar todo tipo de impurezas presentes en los desechos de camarón, asegurando así el alto rendimiento del proceso.

- **Secado:** las cáscaras de camarón son secadas con ayuda de una estufa, a una temperatura de 90 °C por 10 horas.
- **Molienda:** Una vez que las cáscaras estén libres de humedad se realiza la molienda con el uso de un molino ultra centrífugo con un tamiz de diámetro de partícula de 2 mm, con El propósito es reducir el tamaño de partícula para mejorar el contacto de las materias primas con los reactivos utilizados en cada etapa.

2.7. CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es tejido vegetal lignocelulósico representando un 85% de material orgánica, compuesto por celulosa, lignina, D-xilosa y pequeñas cantidades de D-galactosa. La celulosa es un polisacárido compuesto por elementos de glucosa, material severo e insoluble, y su estructura química se muestra (Pereira, 2017). En el cuadro 2.4 se encuentra la composición de la cascarilla de arroz.

Cuadro 2.4. Composición química de la cascarilla de arroz.

| Análisis composicional | (%) Abundancia | (%) Promedio reportado |
|------------------------|----------------|------------------------|
| Celulosa | 60,12 | 41,20 |
| Hemicelulosa | 11,19 | 21,00 |
| Lignina | 6,66 | 22,40 |
| Cenizas | 15,90 | 17,40 |

Fuente: Pereira, (2017).

2.7.1. CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ADSORBENTE DE METALES PESADOS

Rodríguez, (2012) indica que debido a las propiedades fisicoquímicas de la cascarilla de arroz como residuo agroindustrial se considera un material viable y económico para eliminar diferentes contaminantes como tintes y principalmente metales pesados. El hecho de que los residuos sean fáciles de manipular y de usar los hace atractivos porque se utilizan en el proceso de depuración, resolviendo así dos problemas ambientales, como una alternativa en procesos de descontaminación en forma directa, sin embargo, se utiliza y se da un manejo

a la cascarilla para eliminar los contaminantes que tienen un impacto significativo en el medio ambiente de los cuerpos de agua.

Herrera et al., (2011) en su investigación alude que debido a su alta disponibilidad, bajo costo y biodegradabilidad, es preferible utilizar subproductos agrícolas. Es notable la capacidad de adsorción de la cáscarilla de arroz, que se atribuye a las propiedades de sus componentes, celulosa, hemicelulosa, lignina y determinadas proteínas, permitiendo la remoción de metales en solución con porcentajes hasta del 80%.

Una de las propiedades físicas más importantes de la cáscara de arroz es su baja densidad y requiere un gran espacio de almacenamiento. Además, este material tiene determinadas propiedades físicas y químicas que dificultan su biodegradación y por tanto se convierten en un importante contaminante (Rodríguez et al., 2016).

2.7.2. PREPARACIÓN PARA LA CASCARILLA DE ARROZ

Doria et al., (2011) implantan que el subproducto es fragmentado y lavado repetidamente (mínimo 4 veces) con agua destilada con la intención de eliminar pigmentos alternas que obstaculicen en la medición instrumental seleccionada para el rastreo de este metal. Consecutivamente, el material es sometido a secado durante 48 horas en un horno a 90°C. El sólido seco es pasado a trituration y luego es zarandeado para obtener partículas de tamaño semejante (> 500 µm).

2.8. FILTRO

Es un instrumento o manto poroso que permite que el fluido atraviese una capa permeable, que tiene la función de separar componentes dentro de un rango de frecuencia específico definido por el diseñador. La filtración es uno de los procesos importantes en la depuración de aguas residuales, porque en esta etapa, la calidad del agua cumple con el estándar (Cogollos, 2016).

2.8.1. PROPIEDADES DE LOS FILTROS

Pérez, (2007) exhibe que el esquema de los filtros y la valoración debe apoyarse en, la intuición de las variables que intervienen el proceso, y el conocimiento de

aparatos responsables de la eliminación de materia particulado del agua residual, las características notables son:

- Convierte partículas y materia coloidal no sedimentable.
- Aumenta la eliminación de sólidos suspendidos, turbiedad, fósforo, DBO5, DQO, metales pesados, bacterias, huevos de gusanos, virus y otras sustancias.
- Mejora la eficiencia y disminuye el costo de purificación a través de la remoción de materia orgánica suspendida y otras sustancias interferentes.
- Afirma el trabajo continuo de la planta y calidad invariable del efluente.

Moreno, (2009) señala la clasificación de la filtración donde se puede verificar mediante los diferentes soportes de filtrado:

- **Filtración de soporte delgado:** Existen muchos tipos de filtros con soportes finos, se define como la forma de trabajar en un filtro abierto que funciona en filtros atmosféricos y de presión, la filtración fina se suele llamar microfiltración para distinguirla de ellos, la filtración con partículas retenidas sumado a una ultrafiltración de 150 u y su capacidad de filtración está entre 0,4 y 0,004 u.
- **Filtración de un soporte grueso:** este tipo de filtración, no solo induce una retención en superficie, sino también una conservación sobre una cierta profundidad que, sin embargo, nunca es significativa.
- **Filtración de soporte con precarga:** en esta filtración se utiliza filtros con precargas para caudales importantes, sin que se produzca el ahogo definitivo del elemento filtrante.

De acuerdo a Crites y Tchobanoglous, (2000) como se proyecta en la tabla 2.5 sobre la clasificación de los filtros:

Cuadro 2.5. Clasificación de los filtros.

| Según la velocidad de filtración | Según el medio filtrante usado | Según el sentido del flujo | Según la carga hidráulica sobre el lecho |
|---|---|---|--|
| Filtro rápido carga superficial de 120 a 360 m ³ /m ² /d | <ol style="list-style-type: none"> 1. Arena: altura de 60 a 75 cm 2. Antracita: altura de 60 a 75 cm 3. Mixtos: antracita (h=35 a 50 cm) Arena (h=20 a 35 cm) 4. Mixtos: arena, antracita, granate. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ascendentes: flujo de abajo hacia arriba. 2. Descendentes: flujo de arriba hacia abajo. 3. Mixto: flujo con parte ascendente y parte descendente | <ol style="list-style-type: none"> 1. Por gravedad 2. Por presión 3. Cerrados, metálicos. |
| Filtros lentos Carga superficial de 7 a 14 m ³ /m ² /d. | Arena: altura de 60 a 100cm | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ascendentes 2. Descendentes 3. Horizontal | Por gravedad |

Fuente: Crites y Tchobanoglous, (2000).

2.8.2. MEDIO FILTRANTE

Está compuesto de árido limpio e inerte. Como capa de soporte, tiene piezas de 1/2" para evitar la obstrucción de la tubería de descarga, y encima se colocan piezas de 1/4". Hay una capa precalibrada en la parte superior para lograr un caudal de 0,6 litros por minuto. El papel triturado de 1/2" es un material que pasa por un tamiz de 1/2" y es forzado a pasar por un tamiz de 1/4". Este sirve de drenaje y soporte, por lo que se coloca en la parte inferior del filtro. El espacio libre que forman estos fragmentos permite El agua puede fluir rápidamente a la manguera de salida y, además, puede evitar que el orificio de la manguera se bloquee con desechos de 1/4". (Ramírez y Puma, 2016).

La altura de este estrato es de 2,5 cm. La grava de 1/4" forma la capa intermedia, que es un material que pasa a través de un tamiz de 1/4" y está hecho de un tamiz fino (que consiste en un tamiz fino o un mosquitero de 24 (0,7mm) de 2,5 cm de altura. Material de un colador fino compuesto por mosquiteras metálicas 24 (0,7mm); está compuesto de agregado limpio inerte y debe tener un tamaño de

partícula determinado por un tamaño efectivo de 0,10 mm a 0,25 mm y un factor de similitud de 0,10 mm a 0,25 mm a 1,5 a 2,5. El analizador de tamaño de partículas puede alcanzar un caudal de 0,6 litros por minuto (Ramírez y Puma, 2016).

2.8.3. CONDUCTO DE DESCARGA

Debido al principio físico del recipiente cercano, esta es la única forma de que el filtro drene el agua filtrada. El catéter está hecho de PVC flexible con un diámetro exterior de $\frac{3}{8}$ " de diámetro externo y $\frac{1}{4}$ " de diámetro interno y una longitud de 1m. Se instala desde la parte inferior de la caja del filtro a través de la salida del filtro hasta la salida (Ramírez y Puma, 2016).

2.8.4. TIEMPO DE RETENCIÓN

Entre los factores hidrodinámicos de ajuste del programa de parámetros físicos y químicos, el más notable es el tiempo de retención de agua. El alto tiempo de residencia convierte al pantano en un gran reactor sedimentador, y algunos investigadores lo consideran una trampa para los químicos (organoclorados, hidrocarburos, metales pesados, etc.) que ingresan por diferentes afluentes. El tiempo de retención también influye en el fenómeno de reducción de las sustancias exógenas que ingresan al sistema (INVEMAR, 2009). El tiempo de retención se puede conocer mediante la ecuación 2.2. (Maldonado, 2004).

$$T = V Q \quad [2.2]$$

Donde:

T: tiempo de retención

V: volumen

Q: caudal.

2.8.5. PORCENTAJE DE REMOCIÓN

De acuerdo a los parámetros seleccionados (pH, turbidez, plomo, sólidos, temperatura) se calcula el porcentaje de remoción tal como se la proyecta en la ecuación 2.3 expresado por (Chuchón y Aybar, 2008).

$$\% \text{ Remoción} = \frac{VP_i - VP_f}{VP_i} \times 100 \quad [2.3]$$

Dónde:

- % Remoción
- P_i = Parámetro inicial
- P_f = Parámetro final

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la industria fabricante de baterías en la ciudad de Quito carretera Panamericana situado geográficamente entre las coordenadas 0° 13' 31" Sur, 78° 31' 29" Oeste. A continuación, se muestra la ubicación del área de estudio:

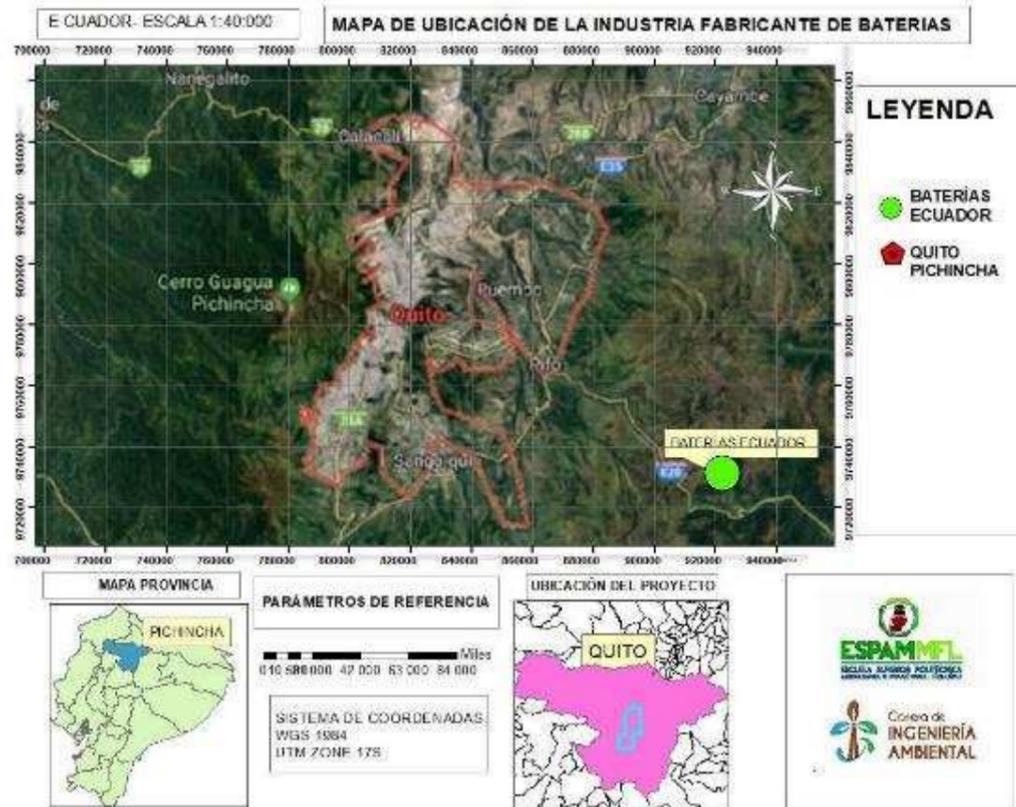


Figura 3. Ubicación geográfica del área donde se produjo la investigación.

