



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUAR LA EFICIENCIA DEL Aloe vera COMO FLOCULANTE NATURAL Y
RAMA DE Pinus COMO FILTRO PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES
MINEROS ARTESANALES EN EL CENTRO POBLADO HUATOCAY,
CARABAYLLO, 2022

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales, biorremediación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Villanueva Valles, Xiomara Zadith

Asesora:

Vega Ventosilla, Violeta

ORCID: 0000-0002-7763-6993

Jurado:

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Aguirre Cordero, Rogelio

Lima - Perú

2023



“EVALUAR LA EFICIENCIA DEL Aloe vera COMO FLOCULANTE NATURAL Y RAMA DE Pinus COMO FILTRO PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES MINEROS ARTESANALES EN EL CENTRO POBLADO HUATOCAY, CARABAYLLO, 2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

29%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	www.pumagua.unam.mx Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%
8	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y
ECOTURISMO**

**EVALUAR LA EFICIENCIA DEL Aloe vera COMO FLOCULANTE
NATURAL Y RAMA DE Pinus COMO FILTRO PARA EL TRATAMIENTO
DE EFLUENTES MINEROS ARTESANALES EN EL CENTRO POBLADO
HUATOCAY, CARABAYLLO, 2022**

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales, Biorremediación

Modalidad de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor(a):

Villanueva Valles, Xiomara Zadith

Asesor(a):

Vega Ventosilla, Violeta

(ORCID: 0000-0002-7763-6993)

Jurado:

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Aguirre Cordero, Rogelio

Lima – Perú

2023

Dedicatoria

A mi familia Marco Sanchez y Santiago Villanueva y a mis queridos padres Walter Villanueva y Yolhy Valles. por su apoyo incondicional, por el gran amor que me brindan siempre, por sus consejos y aliento en cada paso momento, inculcándome en ser mejor persona; apoyándome en cada meta; y haciendo que esto se haga realidad.

Agradecimiento

A Dios por su amor e infinita misericordia ya que el me dio y me da las fuerzas en todo momento. A mi familia y padres por apoyarme a que mis sueños se hagan realidad, por guiarme en la vida y por ser los seres que motivan mis pasos en los momentos más difíciles. A mi asesora Ing. Violeta Vega por brindarme la oportunidad de desarrollar el presente trabajo bajo sus tutorías. Agradecimiento especial al Ing. Omar Vásquez por su apoyo incondicional. Al Instituto Especializado de Investigación y Gestión del Agua (INEIGA) por el apoyo. A mis mejores amigas, maestros, por compartir años de grata experiencia en diferentes ámbitos de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen.....	12
Abstract.....	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Descripción y formulación del problema	14
1.1.1. <i>Descripción del problema</i>	14
1.1.2. <i>Formulación del problema</i>	15
1.2. Antecedentes	16
1.2.1. <i>Antecedentes nacionales</i>	16
1.2.2. <i>Antecedentes Internacionales</i>	18
1.3. Objetivos	23
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	23
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	23
1.4. Justificación e Importancia.....	24
1.4.1. <i>Justificación</i>	24
1.4.2. <i>Importancia</i>	25
1.5. Formulación de la hipótesis	25
II. MARCO TEÓRICO	26
2.1. Bases teóricas	26
2.2.1. <i>Aloe Vera</i>	26
2.2.2. <i>Clasificación taxonómica del Aloe Vera</i>	26
2.2.3. <i>Botánica del Aloe vera</i>	27

2.2.4.	<i>Composición fisicoquímica del Aloe Vera.</i>	31
2.2.5.	<i>Aguas Ácidas.</i>	33
2.2.6.	<i>Caracterización de Efluentes Mineros</i>	33
2.2.7.	<i>Coagulación</i>	34
2.2.8.	<i>Floculación:</i>	36
2.2.9.	<i>Metales pesados</i>	39
2.2.10.	<i>Plomo</i>	39
2.4.1.	<i>Cadmio</i>	41
2.4.2.	<i>Cobre</i>	42
2.4.3.	<i>Hierro</i>	43
2.4.4.	<i>Partículas Coloidales</i>	44
2.4.5.	<i>Pinus (pino)</i>	51
2.4.6.	<i>Taxonomía</i>	53
2.4.7.	<i>Test de jarras</i>	53
III.	MÉTODO	54
3.1.	Tipo de investigación	54
3.1.1.	<i>Nivel de investigación</i>	54
3.1.2.	<i>Diseño de investigación</i>	54
3.2.	Ámbito Temporal y Espacial	54
3.2.1.	<i>Ubicación del área de estudio</i>	55
3.3.	Variables	56