Fuente: Google Earth, (2019).

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El actual trabajo de investigación tuvo una duración de 12 meses, la cual se dividió en 2 fases, la primera de 6 meses que es la planificación del proyecto de tesis y en la segunda fase de los 6 meses restantes la ejecución de la misma.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos de investigación empleados fueron, el método inductivo - deductivo, ayudando a todas las estrategias de razonamiento lógico para establecer

afirmaciones de carácter global, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales. (Rodríguez et al., 2017, p.10), método de análisis el cual sirve en la desmembración de un todo, para observar las causas y los efectos relacionados entre sí, también se aplicó el método bibliográfico para la recopilación, análisis y selección de la información extraída de los diferentes medios como revistas, artículos científicos, blog, libros, entre otros, con el fin de darle sustento teórico y científico a la investigación (Lafuente, 2017, p.152), Método estadístico que consistió en como la búsqueda sistemática y exhaustiva de material editado sobre una materia determinada, además se tuvo que inferir a partir del análisis de varianza (ANOVA) y pruebas múltiples de media (tukey) con la finalidad de obtener los resultados adecuados.

3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Las técnicas que se utilizaron fue la observación para corroborar las condiciones en las que se encuentra el agua residual de la industria. Toma de muestra para realizar los análisis fisicoquímicos donde se obtuvo los resultados deseados.

3.5. VARIABLES MEDIDAS

3.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Adsorción de plomo.

3.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Filtro elaborado a base de exoesqueleto de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*).

3.6. NIVELES DE ESTUDIO

Nivel E: Exoesqueleto de camarón (E)

- E1= 30 % - 60 %
- E2 = 70 % - 40 %

Nivel C: Cascarilla de arroz (C)

- C1= 70% - 40 %
- C2 = 30% - 60%

Cuadro 3.6. Combinaciones de los niveles.

| Tratamientos | Cantidad (%) | Agua (L) |
|----------------|--|----------|
| T ₁ | Mezcla 30 % exoesqueleto + 70 % cascanilla | 1 |
| T ₂ | Mezcla 60 % exoesqueleto + 40 % cascanilla | 1 |
| T ₃ | Mezcla 70 % exoesqueleto + 30 % cascanilla | 1 |
| T ₄ | Mezcla 40 % exoesqueleto + 60 % cascanilla | 1 |

Fuente: Autoras.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el diseño experimental se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) Bifactorial 2X2 debido a los dos factores en estudio, con la intención de estudiar el efecto de los niveles utilizando menos corridas experimentales, ya que a cada una de las variables se les confiere la oportunidad de determinar si existe o no una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos, al interaccionar los factores en estudio dan un total de 4 tratamientos con tres repeticiones, teniendo un total de 12 unidades experimentales.

Cuadro 3.7. Descripción del diseño experimental.

| Diseño experimental | DCA 2 x 2 |
|---------------------|---|
| Nº de tratamientos | 4 |
| Nº de repeticiones | 3 |
| Factores en estudio | Cantidad de sustrato de exoesqueleto de camarón y cascanilla de arroz (%) |
| Tukey | 5% |

Fuente: Autoras.

3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL

En el cuadro 3.8 se observan las cantidades necesarias de materia prima e insumos para cada uno de los tratamientos mostrando el diseño experimental combinado para los dos factores expresados en unidades codificadas y detallado para las variables. Dando una experimentación más económica y con un mínimo número de experimentos.

Cuadro 3.8. Descripción y especificación de las unidades experimentales.

| Tratamientos | Repeticiones | Unidades experimentales | Combinaciones | | |
|----------------|--------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|----------|
| | | | Exoesqueleto de camarón % | Cascarilla de arroz % | Agua (L) |
| T ₁ | R1 | 1 | 30 | 70 | 1 |
| | R2 | 2 | 30 | 70 | 1 |
| | R3 | 3 | 30 | 70 | 1 |
| T ₂ | R1 | 4 | 60 | 40 | 1 |
| | R2 | 5 | 60 | 40 | 1 |
| | R3 | 6 | 60 | 40 | 1 |
| T ₃ | R1 | 7 | 70 | 30 | 1 |
| | R2 | 8 | 70 | 30 | 1 |
| | R3 | 9 | 70 | 30 | 1 |
| T ₄ | R1 | 10 | 40 | 60 | 1 |
| | R2 | 11 | 40 | 60 | 1 |
| | R3 | 12 | 40 | 60 | 1 |

Fuente: Autoras.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En el presente estudio se realizó los siguientes análisis estadísticos:

En el InfoStat se llevó a cabo:

- Análisis de la Varianza (ANOVA) - DCA.
- Prueba de Tukey ($p < 0,05$)

En el Microsoft Excel se llevó a cabo:

- Porcentajes para representar la proporción de partes con relación al número total y se considera dividida en cien unidades.
- Promedios para obtener el valor característicos de los resultados obtenidos

- Base de datos para almacenar lo consultado mediante la cantidad de datos relevantes y estructurados en función de las características de selección requeridas.

3.10. PROCEDIMIENTOS

3.10.1. FASE 1. CARACTERIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍA.

Para la caracterización de las muestras de agua residual industrial de la industria de batería se ejecutó diversas actividades:

Actividad 1. Toma de muestra del agua residual.

El punto de recolección se llevó a cabo en la industria de elaboración de baterías de la ciudad de Quito, la cual consistió en tomar una muestra de agua en un recipiente de vidrio de 1 litro a 25 cm de profundidad, en el centro del tanque de almacenamiento a una temperatura de 22,5 °C misma que fue etiquetada y guardada en un cooler en condiciones de refrigeración de 20 °C para luego ser enviada al laboratorio donde se efectuaron los análisis correspondientes.

Para todas las muestras residuales se realizó una mezcla compuesta, se describe a una combinación de muestras sencillas o específicas recolectadas en el mismo área durante diferentes tiempos; con el tiempo, la mayoría de las muestras compuestas se utilizan para observar la concentración promedio, la toma de muestra compuestas puede realizarse de forma manual o mediante un muestreo automático, en esta investigación se realizó de forma manual que consistió en tomar porciones individuales del agua en botellas de boca ancha para poderlas combinarlas en un solo recipiente homogenizando la muestra, la misma que fue tomada en la parte media del reservorio de dicha industria (Instituto de Toxicología de la Defensa, 2016).

Actividad 2. Análisis físicoquímicos

Se realizaron los análisis a una muestra de agua sin tratamiento, con el fin de analizar la concentración inicial de plomo (Pb) existente en el agua de actividades en proceso de producción de baterías. Se ejecutaron los análisis a cada una de las unidades experimentales, en 12 envases de 1 litro previamente esterilizado y rotulado, el método para el análisis de los parámetro a medir fueron de acuerdo a las especificaciones y procedimientos establecidos por el Manual

de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas, (2013) y el laboratorio DEPROINSA S.A., (2012) que están debidamente acreditados por la Norma INEN-ISO/IEC, los mismo que las autoras efectuaron con los instrumentos correspondientes para medir la temperatura, la turbidez y la conductividad los mismos que se desarrollaron en el Laboratorio de la industria de batería, las muestras de análisis del pH y plomo fueron enviadas al laboratorio LABOLAB en la ciudad de Quito.

Cuadro 3.9. Métodos a utilizar

| Parámetro | Método |
|---------------|----------------------------|
| Temperatura | S.M. Ed. 21 2005. 2550 |
| Turbidez | S.M. Ed. 22 2005. 2130 B |
| Conductividad | S.M. Ed. 21. 2005. 2510-20 |
| pH | S.M. Ed. 22 2012. 4500 H |
| plomo | Ión Selectivo |

Fuente: Manual de Métodos Analíticos, (2013); DEPROINSA S.A., (2012).

3.10.2. FASE 2. EVALUAR LA EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXOESQUELETO DEL CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ PARA LA ADSORCIÓN DE PLOMO EN AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍA.

Actividad 3. Diseño del sistema de filtración.

Los filtros fueron construidos de manera consecuente para no generar variación en el experimento, los 12 filtros que como base en cada uno tienen proporciones divididas de exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz para la eficiencia de los mismos. Para el drenaje del agua filtrada se utilizó tubos de PVC.

La estructura del filtro fue de metal con una altura de un 1,25 m y de ancho 1,50 m los respectivos tratamientos están a 1 m de altura del suelo.

En el dimensionamiento de los filtros se aplicó la metodología propuesta por Ramírez y Puma, (2016), donde se estableció la superficie, diámetro del filtro, y se calculó la altura del filtro tal como se manifiesta el cuadro 2.5. Para la construcción de los filtros se efectuaron los siguientes pasos según (Centrone, 2006):

- a) Se colocó conector de $\frac{1}{2}$ " a cada tapa se perforaron 3" a un diámetro de $\frac{1}{2}$ ", además se cortó el tubo 3" a 25 cm de largo y se ubicó en las tapas ciegas perforadas. La malla se situó encima del conector situado en la parte inferior del filtro para dar forma de sumidero, encima de la malla se ubicó la cantidad de exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz.
- b) Se ubicó un tubo $\frac{1}{2}$ " de 25 cm de largo en el conector de la parte superior de la tapa ciega y se ubicó un codo en el tubo. Se colocó tubos $\frac{1}{2}$ " en las salidas de los codos de 5 cm con cinta teflón para poseer mayor hermetismo.
- c) Se colocó al final cada tubo $\frac{1}{2}$ " llaves de $\frac{1}{2}$ " de 5 cm, posteriormente, se colocó un pedazo de tubo de $\frac{1}{2}$ " en las llaves.
- d) Inmediatamente se puso un codo en la parte final de cada tubo de $\frac{1}{2}$ ", la salida del codo situado en la parte inferior permaneció hacia abajo y el codo de la parte superior hacia arriba.
- e) Para la construcción del depósito donde se ubicó el agua, se trozó un tubo 4" a 22 cm de largo, además se hizo un agujero en la tapa ciega 4", se acopló un conector de $\frac{1}{2}$ " y se ensambló el tubo cortado en la tapa.
- f) Se conectó el codo en la parte superior al punto de conexión de la tapa ciega 4".
- g) Las dimensiones de los 12 filtros fueron uniformes para que no existan variaciones en los tratamientos. Para el acoplamiento de las unidades experimentales se construyó un soporte de metal de 1,5 m de ancho y 1,25 de largo, el cual se instaló en la industria fabricante de baterías en la ciudad de Quito.