3.4.	Población y muestra	57
3.4.1.	<i>Población</i>	57
3.4.2.	<i>Muestra:</i>	57
3.5.	Instrumentos	57
3.5.1.	<i>Softwares para el sistema de prueba:</i>	57
3.5.2.	<i>Equipos de Laboratorio</i>	57
3.5.3.	<i>Materiales de laboratorio</i>	58
3.5.4.	<i>Otros materiales y Equipos de campo</i>	58
3.6.	Procedimientos	59
3.6.1.	<i>Etapa Inicial</i>	59
3.6.2.	<i>Etapa Intermedia</i>	59
3.6.3.	<i>Etapa final</i>	75
3.7.	Análisis de datos.....	75
IV.	RESULTADOS	76
4.1.	Caracterización del efluente minero artesanal	76
4.2.	<i>Determinación de la Dosis optima</i>	77
4.2.1.	<i>Turbiedad</i>	77
4.2.2.	<i>Cobre</i>	80
4.2.3.	<i>Cadmio</i>	82
4.2.4.	<i>Plomo</i>	84
4.2.5.	<i>Hierro</i>	86

4.2.6. <i>Eficiencias en la remoción</i>	88
4.3. Análisis Estadístico Inferencial	99
4.3.1. <i>Normalidad de los errores de los resultados</i>	99
4.4. Contrastación de hipótesis.....	119
V. DISCUSION DE RESULTADOS.....	121
VI. CONCLUSIONES.....	124
VII. RECOMENDACIONES	126
VIII. REFERENCIAS.....	127
IX. ANEXOS.....	138
Anexo A. Matriz de consistencia.....	139
Anexo B. Panel Fotográfico.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Botánica	27
Tabla 2 Composición química del mucilago de Aloe vera	32
Tabla 3 Índice de floculación de Willcomb	38
Tabla 4 Efecto al disminuir el tamaño de las partículas.	46
Tabla 5 Métodos de referencia.....	60
Tabla 6 Dilución de pH con muestra de marzo.....	65
Tabla 7 Dilución de pH con muestra de julio.	66
Tabla 8 Determinación de la RPM óptimo para las mezcla rápida y lenta – Tratamiento II..	70
Tabla 9 Parámetros del efluente minero artesanal previo al tratamiento	76
Tabla 10 Eficiencia de remoción con pH 6 para cada metal – Tratamiento I.....	88
Tabla 11 Eficiencia de remoción para coagulación 80 RPM en 3 minutos y floculación con 30 RPM en 20 min – Tratamiento II.....	89
Tabla 12 Eficiencia de remoción de la turbidez.....	89
Tabla 13 Parámetros en el diseño de prueba.....	90
Tabla 14 Datos de los tiempos, velocidades y caudal del sistema de prueba	91
Tabla 15 Análisis y codificación descriptiva de los resultados obtenidos en el componente turbidez	94
Tabla 16 Análisis y codificación descriptiva de los resultados obtenidos en el componente metales pesados mes de marzo	95
Tabla 17 Análisis y codificación descriptiva de los resultados obtenidos en el componente metales pesados mes de julio	97
Tabla 18 Análisis de Normalidad para las variables analizadas en la investigación	103
Tabla 19 Resultado de la prueba de Levene aplicado a los resultados para analizar la homogeneidad de varianzas respecto a la variable turbidez	104