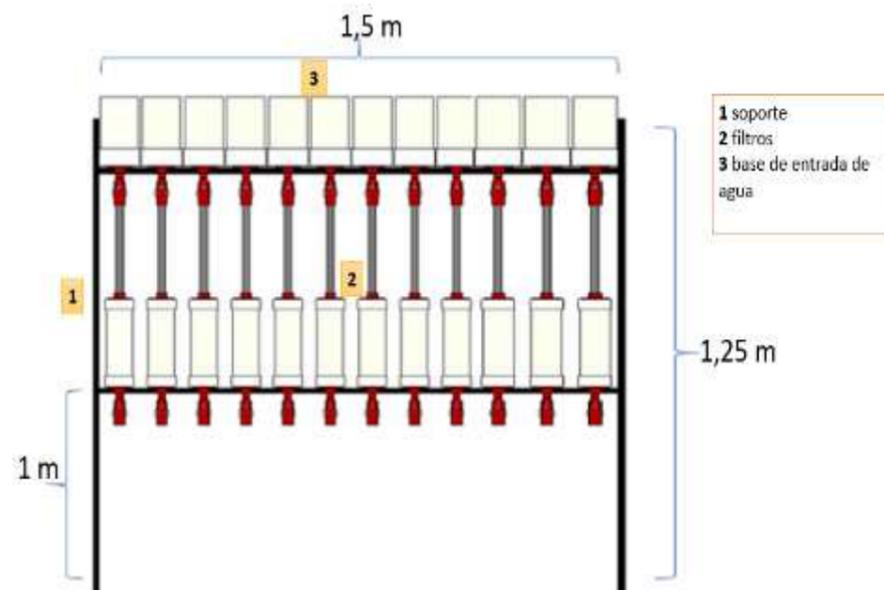


Figura 4. Diseño de elaboración del filtro.

Fuente: Autoras.

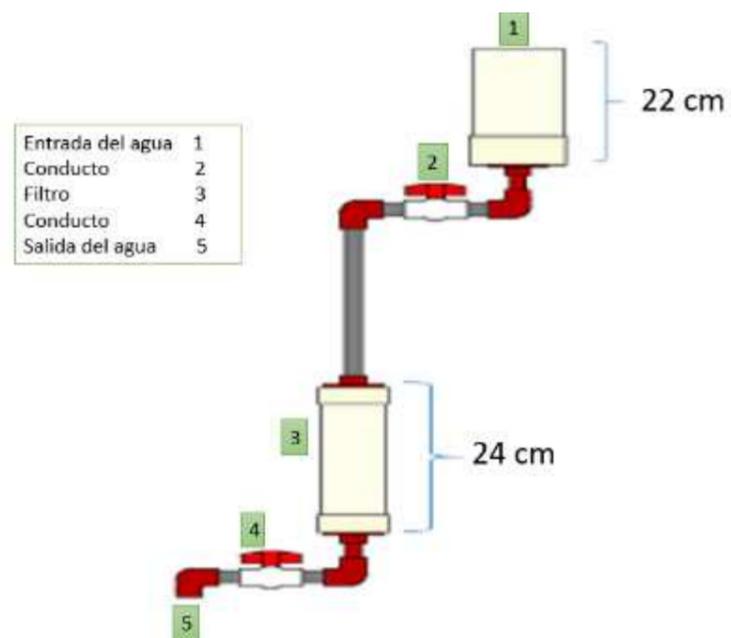


Figura 5. Diseño y funcionamiento del filtro.

Fuente: Autoras.

Actividad 4. Recolección de los subproductos exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz.

La recolección de los residuos de exoesqueleto fue obtenida en la empacadora de camarón "DUFER" ubicada en la ciudad de Bahía de Caráquez, la cascarilla de arroz se obtuvo en la piladora de arroz "JOSÉ" ubicada vía Tosagua.

Actividad 5. Preparación del exoesqueleto de camarón.

Aplicando la metodología de Morales, (2019), el exoesqueleto de camarón se procedió a preparar empleando los siguientes procesos.

1) Lavado: Lavar las cáscaras de camarón usando agua potable para eliminar residuos e impurezas que puedan contener el exoesqueleto de camarón.

2) Secado: Secar las cáscaras de camarón mediante la utilización de una estufa a una temperatura de 60 °C por 10 horas. Se dispuso el exoesqueleto de camarón para ser secado, para que después su consistencia tenga la apariencia de polvo fino y no de masa.

3) Molienda: Realizar la molienda de la cáscara de camarón, con el uso de un molino ultra centrífugo y con un tamiz que consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un el tamiz para lograr el diámetro de partícula de 300 u que se requiere para esta investigación.

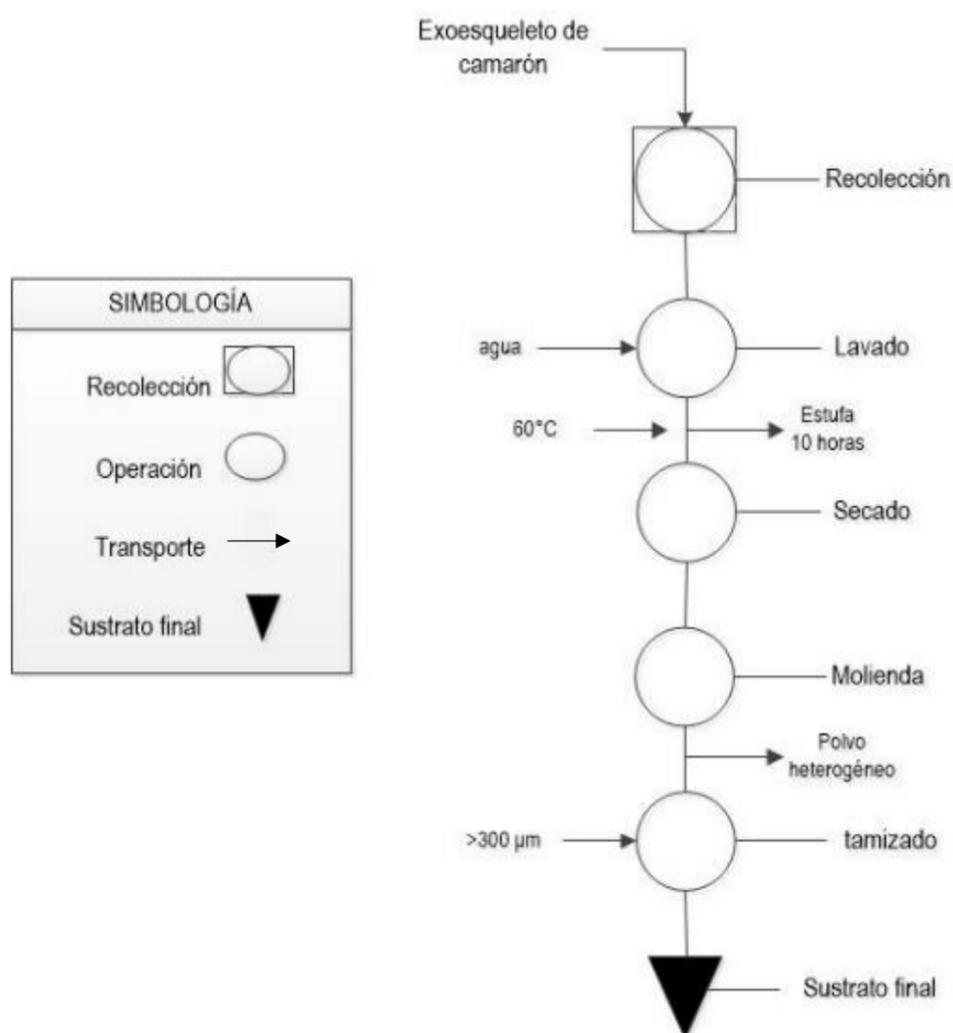


Figura 6. Diagrama de proceso para la obtención del subproducto exoesqueleto de camarón.

Fuente: Autoras.

Actividad 6. Preparación de la cascarilla de arroz.

La preparación, este subproducto fue recolectado y lavado con agua destilada (mínimo cuatro veces) para eliminar otros colores que interfieran con la medición del instrumento detector de metales. Consecutivamente, el material se sometió a secado durante 48 horas en un horno a 80°C. El sólido seco se llevó a trituración y luego a tamizado para obtener partículas de tamaño semejante (> 500 μm) (Doria et al., 2011).

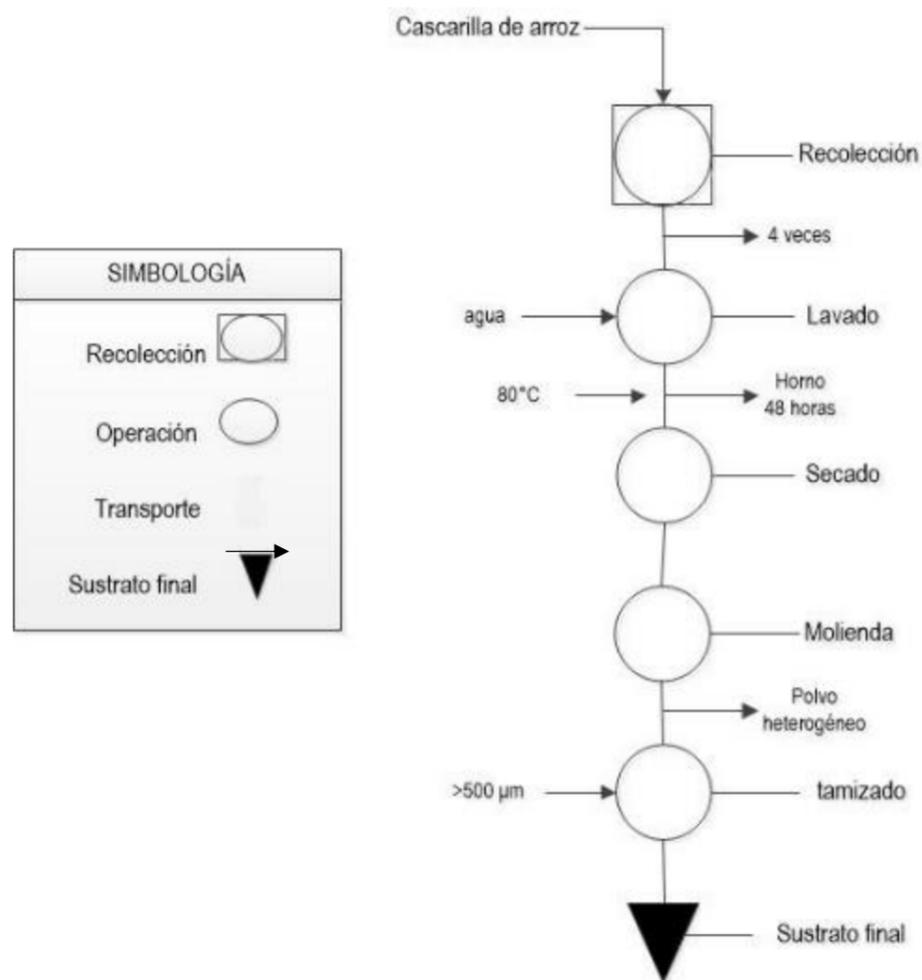


Figura 7. Diagrama de proceso para la obtención del subproducto cascarilla de arroz.

Fuente: Autoras.

Actividad 7. Aplicación del Diseño Experimental

Se realizó el diseño bifactorial DCA 2X2 que consiste en dos factores en estudio, con la intención de evaluar el efecto de los niveles utilizando menos corridas experimentales, al interaccionar los factores en estudio dan un total de 4 tratamientos con tres repeticiones, con un total de 12 unidades experimentales como se lo menciona en el cuadro 3.7 y la significancia y prueba de media correspondientes a cada parámetro estudiado en los diferentes tratamientos.

Cuadro 3.10. Análisis de la varianza.

| Fuente de variación | Grado de libertad |
|---------------------|-------------------|
| Total | 11 |
| Tratamientos | 4 |
| Error experimental | 8 |

Fuente: Autoras.

Actividad 8. Toma de datos de los tratamientos.

Se tomó las muestras respectivas en un periodo de 48 horas después de la aplicación de los sustratos al filtro previa a la construcción del mismo para después ser analizados en el laboratorio LABOLAB de la ciudad de Quito asegurando resultados confiables.

Actividad 9. Porcentaje de remoción.