Tabla 20 Resultado de la prueba de Levene aplicado a los resultados para analizar la homogeneidad de varianzas respecto a la variable metales pesados mes de marzo	105
Tabla 21 Resultado de la prueba de Levene aplicado a los resultados para analizar la homogeneidad de varianzas respecto a la variable metales pesados mes de julio.....	106
Tabla 22 Resumen de resultados de análisis de la prueba de Levene para variables con distribución asimétrica	108
Tabla 23 Prueba de verosimilitud de hipótesis para el componente turbidez.....	109
Tabla 24 Prueba de verosimilitud de hipótesis para el componente metales pesados analizados en el mes de marzo.....	110
Tabla 25 Prueba de verosimilitud de hipótesis para el componente metales pesados analizados en el mes de julio	111
Tabla 26 Prueba de comparación de Tukey para componente turbidez promedio de marzo y julio	112
Tabla 27 Prueba de comparación de Tukey para componente metales pesados analizados en el mes de marzo	113
Tabla 28 <i>¿Prueba de comparación de Tukey para componente metales pesados analizados en el mes de julio</i>	115
Tabla 29 <i>Análisis de los resultados estadísticos tabulados del componente turbidez promedio de los meses de marzo y julio al momento de tratar efluentes mineros artesanales con Aloe vera como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en el centro poblado Huatocay</i>	117
Tabla 30 Análisis de los resultados estadísticos tabulados del componente metales en los meses de marzo y julio al momento de tratar efluentes mineros artesanales con Aloe vera como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en el centro poblado	118
Tabla 31 Contrastación de las hipótesis de investigación.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología de Aloe Barbadenses Miller (a. Flor; b. Hoja; c. Tallo; d. Raíz)	28
Figura 2 Hoja entera	30
Figura 3 Corte transversal de Aloe vera	31
Figura 4 Fases de las etapas de la coagulación	35
Figura 5 Floculación	37
Figura 6 Distribución del tamaño de las partículas en el agua	45
Figura 7 Desestabilización del coloide	51
Figura 8 Estructura de la xilema	52
Figura 9 Mapa de ubicación de zona de estudio	55
Figura 10 Variables dependientes e independientes	56
Figura 11 Toma de muestras.....	59
Figura 12 Proceso de elaboración del coagulante en polvo.....	61
Figura 13 Esquema de la preparación del polvo de Aloe vera	62
Figura 14 Cortado y Limpieza del <i>Aloe Vera</i>	62
Figura 15 <i>Secado del Aloe vera</i>	63
Figura 16 Molienda y tamizado del Aloe vera	64
Figura 17 Obtención y preparación del filtro - rama de Pinus.....	64
Figura 18 Dosificación del floculante con respecto al pH – Tratamiento I.....	67
Figura 19 Dosificación del floculante.....	68
Figura 20 Sedimentación de las muestras.....	68
Figura 21 Lectura de metales en muestras del efluente	69
Figura 22 Tanque de Captación – homogenizado	72
Figura 23 Tanque de coagulación.....	73
Figura 24 Tanque 2 en 1, floculador y decantador	74

Figura 25 Filtro de ramas de Pinus.	74
Figura 26 Turbidez residual vs Dosis – Tratamiento I	77
Figura 27 Turbidez vs tiempo – Tratamiento II.....	78
Figura 28 Resultado de Turbidez antes y después del proceso de filtración mediante la rama de Pinus.....	79
Figura 29 Concentración de Cobre vs Dosis – Tratamiento I.....	80
Figura 30 Concentración de Cobre vs Tiempo - Tratamiento II.....	81
Figura 31 Concentración de Cadmio VS Dosis - Tratamiento I.....	82
Figura 32 Concentración de Cadmio vs Tiempo, Tratamiento II.....	83
Figura 33 Concentración de Plomo VS Dosis - Tratamiento I.....	84
Figura 34 Concentración de Pb VS Tiempo – Tratamiento II.....	85
Figura 35 Concentración de Hierro VS Dosis – Tratamiento I	86
Figura 36 Concentración de Hierro VS Tiempo - Tratamiento II	87
Figura 37 Plano 2D AUTOCAD	92
Figura 38 Plano 3D - Rabbit 2017	92
Figura 39 Sistema de tratamiento	93
Figura 40 Resultados de prueba de normalidad de los resultados agrupados y codificados de la turbidez promedio meses marzo y julio	100
Figura 41 Resultados de prueba de normalidad de los resultados agrupados y codificados de metales pesados analizados mes de marzo.....	101
Figura 42 Resultados de prueba de normalidad de los resultados agrupados y codificados de metales pesados analizados mes de julio.	102
Figura 43 Grafica de la distribución de las varianzas de la variable turbidez promedio	104
Figura 44 Grafica de la distribución de las varianzas de la variable metales pesados analizados en el mes de marzo.....	106

Figura 45 Gráfica de la distribución de las varianzas de la variable metales pesados analizados en el mes de julio	107
Figura 46 Distribución comparada de las dosis aplicadas para eliminar turbidez aplicando Aloe Verá como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay	112
Figura 47 Distribución comparada de las dosis aplicadas para eliminar metales pesados (mes de marzo) aplicando Aloe Verá como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay	114
Figura 48 Distribución comparada de las dosis aplicadas para eliminar metales pesados (mes de julio) aplicando Aloe vera como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay	116

Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo evaluar la eficacia del floculante natural *Aloe vera* y de las ramas de *Pinus* como filtro en el tratamiento del efluente minero artesanal obtenido en el asentamiento de Huatocay. La investigación fue cuantitativa, con un tipo de estudio aplicado. Los valores iniciales de las muestras de efluente minero artesanal fueron de 1,787 g/L de plomo, 0,199 g/L de cadmio, 17,56 g/L de hierro y 3,428 g/L de cobre, lo cual fueron tratadas mediante el método de ensayo de frascos con un volumen constante de 1L de 4 frascos estos ensayos se realizaron con las muestras del mes de marzo y julio. Donde se utilizó *Aloe vera* como floculante, polvo, y la rama de *Pinus* como filtro, trabajando con ramas pequeñas. Se determinó que la dosis óptima de *Aloe vera* como floculante natural era 1.5g. eliminaba la eficazmente el cobre, el cadmio, el plomo y el hierro, con porcentajes del 95,08%, 92,74%, 94,99% y 99,13%, respectivamente. Un segundo proceso de tratamiento dio resultados aún mejores, con porcentajes de eliminación del 96,85%, 93,11%, 93,84% y 99,09%, y un valor de concentración de hierro que permitía niveles inferiores al límite máximo permitido. Se comprobó que una dosis de 1 Kg de rama de *Pinus* era la cantidad óptima trabajando en conjunto con el *Aloe vera*, lo que dio lugar a una eficacia de eliminación de la turbidez del 97,41%. El uso de *Aloe vera*, floculante, filtro y un sistema de pruebas fueron componentes clave en estos procesos.

Palabras claves: *Aloe vera*, Rama de *pinus*, Dosis optima.

Abstract

The objective of this thesis was to evaluate the effectiveness of the natural flocculant Aloe vera and Pinus branches as a filter in the treatment of artisanal mining effluent obtained in the settlement of Huatocay. The research was quantitative, with an applied type of study. The initial values of the artisanal mining effluent samples were 1.787 g/L of lead, 0.199 g/L of cadmium, 17.56 g/L of iron and 3.428 g/L of copper, which were treated by the method of Test of bottles with a constant volume of 1L of 4 bottles. These tests were carried out with samples from the month of March and July. Where Aloe vera was used as a flocculant, powder, and the Pinus branch as a filter, working with small branches. It was determined that the optimal dose of Aloe vera as a natural flocculant was 1.5g. It effectively removed copper, cadmium, lead and iron, with percentages of 95.08%, 92.74%, 94.99% and 99.13%, respectively. A second treatment process gave even better results, with removal percentages of 96.85%, 93.11%, 93.84% and 99.09%, and an iron concentration value that allowed levels lower than the maximum allowable limit. It was found that a dose of 1Kg of Pinus branch was the optimal amount working in conjunction with Aloe vera, which resulted in a turbidity removal efficiency of 97.41%. The use of Aloe vera, flocculant, filter and a testing system were key components in these processes.

Keywords: Aloe vera, Pinus branch, optimal dose

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Desde hace varias décadas, diversos estudios han demostrado que la reserva de recursos hídricos se encuentra íntimamente ligada a la calidad del agua de la zona en la cual se piensa llevar a cabo la extracción de estos, esto se debe a que las fuentes de agua que se encuentran contaminadas pueden obstruir o complicar la utilización de los recursos. Siguiendo esta línea, el creciente vertido de aguas residuales no tratadas, así como la escorrentía de las tierras agrícolas y las aguas residuales industriales deficientemente tratadas, se han constituido como parte de una problemática ambiental; puesto que, han suscitado un desgaste de la calidad del agua en todo el mundo (Bauer et al., 2017).