Para los parámetros seleccionados: (pH, metal plomo, temperatura y sólidos totales) se calculó el porcentaje de remoción mencionado en la ecuación 2.3 siguiente como lo concierta (Chuchón y Aybar, 2008).

$$\% \text{ Remoción} = \frac{VP_i - VP_f}{VP_i} \times 100 \quad [2.3]$$

Dónde:

- % Remoción
- P_i = Parámetro inicial
- P_f = Parámetro final

Actividad 10. Análisis estadísticos de los datos obtenidos.

De acuerdo a la concentración de plomo que se obtuvo al inicio y luego de realizar los procedimientos para la remoción del mismo, se conoció la eficiencia de adsorción de los sustratos. Se calculó el porcentaje de remoción una vez realizado los análisis estadísticos; los cuales fueron mediante análisis de varianza de los factores (ANOVA) y gráficos estadísticos en barras para así saber el porcentaje de eficiencia de las diferencias tratamientos, este se realizó con el programa Microsoft Excel.

3.10.3. FASE 3. ANALIZAR EL COSTE ECONÓMICO DEL MEJOR TRATAMIENTO PROPUESTOS EN LA INVESTIGACIÓN.

Actividad 11. Valoración del mejor tratamiento.

Se procedió a analizar la valoración económica, reflejada en los análisis de laboratorio de los medios filtrantes y se estableció el tratamiento más factible y económico para su aplicación en campo.

El análisis económico se realizó utilizando el método de costo de producción para comprender el precio aproximado del prototipo de filtro.

Para el manejo del método costo de producción se tomó los gastos realizados de la preparación de los sustratos y el diseño del filtro, el método propuesto considera 3 componentes principales de producción (Vinza, 2012):

- Materia prima
- Mano de obra directa
- Gasto de producción

$$CP = (M_p + M_{od} + G_p) \quad [2.4]$$

Dónde:

- CP = Costo de producción
- M_p = Materia prima
- M_{od} = Mano de obra directa
- G_p = Gasto de producción

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA FABRICANTE DE BATERÍAS

Para cumplir con el primer objetivo de esta investigación, se llevó a cabo la recolección de la muestra de agua en la industria de elaboración de baterías de la ciudad de Quito. El cuadro 4.11 define los respectivos análisis de los parámetros físicos del agua residual de la industria fabricante de baterías.

Cuadro 4.11. Caracterización del agua residual.

| Resultados | Unidad | Efluente | Limites máximos permisibles por el MAE |
|-------------------------|--------|----------|--|
| Plomo | mg/l | 8,22 | 0,2 |
| pH | - | 0,74 | 5-9 |
| Temperatura | °C | 19,2 | < 35 |
| Conductividad Eléctrica | S/cm | 20 | - |
| Turbidez | NTU | 28,39 | - |

Fuente: Autoras.

De acuerdo a la caracterización inicial, se revela que el contenido de plomo hallado en el agua residual de la industria fabricante de baterías supera el límite máximo permisible para aguas de descarga, establecidos en el Libro VI anexo 1 tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público del texto unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), mismo que establece un límite máximo de Pb de 0,2 mg/l.

Las baterías en su composición química contienen un 63% de plomo es por esto los resultados obtenidos en la caracterización de estas aguas residuales. Por otra parte, la OMS, (2017), sustenta que el reciclaje de baterías de plomo-ácido infectar aguas superficiales que se utilizan para tomar, preparar alimentos y ducharse. El plomo diluido puede filtrarse a través del suelo hacia aguas subterráneas, por ello la mayoría de países tienen modelos de agua potable respecto al plomo y el valor guía determinado por la OMS es de 0,01 mg/l.

Lo mencionado en el párrafo anterior coincide con lo expuesto por Altamirano y Peñafiel (2012), en su investigación sobre la calidad de aguas residuales de una fábrica de baterías, manifestando que, por la naturaleza de la materia prima utilizada en el proceso de fabricación, el ácido sulfúrico (H_2SO_4) afecta en el nivel de pH, y el plomo (Pb) / óxido de plomo (PbO) en la concentración del metal en el agua.

Según Collado (2007) argumenta en su investigación sobre aguas residuales en una planta de baterías automotrices usadas, la conductividad eléctrica debe ser de 0,321 S/cm y el pH promedio de 1,10 para aguas residuales proveniente de la industria de baterías; claramente se observa que la conductividad obtenida en el presente estudio se encuentra muy por encima de lo reportado por el autor, mientras que el pH se encuentra en un valor inferior, lo que posiblemente se debe a la cantidad de ácido aportado por el electrolito remanente y la pasta de las baterías. Por otra parte, la conductividad alta se debe al contenido de sólidos suspendidos, sólidos disueltos, grasas y aceites, sulfatos, nitratos, cianuros, fósforo total, cloruros y metales pesados que se generan en la industria de baterías.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL EXOESQUELETO DEL CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ.

4.2.1. ADSORCIÓN DE PLOMO

En el cuadro 4.12 muestra los resultados de las concentraciones de plomo del agua residual en la industria dedicada a la elaboración de baterías de la ciudad de Quito. También se indica el porcentaje de remoción de los diferentes porcentajes de exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz.

Cuadro 4.12. Porcentaje de remoción de plomo (Pb) por tratamientos.

| Tratamiento | Repeticiones | Concentración Inicial Pb (mg/l) | Concentración Final Pb (mg/l) | Porcentaje de remoción (%) | Promedio total de remoción (%) |
|----------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| T ₁ | R ₁ | 8,22 | 2,03 | 75,30 | 77,86 |
| | R ₂ | 8,22 | 2,12 | 74,21 | |
| | R ₃ | 8,22 | 1,31 | 84,06 | |
| T ₂ | R ₁ | 8,22 | 1,68 | 79,56 | 78,99 |
| | R ₂ | 8,22 | 1,37 | 83,33 | |
| | R ₃ | 8,22 | 2,13 | 74,09 | |
| T ₃ | R ₁ | 8,22 | 1,31 | 84,06 | 79,36 |
| | R ₂ | 8,22 | 1,74 | 78,83 | |
| | R ₃ | 8,22 | 2,04 | 75,18 | |
| T ₄ | R ₁ | 8,22 | 2,36 | 71,29 | 73,11 |
| | R ₂ | 8,22 | 1,71 | 79,20 | |
| | R ₃ | 8,22 | 2,56 | 68,86 | |

Fuente: Autoras.

Inicialmente el agua residual presentó un valor de 8,22 mg/l, después de aplicar los tratamientos se determinaron que la mayor remoción la presentó el tratamiento T₃ con un 79,36% seguido del tratamiento T₂ con un 78,99% de remoción.

Doria et al., (2011) mencionan que la cascarilla de arroz posee una elevada capacidad de adsorción de plomo ($\leq 94\%$) debido a la celulosa, hemicelulosa y alto contenido de lignina que posee este material

Flores, (2017) establece que En comparación con la quitina, la eficacia del quitosano es mayor debido a la accesibilidad de los grupos funcionales amino en el polímero; la presencia de grupos acetilo en el polímero de quitina comprime la capacidad de los iones metálicos para entrar en contacto con sitios libres de nitrógeno. Por otra parte, la quitina presente en el exoesqueleto de camarón

actúa como medio coagulante-floculante, aportando una capacidad de adsorción de plomo >50% (Rodríguez, 2011).

En el cuadro 4.13 el análisis de varianza (ANOVA) para la variable dependiente plomo, permitió determinar que no existe diferencia significativa para las dosis de exoesqueleto de camarón y dosis de cascarilla de arroz, puesto que el P-valor es mayor a 0,05.

Cuadro 4.13. ANOVA de la variable dependiente adsorción de plomo (Pb).

| F.V. | SC | GI | CM | Fc | p-valor |
|---|-------|----|-------|-------|---------|
| Exoesqueleto de camarón | 0,097 | 1 | 0,097 | 0,576 | 0,470 |
| Cascarilla de arroz | 0,132 | 1 | 0,132 | 0,784 | 0,402 |
| Exoesqueleto de camarón*cascarilla de arroz | 0,276 | 1 | 0,276 | 1,635 | 0,237 |
| Error | 1,351 | 8 | 0,169 | | |
| Total | 1,856 | 11 | | | |

Fuente: Autoras.

La prueba de Tukey con el 5% de significancia, no presentó diferencia significativa ($p_valor > 0,05$) entre los diferentes tratamientos evaluados para la variable dependiente plomo (ver cuadro 4.14), sin embargo, se presentó menor contenido final de plomo en el tratamiento T₃ seguido de T₂, mismos que contenían los mayores porcentajes de exoesqueleto de camarón.

Cuadro 4.14. Prueba Tukey al 5% de significancia para la variable adsorción de plomo (Pb) de acuerdo a los tratamientos realizados.

| Tratamientos | Media de concentración final de plomo (Pb) |
|----------------|--|
| T ₄ | 2,21 A |
| T ₁ | 1,82 A |
| T ₂ | 1,73 A |
| T ₃ | 1,70 A |

Fuente: Autoras.

Quevedo (2017) menciona que el exoesqueleto de camarón en porcentajes mayores al 50%, tiene una capacidad máxima de remoción de plomo del 74,38%, por lo que es considerado un bioadsorbente de alto rendimiento. Además, Tejada et al. (2014) añaden que esta capacidad de adsorción se debe a la reticulación

de la quitina con la biomasa, a través de la reacción de reticulación (redox) entre grupos hidroxilo o amino y grupos funcionales de biomasa, la presencia de grupos acetilo en la quitina polimerizada reducirá la capacidad de los iones metálicos para entrar en contacto con sitios libres de nitrógeno, demuestra ser una técnica prometedora para la eliminación de metales pesados tóxicos como el plomo. Por otra parte, los adsorbentes de cascarilla de arroz, utilizados en porcentajes mayores a 15%, presentan una eficiencia de 72,8% para plomo en aguas residuales gracias a que es un material ligero, tiene porosidad elevada, así como aireación y capacidad de retención (Rodríguez et al., 2016).

Los valores de eficiencia en la remoción de plomo reportados en las investigaciones de Quevedo (2017) y Rodríguez et al., (2016), se encuentran cercanos a los reportados en la presente investigación, por lo que ambos residuos agroindustriales presentan capacidad de bioadsorción del metal plomo.

4.2.2.pH

La variación de pH fue muy baja entre tratamientos, tal como se muestra en la tabla 4.15. La mayor variación de pH se dio para el tratamiento T₃ con un promedio de variación de 1%.

Cuadro 4.15. Variación del pH por tratamientos.

| Tratamiento | Repeticiones | pH Inicial | pH Final |
|-------------|----------------|------------|----------|
| T1 | R ₁ | 0,74 | 0,73 |
| | R ₂ | 0,74 | 0,68 |
| | R ₃ | 0,74 | 0,76 |
| T2 | R ₁ | 0,74 | 0,84 |
| | R ₂ | 0,74 | 0,77 |
| | R ₃ | 0,74 | 0,9 |
| T3 | R ₁ | 0,74 | 0,92 |
| | R ₂ | 0,74 | 1,11 |
| | R ₃ | 0,74 | 0,85 |
| T4 | R ₁ | 0,74 | 0,85 |
| | R ₂ | 0,74 | 0,91 |
| | R ₃ | 0,74 | 0,96 |

Fuente: Autoras.

El uso de la cascarilla de arroz como bioadsorbente, es de gran importancia debido a que ésta presenta óxidos metálicos (óxido de potasio, sodio, calcio y magnesio) que hacen que exista variación de pH en aguas residuales (Higuera, 2017). Así mismo la quitina presente en el exoesqueleto de camarón tiene radicales libres, dando lugar a la variación de pH inicial y final en aguas residuales (Ramírez, 2014).