En Perú, distintas organizaciones han hecho hincapié sobre cómo las industrias de la minería y la agricultura se han establecido como las principales causas de la contaminación del agua, ello, a su vez, ha logrado afectar las masas de agua, por lo cual se ha podido detectar cómo en diversas zonas en las cuales se llevan a cabo estas actividades de manera constante, se han perdido especies vegetales y biodiversidad (Jara y Gómez, 2017).

De este mismo modo, se ha podido apreciar cómo las industrias mineras han aumentado de manera exponencial la contaminación ambiental con metales pesados. La absorción y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos no sólo se ven influenciadas de manera perjudicial por su concentración, sino también por el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del medio (Castañe et al., 2003)

Por tal motivo en el sector Huatocay-Carabayllo pretende reducir los niveles de metales pesados como cadmio, plomo, hierro y cobre, cumpliendo los niveles máximos permitidos en la industria minera. Además, el sistema de prueba pretende mejorar la turbidez mediante un proceso que implica la captación, coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema Principal

¿Cuál es la eficiencia del *Aloe vera* como floculante natural y la rama de *Pinus* como filtro para el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay - Carabayllo?

1.1.2.2. Problema Secundario

- ¿Cuáles son las concentraciones de plomo, cadmio, hierro, cobre y turbidez de los efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo?
- ¿Cuál es la dosis optima del *Aloe vera* como floculante natural y el volumen de rama de *Pinus* requerido como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo?
- ¿Cuál es la eficiencia del *Aloe vera* como floculante natural y la rama de *Pinus* como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Olivera (2022) en su tesis titulada “Aplicación del coagulante natural *áloe vera* como tratamiento terciario en la PTAR – Jauja” estableció como objetivo principal determinar el efecto del coagulante natural *Aloe vera* en la remoción de parámetros críticos como tratamiento terciario en la PTAR- JAUJA, en el cual el método utilizado fue el científico - experimental mediante la prueba de jarras, aplicando una velocidad de agitación rápida de 100 RPM por 60 segundos y una velocidad de agitación lenta 40RPM por 30 minutos y aplico dosis de coagulante *Aloe vera* de 10 ml, 20ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml en las jarras, donde se obtuvo como resultado que la máxima remoción de DBO, sólidos suspendidos totales y turbidez, para finalizar se obtuvo la mejor eficiencia de remoción en DBO con (10 ml con 87.62%) de sólidos suspendidos totales (20 ml con 75.70%) y turbidez (20 ml 48.70%).

Fernandez y Flores (2019) en su tesis titulada “Remoción de metales pesados de efluentes minero-metalúrgico mediante filtro bioabsorbente con fibras lignocelulósicas en Santa Rosa Quives, Lima”, plantearon como objetivo evaluar la remoción de metales pesados de efluentes minero-metalúrgico mediante filtro bioabsorbente con fibras lignocelulósicas en Santa Rosa Quives, Lima; la metodología empleada consistió en utilizar el test de jarras y un sistema de tratamiento filtro bioabsorbente, para remover los metales, la muestra inicial tratada tiene las siguientes concentraciones de Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Plomo (Pb) igual a 0.055, 1.359 y 0.263 ppm, respectivamente y los parámetros físicos de trabajo pH 7.3, SST 740 mg/l y temperatura 26.5 °C. Los resultados demostraron que, para Cu, el mejor tratamiento fue el Tratamiento 2; el cual fue llevado a cabo con 100 g de cáscara de coco (96,36%), para el tratamiento de hierro fue el Tratamiento 6; compuesto por coco naranja (50 g cada uno) con rendimiento (92,05%); y el plomo, para lograr una remoción de 97.34%, fueron en el Tratamiento 3 y el Tratamiento 6; consistentes en 100gr de naranja y coco (50gr cada uno)

respectivamente. Como conclusión, los autores mencionan que los filtros de bioadsorción con fibras lignocelulósicas son efectivos en la remoción de metales pesados de las aguas residuales metalúrgicas.