La valoración del efecto del pH con relación a los adsorbentes, por medio de diferentes iones metálicos esclarece la gran complicación de la química acuosa, las principales sustancias químicas dependen en gran medida de la acidez del medio, sin descuidar la importancia de la acidez catiónica, que es necesaria para competir con otros iones por los sitios activos en el adsorbente (Cuizano et al., 2010).

El cuadro 4.16 mostró diferencia significativa sólo para el factor exoesqueleto de camarón, puesto que el P-valor es menor a 0,05.

Cuadro 4.16. ANOVA del pH.

| F.V. | SC | Gl | CM | Fc | p-valor |
|---|-------|----|-------|-------|---------|
| Exoesqueleto de camarón | 0,071 | 1 | 0,071 | 10,45 | 0,012 |
| Cascarilla de arroz | 0,003 | 1 | 0,003 | 0,40 | 0,545 |
| Exoesqueleto de camarón*cascarilla de arroz | 0,021 | 1 | 0,021 | 3,09 | 0,117 |
| Error | 0,054 | 8 | 0,007 | | |
| Total | 0,148 | 11 | | | |

Fuente: Autoras.

Tukey para tratamientos de la variable pH con el 5% de significancia encontró diferencia entre medias (ver cuadro 4.17).

Cuadro 4.17. Prueba Tukey al 5% de significancia para el pH de acuerdo a los tratamientos realizados.

| Tratamientos | Media de pH final |
|--------------|-------------------|
| T3 | 0,96 A |
| T4 | 0,91 AB |
| T2 | 0,84 AB |
| T1 | 0,72 B |

Fuente: Autoras.

De acuerdo al gráfico 4.17 se aprecia la significancia con el tratamiento T₃ del factor A exoesqueleto de camarón.

Según Tejada (2015) considera que el pH es un factor muy importante en la bioadsorción y depende de los compuestos presentes en el agua ya que este suele bajar por la presencia de la adición de ácido sulfúrico que se utiliza en la elaboración de baterías, concordando con lo citado por Colpas et al. (2017), quienes también mencionan que la variación de pH se da por los grupos funcionales que poseen la quitina, principal compuesto del exoesqueleto de camarón y algunos crustáceos donde se puede explicar, ya que con la adición del coagulante se forman especies hidróxidos inestables, liberando iones H⁺ que reducen el pH.

La adsorción de aniones suele estar favorecida con los porcentajes de exoesqueletos de camarón superiores al 50%, obteniendo valores de pH entre 0,90 y 1,40. En base a lo citado anteriormente, resulta factible para la presente investigación, catalogar como mejor tratamiento a T₃ con una mediana para pH de 0,96.

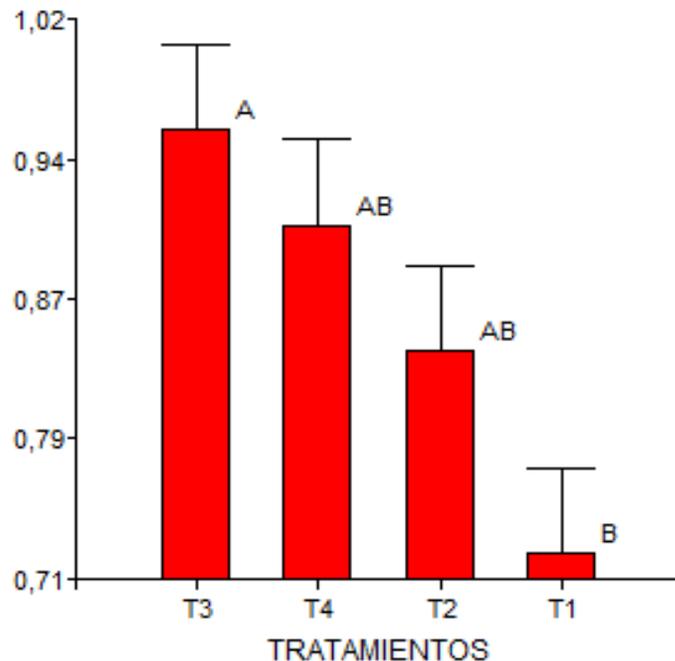


Gráfico 4.1. Variación del pH de los tratamientos.

4.2.3. TEMPERATURA

En la tabla 4.18 se manifiestan los resultados obtenidos del promedio de variación de temperatura, aplicando los diferentes porcentajes de exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz en los distintos tratamientos. La mayor variación de temperatura la tuvo el tratamiento T₃ con un promedio de variación de 20,93 °C, seguido del tratamiento T₂. Según Ramírez (2014), una variación de temperatura se ve influenciada principalmente por la textura y el tamaño de partícula del exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz, estos subproductos trabajan como floculantes dado que a menor distribución de tamaño de partículas (supracoloidales y sedimentables) aumenta la temperatura presente en el sistema.

Cuadro 4.18. Diferencia de temperatura por tratamientos.

| Tratamiento | Repeticiones | Temperatura | temperatura |
|----------------|----------------|-----------------|---------------|
| | | Inicial (°C) | Final (°C) |
| T ₁ | R ₁ | 19,2 | 17,3 |
| | R ₂ | 19,2 | 17,2 |
| | R ₃ | 19,2 | 17,1 |
| T ₂ | R ₁ | 19,2 | 22,6 |
| | R ₂ | 19,2 | 17,8 |
| | R ₂ | 19,2 | 19,6 |
| T ₃ | R ₁ | 19,2 | 21,5 |
| | R ₂ | 19,2 | 21,3 |
| | R ₃ | 19,2 | 20 |
| T ₄ | R ₁ | 19,2 | 18 |
| | R ₂ | 19,2 | 20,2 |
| | R ₃ | 19,2 | 19,9 |

Fuente: Autoras.

El análisis de varianza ANOVA (cuadro 4.19), destacó que no existe diferencias para los dos factores en estudio, puesto que p-valor es mayor a 0,05; sin embargo, la interacción del factor exoesqueleto de camarón y de cascarilla de arroz (A*B), resultó ser significativo para el análisis estadístico de los valores de temperatura.

Cuadro 4.19. ANOVA de temperatura.

| F.V. | SC | Gl | CM | Fc | p-valor |
|---|--------|----|--------|------|---------|
| Exoesqueleto de camarón | 7,208 | 1 | 7,208 | 3,61 | 0,094 |
| Cascarilla de arroz | 1,141 | 1 | 1,141 | 0,57 | 0,471 |
| Exoesqueleto de camarón*cascarilla de arroz | 14,301 | 1 | 14,301 | 7,17 | 0,028 |
| Error | 15,953 | 8 | 1,994 | | |
| Total | 38,603 | 11 | | | |

Fuente: Autoras.

La prueba de Tukey al 5% de significancia, expresó que existe diferencia en la media de los tratamientos con respecto a la variable temperatura, presentando

el tratamiento T₃ un mayor valor de temperatura, lo que según Quevedo, (2017) resulta favorable debido a que, la capacidad adsorción de residuos agroindustriales (cascarilla de arroz y exoesqueleto de camarón) es óptima a una temperatura de 20°C. A su vez, porcentajes de exoesqueleto de camarón, mayor o iguales a 70% logran alcanzar variaciones de temperaturas en un rango de 20°C a 25°C, para aguas residuales provenientes de la industria de baterías.

Cuadro 4.20. Prueba Tukey al 5% de significancia para la temperatura de acuerdo a los tratamientos realizados.

| Tratamientos | Media de Temperatura final |
|----------------|----------------------------|
| T ₃ | 20,93 A |
| T ₂ | 20,00 AB |
| T ₄ | 19,37 AB |
| T ₁ | 17,20 B |

Fuente: Autoras.

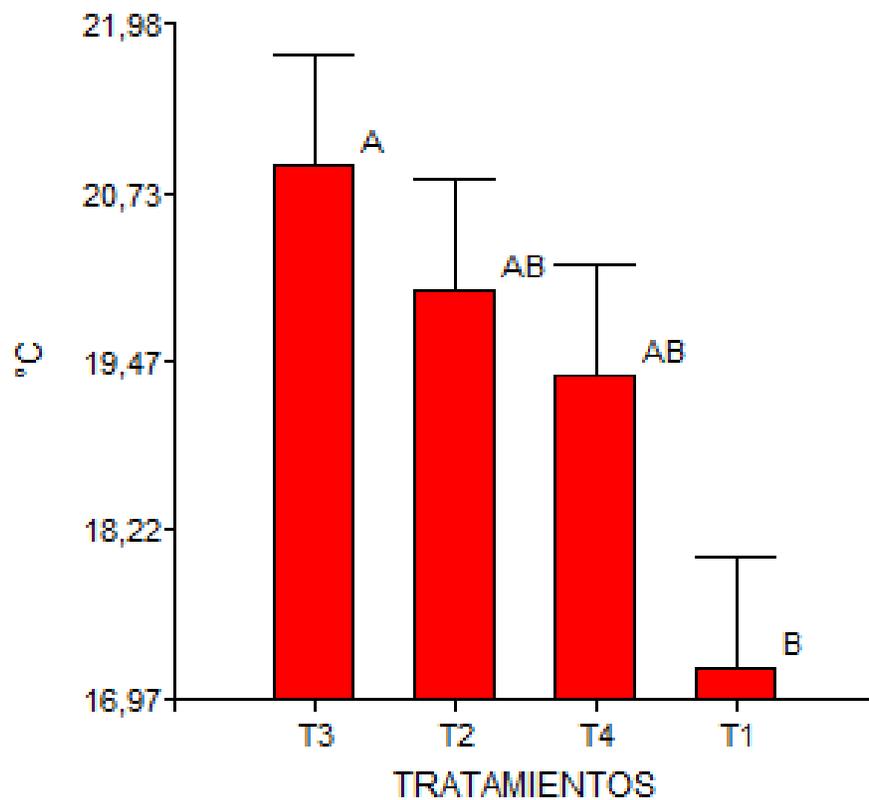


Gráfico 4.2. Medias de temperatura de los tratamientos.

4.2.4.CONDUCTIVIDAD

La conductividad eléctrica no presentó ninguna variación entre tratamientos (cuadro 4.21) y tampoco mostró valores superiores al valor de conductividad inicial evaluado en el agua residual proveniente de la industria de baterías, lo que de acuerdo con Millán (2018), puede explicarse porque la carga contaminante debe ser en su mayoría sustancias químicas orgánicas no disociadas que no contribuyen a la conductividad. La conductividad de un procedimiento se determina por un movimiento molecular dependiendo de la temperatura de la muestra entre un rango de referencia de 20 °C ó 25 °C. Los valores normales de conductividad en aguas residuales de la industria de baterías oscilan en un rango de 4 a 20 S/cm suelen aumentar o disminuir dependiendo de la concentración de Cl⁻, NO₃⁻ y SO₄⁻², u otros iones (Higuera, 2017).

Cuadro 4.21. Variación de la conductividad por tratamientos.

| Tratamiento | Repeticiones | Conductividad | Conductividad |
|----------------|----------------|-------------------|-----------------|
| | | Inicial (S/cm) | Final (S/cm) |
| T ₁ | R ₁ | 20 | 20 |
| | R ₂ | 20 | 20 |
| | R ₃ | 20 | 20 |
| T ₂ | R ₁ | 20 | 20 |
| | R ₂ | 20 | 20 |
| | R ₂ | 20 | 20 |
| T ₃ | R ₁ | 20 | 20 |
| | R ₂ | 20 | 20 |
| | R ₃ | 20 | 20 |
| T ₄ | R ₁ | 20 | 20 |
| | R ₂ | 20 | 20 |
| | R ₃ | 20 | 20 |

Fuente: Autoras.

4.2.5. TURBIDEZ

En el cuadro 4.22 se describen los resultados obtenidos del promedio de variación de turbidez, aplicando los diferentes porcentajes de exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz al agua residual de baterías. El menor promedio de variación de turbidez la tuvo el tratamiento T3. La turbidez es un indicador habitual de la calidad de las aguas, aunque no brinda información sobre un contaminante delimitado (Betanzos et al., 2013).

Cuadro 4.22. Variación de la turbidez por tratamientos.

| Tratamiento | Repeticiones | Turbidez Inicial | Turbidez Final |
|----------------|----------------|------------------|----------------|
| | | (NTU) | (NTU) |
| T ₁ | R ₁ | 28,39 | 19,31 |
| | R ₂ | 28,39 | 32,22 |
| | R ₃ | 28,39 | 38,03 |
| T ₂ | R ₁ | 28,39 | 16,8 |
| | R ₂ | 28,39 | 24,56 |
| | R ₃ | 28,39 | 39,96 |
| T ₃ | R ₁ | 28,39 | 17,98 |
| | R ₂ | 28,39 | 9,49 |
| | R ₃ | 28,39 | 27,79 |
| T ₄ | R ₁ | 28,39 | 18,09 |
| | R ₂ | 28,39 | 17,47 |
| | R ₃ | 28,39 | 28,11 |

Fuente: Autoras.

El análisis de varianza ANOVA (cuadro 4.23), determinó que no existen diferencias significativas para los factores en estudio, ni para la interacción de ambos, puesto que p-valor es mayor a 0,05.

Cuadro 4.23. ANOVA de turbidez.

| F.V. | SC | Gl | CM | Fc | p-valor |
|---|---------|----|--------|------|---------|
| Exoesqueleto de camarón | 224,9 | 1 | 224,9 | 2,57 | 0,148 |
| Cascañilla de arroz | 0,002 | 1 | 0,002 | 0,00 | 0,996 |
| Exoesqueleto de camarón*cascañilla de arroz | 23,102 | 1 | 23,102 | 0,26 | 0,621 |
| Error | 700,609 | 8 | 87,576 | | |
| Total | 948,613 | 11 | | | |

Fuente: Autoras.

La prueba de Tukey al 5% de significancia determinó que los tratamientos no presentan diferencia significativa de los valores de las medias con respecto a la variable turbidez, sin embargo, el tratamiento T₃ posee un menor valor de 18,42 de turbidez.

Cuadro 4.24. Prueba Tukey al 5% de significancia para la turbidez de acuerdo a los tratamientos realizados.

| Tratamientos | Media de Turbidez (NTU) |
|----------------|-------------------------|
| T ₁ | 29,85 A |
| T ₂ | 27,11 A |
| T ₄ | 21,22 A |
| T ₃ | 18,42 A |

Fuente: Autoras.

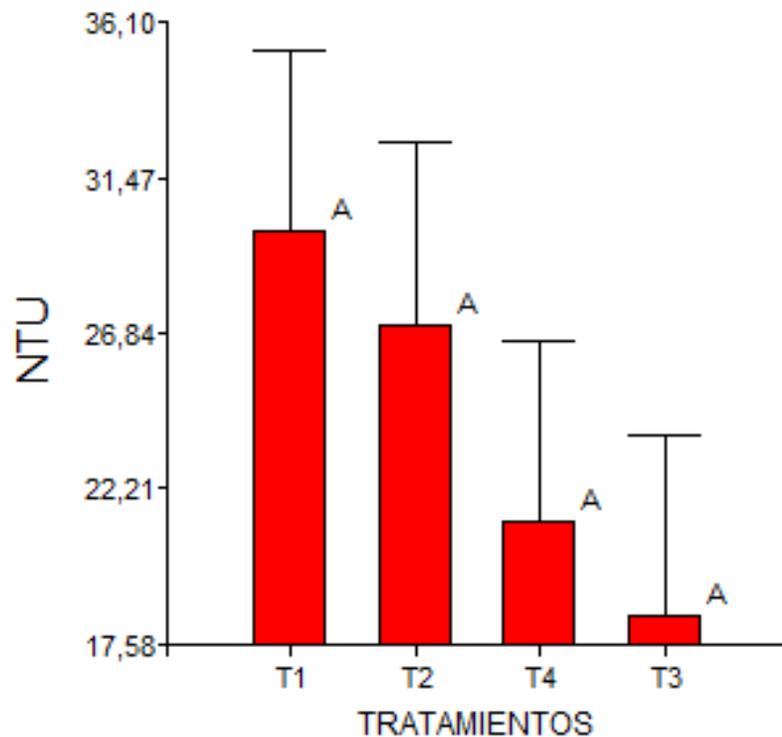


Gráfico 4.3. Medias de turbidez de los tratamientos.

Iturralde, (2020) que indica que la cascarilla de arroz posee una alta capacidad para detener contaminantes, pero es preciso tomar en cuenta la cantidad global del agua (turbidez y/o presencia de contaminantes) también afecta la capacidad de la cascarilla para transformar un contaminante específico.

Vera et al., (2018) revelan que el quitosano es un biomaterial con excelentes características coagulantes durante el tratamiento de aguas es eficiente para remover la turbidez con valores de rango alto requerido a su tamaño molecular y alta densidad, que logra transportar a una mejor coagulación (p.570).

4.3. COSTE ECONÓMICO DEL MEJOR FILTRO DE EXOESQUELETO DE CAMARÓN Y CASCARILLA DE ARROZ

En este objetivo se desarrolló con el propósito de desarrollar la evaluación económica del mejor tratamiento propuesto en la investigación, en cuanto a los costos asociados al establecimiento y manejo de estos.

Después de haber desarrollado los filtros utilizando exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz, se procedió a realizar un análisis precios unitarios (APUS) para hallar el costo de elaboración del mejor tratamiento, para ello se tomó en cuenta materia prima, materiales, mano de obra y gastos indirectos que intervinieron en este proceso. En el cuadro 4.25 se detalla la matriz de precios y costo total en la elaboración de los tratamientos de la presente investigación.

El exoesqueleto de camarón al igual que la cascarilla de arroz, son considerados desechos, sin embargo, para considerar los costos unitarios se tomó como referencia los citados por Alvarado (2011).

Para el costo de la mano de obra se tomó como referencia los salarios mínimos que establece la contraloría general del estado.

Cuadro 4.25. Análisis de costo del mejor tratamiento.

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) | | | | |
|---|---------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Rubro: Elaboración de filtros con exoesqueleto de camarón y cascarilla de arroz | | | | |
| Unidad: Filtros | | | | |
| MATERIALES | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Costo |
| | | A | B | C=A*B |
| Exoesqueleto de camarón | Kg | 1 | \$ 0,70 | \$ 0,70 |
| Cascarilla de arroz | Kg | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Tubo PVC (4 pulgadas) | m | 1 | \$ 2,00 | \$ 2,00 |
| Tubo PVC (3 pulgadas) | m | 1 | \$ 3,25 | \$ 3,25 |
| Tapas ciegas (3 pulgadas) | m | 4 | \$ 1,25 | \$ 4,90 |
| Tapas ciegas (4 pulgadas) | m | 2 | \$ 1,50 | \$ 3,00 |
| Codos | U | 2 | \$ 0,50 | \$ 1,00 |
| Teflón | U | 1 | \$ 0,50 | \$ 0,50 |
| Válvulas | U | 1 | \$ 2,00 | \$ 2,00 |
| Malla | m | 1 | \$ 1,00 | \$ 1,00 |
| Pernos | U | 2 | \$ 0,25 | \$ 0,50 |
| Equipos | --- | --- | --- | --- |
| Herramientas menores | U | 0,5 | \$ 0,18 | \$ 0,18 |
| TOTAL MATERIALES | | | | \$ 19,23 |
| MANO DE OBRA | | | | |
| Descripción | Cantidad (personas) | Jornal/hr | Costo | |
| | | A | B | C=A*B |
| Tesistas | 2 | \$ 3,60 | \$ 12,96 | |
| Laboratorista | 1 | \$ 4,04 | \$ 4,04 | |
| MANO DE OBRA | | | \$ 17,00 | |
| RENDIMIENO R | | | 0,30 | |
| MANO DE OBRA COSTO TOTAL | | | \$ 6,12 | |
| COSTO TOTAL FILTRO | | | | \$ 25,35 |

Fuente: Autoras.

El mejor tratamiento costó \$25,35 (veinte y cinco dólares con treinta y cinco centavos) sin IVA, cabe destacar que en este análisis económico no se consideró ingresos posibles de obtener (utilidad), debido a que su objetivo fue conformar un filtro para la adsorción de plomo en aguas residuales de la industria fabricante de baterías.

El costo del filtro obtenido en la presente investigación, se encuentra dentro de lo citado por Salas et al. (2007), mismos quienes indican que un costo directo de inversión para sistemas de tratamientos de aguas mediante filtros, un valor mínimo de \$30 y máximo de \$60, destacando que el costo más representativo de la inversión inicial de un sistema natural consiste en el costo del lote, el costo de impermeabilización y el costo del material de filtro requerido para la construcción del sistema.

Una vez obtenido el costo unitario del mejor tratamiento, aplicamos la siguiente fórmula del costo total para todos los tratamientos.

Costos Total = Costos unitario tratamiento x Total de Tratamientos

Costos Total = \$ 25,35x 4 (Tratamientos)

Costos Total (Tratamientos) = \$101,4

4.4. RESUMEN DE RESULTADOS

| TRATAMIENTOS | PARAMETROS | | | | | | Costo \$ | Grado de libertad | error |
|--------------|------------|--------------------------|------|-------------|--------|----------|----------|-------------------|-------|
| | Plomo | Porcentaje de remoción % | pH | Temperatura | EC/TDS | Turbidez | | | |
| | mg/l | | - | °C | mg/l | NTU | | | |
| T1R1 | 2,03 | 77,86 | 0,73 | 17,3°C | 20 | 19,31 | | 11 | 8 |
| T1R2 | 2,12 | | 0,68 | 17,2°C | 20 | 32,22 | | | |
| T1R3 | 1,31 | | 0,76 | 17,1°C | 20 | 38,03 | | | |
| T2R1 | 1,68 | 78,99 | 0,84 | 22,6°C | 20 | 16,8 | | | |
| T2R2 | 1,37 | | 0,77 | 17,8°C | 20 | 24,56 | | | |
| T2R3 | 2,13 | | 0,9 | 19,6°C | 20 | 39,96 | | | |
| T3R1 | 1,31 | 79,36 | 0,92 | 21,5°C | 20 | 17,98 | \$37,15 | | |
| T3R2 | 1,74 | | 1,11 | 21,3°C | 20 | 9,49 | | | |
| T3R3 | 2,04 | | 0,85 | 20,0°C | 20 | 27,79 | | | |
| T4R1 | 2,36 | 73,11 | 0,85 | 18,0°C | 20 | 18,09 | | | |
| T4R2 | 1,71 | | 0,91 | 20,2°C | 20 | 17,47 | | | |
| T4R3 | 2,56 | | 0,96 | 19,9°C | 20 | 28,11 | | | |

Cuadro 4.26. Resumen de resultados.

Fuente: Autoras.

4.5. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis alternativa en la investigación se acepta teniendo en cuenta que el tratamiento con mayor adsorción de plomo fue T₃ donde se define que el exoesqueleto de camarón es el que mejor efectos generó gracias a las propiedades de la quitina y el quitonasa de adsorber el metal plomo con mayor facilidad, la cascarilla de arroz debido a la celulosa, hemicelulosa y alto contenido de lignina que posee este material también ayudó para que este tratamiento alcanzara un 79,36 % de remoción simultáneamente al porcentaje propuesto en la hipótesis planteada, donde se enfatizó la significancia con el tratamiento T₃ del factor A exoesqueleto de camarón empleado en el parámetro de pH.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La caracterización del agua residual de la industria fabricante de baterías dio como resultado la cantidad de 8,22 mg/l de plomo, superando a los 0.5 mg/l que establece el Libro VI del texto unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), como límite máximo, manifestando que por la naturaleza del material y por el proceso de fabricación, el ácido sulfúrico (H_2SO_4) afecta el valor de pH, y el plomo (Pb) / óxido de plomo (PbO) en la concentración del metal en el agua.
- La mayor remoción de plomo en los análisis establecidos la presentó el tratamiento T₃ con un 79,36% seguido del tratamiento T₂ con un 78,99% de remoción, este se debe a la presencia de quitina que actúa como medio coagulante floculante aportando una capacidad de adsorción mayor de un 50%, así mismo el pH y temperatura tuvo una variación mayor en este mismo tratamiento. La conductividad eléctrica no presentó ninguna variación entre tratamientos, al igual que la turbidez el cual no ofrece información sobre un contaminante específico.
- El tratamientos con mayor eficiencia propuestos en la investigación tuvo un costo de \$25,35 sin IVA, lo que permite percibir que tiene una factibilidad económica y viable.
- La hipótesis alternativa en esta investigación fue aceptada, el exoesqueleto de camarón por sus propiedades fisicoquímicas es el subproducto que mejor efecto generó en la adsorción de plomo, logrando alcanzar un 79,36% de remoción simultáneamente al porcentaje propuesto en la hipótesis planteada, donde se enfatizó la significancia con el tratamiento T₃ empleado en el parámetro de pH.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda diseñar un filtro acorde a las características del caudal en la industria de baterías para reducir las cargas de contaminante de una manera más efectiva.
- Efectuar estudios en base a la viabilidad del filtro en el tiempo y caudal máximo.
- Profundizar investigaciones sobre el uso de los residuos de camarón para otras fases en el tratamiento de las aguas residuales sea industrial o doméstica.
- Se sugiere utilizar los equipos de protección personal al momento de manipular el agua residual puesto que estas aguas pueden causar alergia o quemaduras a la piel debido a su acidez.

BIBLIOGRAFÍAS

- Altamirano, E., y Peñafiel, A. (2012). Optimización de la calidad de Agua residual de una Fábrica de Baterías. Obtenido de Optimización de la calidad de Agua residual de una Fábrica de Baterías: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4689/1/T185.pdf>
- Álvarez, C. (2010, 14 de julio). El plomo de una batería de coche. EL PAÍS. <https://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/el-plomo-de-una-bateria-de-coche.html>
- Ambiental, O. (2014). Fiscalización ambiental en Aguas Residuales. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Aragón, E. (2016). Crecimiento individual de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, pág. 480-487.
- Badillo, J. (1992). PLOMO. BVSDE, vol. 10, pág. 165-180.
- Barreto, P. (2010). Protocolo de monitoreo de agua. https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf
- Beltrán, A. (2010). Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Planta Recicladora de Plomo para una Empresa Productora y Comercializadora de Baterías para Automotores, Ubicada en El Distrito Metropolitano de Quito. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11249/1/QT01982.pdf>
- Betanzos, A., Capetillo, N., Castillo, A., y Martínez, B. (2013). Variación espacio-temporal de la turbidez y calidad en cuerpos de agua marina de uso pesquero, región norcentral de Cuba, 2008-2010. Serie Oceanológica, I (12), 24-35.
- Burger, M., y Román, D. (2010). Plomo salud y ambiente. https://www.paho.org/uru/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-salud-y-ambiente&alias=31-plomo-salud-y-ambiente-experiencia-en-uruguay&Itemid=307
- Cabrera, M. (2018). Efecto de alimentos funcionales para camarón blanco (*penaeus vannamei*) sobre la expresión de genes asociados a resistencia al virus de mancha blanca (WSSV) y a una cepa toxigénica de *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND). https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1480/1/cabrera_m%20TESIS.pdf
- Campoverde, J. (2019). Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelados.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4397/ING_635.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Cañizares, R. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, pág. 133.
- Carpio, A., y Serrano, R. (2017). *Diseño Experimental*. España: Universidad de Córdoba.
- Carrión, D. (2016, febrero). El tratamiento de aguas residuales y su influencia en el derecho a un ambiente sano. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5770>
- Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., y Sandoval, I. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados. *Ingeniería y Región*, 73-90. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>
- Cecen, F., y Aktas, O. (2011). *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: integration of Adsorption and Biological Treatment*. Obtenido de Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. pág. 406. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133236165>
- Centrone, C. (2016, 16 de junio). Filtro casero de carbón activado para reducir el contenido de cloro del agua. Obtenido de Filtro casero de carbón activado para reducir el contenido de cloro del agua. <http://www.cerveceroscaseros.com.ar>
- Chamorro, J. (2018). Parámetros de calidad del agua: características físicas, químicas y normativas que lo regulan. *Esp. AGUASRESIDUALES.INFO*.
- Cogollo, S. (2016). Fundamentos de la teoría de filtros. https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/b6e1b8b1-cfc7-46d3-90b7-ac4a9d6ce5a8/TOC_0287_04_01.pdf?guest=true
- Collado, E. (2007). Propuesta de sistema alternativo para el reúso de agua y minimización de aguas residuales en una planta de reciclado de plomo y polipropileno a partir de baterías automotrices usadas. Monterrey. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Propuesta-de-sistema-alterno-para-el-reuso-de-agua-y-minimizaci%C3%B3n-de-aguas-residuales.pdf>
- Colpas, F., Tarón, A., y Vasquez, Y. (2017). Capacidad de adsorción de plomo con intercambiadores catiónicos de carbón xantado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, XX (2), 413-424.
- Constitución del Ecuador. (2008). Constitución de la república del Ecuador, Artículos. https://www.oas.org/juridico/mla/sp/ecu/sp_ecu-int-text-const.pdf
- Crespo, G. (2015). Baterías de carros, riesgo para el medio ambiente. <http://ntrzacatecas.com/2015/08/29/baterias-de-carro-riesgo-para-el-medio-ambiente/>

- Crites, R., y Tchobanoglou, G. (2000). Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Bogotá: Copyright McGraw-Hill Interamericana.
- Cuizano, A., Reyes, U., Dominguez, S., Llanos, B., Y Navarro, A. (2010). Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas Rev. Soc. Quím. PE. v.76 n.2
- El "Plan Nacional de Desarrollo". (2017). Instrumento del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa (SNDPP), y su objetivo es contribuir al cumplimiento progresivo. <https://www.planificacion.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida/>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Química viva, 147-170. <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.
- Flores, J. (2017). "Eficiencia de una membrana de polipropileno modificada con quitosano en la remoción de iones metálicos Ca⁺², Cu⁺², Cd⁺² Y Pb⁺²" <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65401>
- FONDEAR, S.L. (2015). Todo sobre las Baterías. Copyright http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electricidad_Energia/Baterias/Baterias.htm
- Galareta, R. (1994). La investigación bibliográfica y los textos académicos. Trujillo: P. Orrego.
- Glynn, H. (1999). Ingeniería ambiental. Edo. Mex. Segunda Edición.
- Guzmán, W., & Vélez, S. (2018). Evaluación de mezcla de cascarilla de arroz y barro como medio filtrante para remoción de sólidos suspendidos en agua de río. <http://repositorio.espm.edu.ec/bitstream/42000/796/1/TMA170.pdf>
- Herrera, G., Hormaza, A., y Gallego, D. (2018). Cascarilla de arroz: material alternativo y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo (vi). Gestión. Ambiental., Volumen 14, Número 1, pág. 73-84.
- INVEMAR. (2009). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, Santa Marta. INVEMAR, pág. 223.
- Iturralde, J. (2020). Evaluación de la eficiencia de un biofiltro de cascarilla de arroz para tratamiento de aguas residuales de piladoras de Yaguachi. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ITURRALDE%20JACOME%20XAVIER%20OANDRES.pdf>
- Jiménez, D. (2012). Cuantificación de metales pesados (cadmio, cromo, níquel y plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*crassostrea columbiensis*) ostión de mangle en el puente portete del estero salado Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1683/1/Cuantificaci%C3%B3n%20>

e%20metales%20pesados%20%28Cadmio%2C%20cromo%2C%20n%C3%A
Dquel%20y%20plomo%29%20en%20agua%20superficial%2C%20sedimentos
%20y%20organismos...%20Jim%C3%A9nez%2C%20David.pdf

Kothari, C. (2004). Research Methodology. Modares. <https://upla.edu.pe/wp-content/uploads/2017/12/4-UPLA-Kothari-Reserach-Methodology.pdf>

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). (2016). El plomo. INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, pág.18.

Lenntech. (2017). Metales pesados. Lenntech. <https://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>

Ley orgánica de recursos hídricos. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos uso y aprovechamiento del agua. Obtenido de Registro oficial supremo 3015: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/REGLAMENTO-LEY-RECURSOS-HIDRICOS-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUApdf.pdf>

Llanos, O., Ríos, A., Augusto, C., y Rodríguez, L. (2016). La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación. Producción + Limpia, pág. 150-160.

Maldonado, V. (2004). Filtración. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Págs. 6-87.

Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas. (2013). <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>

Merizalde, E., Montenegro, L., y Cabrera, M. (2019). Sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria de papel. Politécnica, 1-7.

Millán, F., Prato, J., Montilla, T., y Tañaselia, C. (2018). Using of variable charge adsorption beds for filtration of residual waters. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, XLI (1), 2-14.

Morales, M. F. (2019). Remoción de cromo III de aguas de curtido mediante la utilización de exoesqueleto del camarón. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10594/1/UDLA-EC-TIAM-2019-03.pdf>

Moreno, A. (2009). Señales y sistemas de filtros. https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=11480/2011/1/52847/tema3._filtros_v2.3-2742.pdf

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2017). Reciclaje de baterías de plomo-ácido usadas: consideraciones sanitarias. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259445/9789243512853-spa.pdf;jsessionid=98C363809858BE37D1DA5DB6488DF1AC?sequence=1>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, [FAO] (2017). Generalidades del camarón. <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2017/es/>
- Padilla, C., y Muñoz, M. (2017). Estudio y fabricación de una batería ácido plomo. *Revista Ciencia y Tecnología* vol.21 págs. 23-28.
- Pájaro, Y., y Díaz, F. (2012). Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón. *Rev.Colomb.Quim*, págs. 54-03. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042012000200008&lng=en&nrm=iso&tIng=es
- Pereira, F. (2017). Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz. *Revista científica de ciencia y tecnología.*, 767-777.
- Pérez, H. (2007). Filtración a nivel piloto para depurar el efluente de un reactor UASB que trata agua residual con lactosuero. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/379/Filtracion%20a%20nivel%20piloto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, I., y Martín, F. (2015). Uso de parámetros indirectos para la evaluación de la contaminación de suelos por metales pesados en una zona minera de San Luis Potosí, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, LXVII (1), 52-55.
- Plaza, L., y Pazmiño, J. (2015). Diseño experimental. *Aval ESPOCH*, 48.
- Quevedo, J. (2017). Determinación de la capacidad de bioadsorción de plomo aprovechando las propiedades del exoesqueleto de camarón. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14300/7/UPS-CT007025.pdf>
- Ramírez, J., y Puma, P. (2016). Diseño de filtros de bioarena para remover metales. *AREQUIPA – PE*.
- Registry, Agency for Toxic Substances & Disease. (2017). *Cáncer en el ser humano*. Registry, Agency for Toxic Substances & Disease.
- Rentería, M., Ramírez, L., Aguilar, N., Rubio, H., Pinedo, C., y Sánchez, C. (2014). Remoción de plomo en solución acuosa por la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*). *Investigación y Ciencia*, XXII (62), 5-10.
- Rigola, M. (1999). *Tratamiento de aguas industriales. Parámetros de calidad de las aguas*. Editorial Alfaomega Marcombo.
- Rodríguez, A., Campos, A., y Pérez, A. (2019). Obtención y caracterización de materiales adsorbentes a partir de cascarilla de arroz. *Revista Mutis*, 9(1), 29-39. <https://doi.org/10.21789/22561498.1515>

- Rodríguez, A; Pérez. J. Alipio, O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista Escuela de Administración de Negocios, (82). P. 10. <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Rodríguez, F. (2013). Cuantificación de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimento y organismo (*mytella guyanensis*) en los. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1682/1/Cuantificaci%C3%B3n%20de%20cadmio%20plomo%20y%20n%C3%ADquel%20en%20agua%20superficial%20sedimento%20y%20organismo..Rodr%C3%ADguez%20Fl%20orencia.pdf>
- Rodríguez, M., Salinas, L., Alberto, C., y Vargas, Y. (2016). Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtambres. Sector Agropecuario y Agroindustrial, X (1), 146-158.
- Russell, D. (2012). Tratamiento de aguas residuales. Un enfoque práctico. Barc, Esp: Reverté.
- Salas, D., Alberto, M., y Guerrero, J. (2007). Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región. Scientia et Technica, XIII (37), 591-595.
- Secretaria General de las Naciones Unidas. (2015). El agua, fuente de vida. <https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/waterforlifebklt-s.pdf>.
- Sequeiros, C. (2015). Obtención de Quitina y Quitosano. <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/wp-content/uploads/2014/12/4.-Obtenci%C3%B3n-de-quitina-y-quitosano-a-partir-de-exoesqueleto-de-crust%C3%A1ceos-patag%C3%B3nicos-caracterizaci%C3%B3n-y-aplicaciones-J.-Dima.pdf>
- Suárez, S. (2014). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de las descargas de un centro comercial de la ciudad de Quito mediante procesos de electrocoagulación y adsorción en carbón activado. QUITO: Tesis Ing. Química EPN.
- Tejada, C., Villabora, A., y Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando material de origen biológico. Tecnológicas, págs.109-123.
- Valencia, A. (2013). Diseño y tratamiento para aguas residuales. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida, Manual I: Teoría, pág. 108.
- Vera, L., Uguña, M., García, N., Flores, M., y Vázquez, V. (2016). Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente. Afinidad, pág. 43-45.

Vera, Y., Delgado, M., Mora, R., Ortiz, J. (2018). Evaluación preliminar del efecto del quitosano y cáscara de naranja en la coagulación-floculación de aguas residuales. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 21(1):565-572, <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.990>

Vinza, S. 2012. Propuesta para la aplicación del método de Costeo por actividades ABC (Activity Based Costing) de la industria “Gráficas Olmedo” de la ciudad de Quito. Tesis. Ing. Finanzas. UCE. Quito, EC. Pág. 45.

ANEXOS



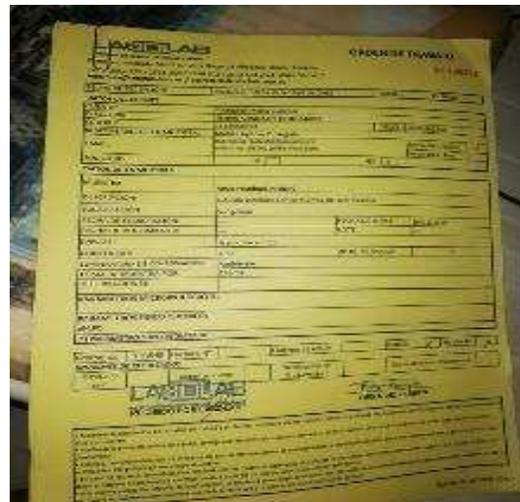
Anexo1: Visita a la industria de baterías en la ciudad de Quito.



Anexo2: Recolección de la muestra inicial para posterior caracterización de la misma



Anexo3: Muestra inicial



Anexo4: Etiqueta de la muestra inicial 0



Anexo 5: Elaboración del filtro



Anexo 6: Diseño del filtro



Anexo 7: lavado del exoesqueleto de camarón



Anexo 8: Secado del exoesqueleto de camarón



Anexo 9: tamizado del exoesqueleto de camarón.



Anexo 10: Porcentaje de exoesqueleto de camarón.



Anexo 11: Lavado de la cascarilla de arroz.



Anexo 12: Secado de la cascarilla de arroz



Anexo14: Porcentaje de la cascarilla de arroz.



Anexo13: Tamizado de la cascarilla de arroz



Anexo 15: Aplicación del diseño experimental con sus respectivas porcentajes de cascarilla de arroz y cascara de camarón.



Anexo 16: Porcentaje de cascarilla de arroz y exoesqueleto de camarón



Anexo 17: Toma de muestras después de la aplicación de la adsorción de cascarilla de arroz y exoesqueleto de camarón



Anexo 18: Toma de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad, turbidez) a las muestras de cada tratamiento.

| TRATAMIENTOS | PARAMETROS | | | | | | Costo \$ | Grado de libertad | error |
|--------------|------------|--------------------------|------|-------------|--------|----------|----------|-------------------|-------|
| | Plomo | Porcentaje de remoción % | pH | Temperatura | EC/TDS | Turbidez | | | |
| | mg/l | | - | °C | mg/l | NTU | | | |
| T1R1 | 2,03 | 77,86 | 0,73 | 17,3°C | 20 | 19,31 | | 11 | 8 |
| T1R2 | 2,12 | | 0,68 | 17,2°C | 20 | 32,22 | | | |
| T1R3 | 1,31 | | 0,76 | 17,1°C | 20 | 38,03 | | | |
| T2R1 | 1,68 | 78,99 | 0,84 | 22,6°C | 20 | 16,8 | | | |
| T2R2 | 1,37 | | 0,77 | 17,8°C | 20 | 24,56 | | | |
| T2R3 | 2,13 | | 0,9 | 19,6°C | 20 | 39,96 | | | |
| T3R1 | 1,31 | 79,36 | 0,92 | 21,5°C | 20 | 17,98 | \$37.15 | | |
| T3R2 | 1,74 | | 1,11 | 21,3°C | 20 | 9,49 | | | |
| T3R3 | 2,04 | | 0,85 | 20,0°C | 20 | 27,79 | | | |
| T4R1 | 2,36 | 73,11 | 0,85 | 18,0°C | 20 | 18,09 | | | |
| T4R2 | 1,71 | | 0,91 | 20,2°C | 20 | 17,47 | | | |
| T4R3 | 2,56 | | 0,96 | 19,9°C | 20 | 28,11 | | | |

Anexo 19: Resultados tabulados en Excel.

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Pinargote María Eugenia
Dirección: Granda Centeno y 10 de Agosto
Muestra: Agua residual inicial 0
Descripción de la muestra: Líquido incoloro con presencia de sedimentos
Fecha elaboración: ---
Fecha vencimiento: ---
Fecha de toma: 16 de diciembre del 2019
Lote: ---
Localización: Salgolquí
Envase: Frasco de vidrio
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 18 de diciembre del 2019
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 18 - 24 de diciembre del 2019
Fecha de emisión del informe: 26 de diciembre del 2019
Condiciones ambientales: 23,9°C 52%HR

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 0,74 |
| Plomo: | mg/l | Standard Methods 3111 B Modificado | 8,22 |


Q.A. Danilo Sambache
DIRECTOR TÉCNICO

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Pco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-226 / 2561-350 / 3238-503 / 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / decilialuzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Pinargote María Eugenia
Dirección: Granda Centeno y 10 de Agosto
Muestra: Agua residual tratada T1 R1
Descripción de la muestra: Líquido color amarillo
Fecha elaboración: ---
Fecha vencimiento: ---
Fecha de toma: 17 de diciembre del 2019
Lote: ---
Localización: Salgotqui
Envase: Frasco de vidrio
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 18 de diciembre del 2019
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 18 - 23 de diciembre del 2019
Fecha de emisión del informe: 26 de diciembre del 2019
Condiciones ambientales: 23,9°C 52%HR

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 0,73 |
| Plomo: | mg/l | Standard Methods 3111 B Modificado | 2,03 |


Q. A. Danilo Sambache
DIRECTOR TÉCNICO

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mail: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzunaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Pinargote María Eugenia
Dirección: Granda Centeno y 10 de Agosto
Muestra: Agua residual tratada T1 R2
Descripción de la muestra: Líquido color amarillo con ligera presencia de sedimentos
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 17 de diciembre del 2019
Lote: ---
Localización: Salgotqui
Envase: Frasco de vidrio
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 18 de diciembre del 2019
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 18 - 23 de diciembre del 2019
Fecha de emisión del informe: 26 de diciembre del 2019
Condiciones ambientales: 23,0°C 52%HR

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 0,68 |
| Plomo. | mg/l | Standard Methods 3111 B Modificado | 2,12 |


Q.A Danilo Sambache
DIRECTOR TÉCNICO

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2583-225 / 2581-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cedillaaluzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Pinargote María Eugenia
Dirección: Granda Centeno y 10 de Agosto
Muestra: Agua residual tratada T1 R3
Descripción de la muestra: Líquido color amarillo
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 17 de diciembre del 2019
Lote: ---
Localización: Salgolquí
Envase: Frasco de vidrio
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 18 de diciembre del 2019
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 18 - 23 de diciembre del 2019
Fecha de emisión del informe: 26 de diciembre del 2019
Condiciones ambientales: 23,9°C 52%HR

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 0,76 |
| Plomo: | mg/l | Standard Methods 3111 B Modificado | 1,31 |


Q.A Danilo Sambache
DIRECTOR TÉCNICO

LABOLAB

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB, ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES.

LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.

Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros

Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1581

E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliafuzuraga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Pinargote María Eugenia
Dirección: Granda Centeno y 10 de Agosto
Muestra: Agua residual tratada T2 R1
Descripción de la muestra: Líquido color amarillo tenue con ligera presencia de sedimentos
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 17 de diciembre del 2019
Lote: ---
Localización: Salgolqui
Envase: Frasco de vidrio
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 18 de diciembre del 2019
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 18 - 23 de diciembre del 2019
Fecha de emisión del informe: 26 de diciembre del 2019
Condiciones ambientales: 23,9°C 52%HR

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 0,84 |
| Plomo. | mg/l | Standard Methods 3111 B Modificado | 1,68 |


Q.A. Dumilo Sambache
DIRECTOR TÉCNICO

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / caolialuzuriaga@labolab.com.ec / informasa@labolab.com.ec

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Pinaigote María Eugenia
Dirección: Granda Centeno y 10 de Agosto
Muestra: Agua residual tratada T2 R2
Descripción de la muestra: Líquido color amarillo tenue con ligera presencia de sedimentos
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 17 de diciembre del 2019
Lote: ---
Localización: Salgolqui
Envase: Frasco de vidrio
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 18 de diciembre del 2019
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 18 - 23 de diciembre del 2019
Fecha de emisión del informe: 26 de diciembre del 2019
Condiciones ambientales: 23,9°C 52%HR

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 0,77 |
| Plomo: | mg/l | Standard Methods 3111 B Modificado | 1,37 |


Q.A Danilo Sambache
DIRECTOR TÉCNICO

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Pinargote María Eugenia
Dirección: Granda Centeno y 10 de Agosto
Muestra: Agua residual tratada T2 R3
Descripción de la muestra: Líquido ligeramente amarillo
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 17 de diciembre del 2019
Lote: ---
Localización: Salgolquí
Envase: Frasco de vidrio
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 18 de diciembre del 2019
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 18 - 23 de diciembre del 2019
Fecha de emisión del informe: 26 de diciembre del 2019
Condiciones ambientales: 23,9°C 52%HR

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 0,90 |
| Plomo, | mg/l | Standard Methods 3111 B Modificado | 2,13 |


Q.A Danilo Sambache
DIRECTOR TÉCNICO

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros.
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503 / 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