Córdova (2018) en su tesis titulada “Eficiencia del *Aloe barbadensis miller* en la reducción de Turbidez, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Totales y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales del matadero de aves “San Francisco”- Comas 2018”. Este investigador decidió evaluar la efectividad de la especie *Aloe barbadensis miller* en el tratamiento de efluentes de mataderos avícolas “San Francisco”, Comas 2018. Por ese motivo, el método a emplear fue un enfoque cuantitativo expresado mediante un diseño de estudio experimental. A nivel preexperimental, se encontró que *Aloe barbadensis miller* es efectivo en el tratamiento de aguas residuales de mataderos avícolas. El resultado fue un pH alcalino de 9, la etapa de coagulación se realizó a 50 RPM durante 5 minutos, lo que brindó una formación significativa de flóculos y estos tuvieron un tiempo de sedimentación de aproximadamente 20 minutos, con una reducción significativa de la turbidez al 20%. De igual manera, se obtuvo el rango de porcentaje de remoción del parámetro de Demanda Química de Oxígeno- DQO se verifica entre los valores de 77.78% y 83.3%, el autor logró concluir que el parámetro de turbidez tuvo un rango de remoción de 99%, resultado ser el óptimo.

Moreno (2016) en su tesis titulada “Disminución de la turbidez en el río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba aplicando *Opuntia ficus indica*, *Aloe vera* y *Caesalpiniaspinosa*” estimo como objetivo determinar la disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas consumida por la población de Chuquibamba-Cajabamba utilizando *Opuntia ficus indica*, *Aloe vera* y *Caesalpiniaspinosa*, mediante una serie de técnicas analíticas, como es el caso de la aplicación de la prueba de jarras. Los resultados fueron los siguientes: la turbidez se redujo en un 61,09% al usar *Opuntia ficus indica*, en un 48,47% al usar

Caesalpiniaspinosa y en un 42,48% en el caso del uso de *Aloe vera*, siendo la primera con mayor efectividad y logrando así una mejor disminución de turbidez. Sin embargo, este mismo autor menciona que, existen similitudes en los resultados en los tres tiempos, el efecto significativo es la reducción de la turbidez del agua al utilizar dos velocidades, de las cuales la velocidad de 100 RPM es la más efectiva, lo que repercute positivamente en el proceso de reducción de la turbidez, el pH no es alterado.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

Yilmaz (2022) en su artículo titulado “Eficacia del extracto de hoja de *Aloe vera* como biocoagulante para el tratamiento de efluentes industriales mediante coagulación - floculación”, planteó evaluar la eficacia del extracto de hoja de *Aloe vera* como biocoagulante para el método de efluentes industriales mediante la coagulación - floculación, lo cual tomo como metodología experimental el test de jarras y uso un elemento químico Coomassie brilliant blue G-250 (CBB) como contaminante, se seleccionó el rango de parámetros que afectan el proceso de coagulación-floculación, incluidos pH 2-8, dosis de coagulante de 1 a 7 ml/L y concentración de contaminantes orgánicos de 50 a 110 mg/l lo cual la mezcla rápida 160 RPM durante 5 min y la lenta en a 35 RPM durante 30 min por ende los resultados indicaron que a pH 6, removi6 aproximadamente el 80% del porcentaje de remoci6n, asimismo indicaron que el rendimiento de decoloraci6n de CBB aumenta a medida que aumenta la dosis de coagulante de 1 a aproximadamente 3 ml/l, y cuando la concentraci6n de contaminantes orgánicos se prolong6 de 50 a 110 mg/l, el porcentaje de eliminaci6n disminuy6 de aproximadamente 81% a 35%. Lo cual concluyo en las condiciones 6ptimas se determinaron como pH de 6, dosis de coagulante de 3 ml/L y concentraci6n de contaminantes orgánicos de 50 mg/l. Logr6 porcentajes de remoci6n de CBB de 79.88%, 81.5% y 81.47% a pH 6 6ptimo, dosis de coagulante y concentraci6n de contaminantes orgánicos.

Duithy y Arya (2018). en su artículo titulado “Evaluación del rendimiento de la coagulación de la Papaya Semilla para la purificación del agua del río”, tuvo como objetivo investigar la eficacia de los gérmenes de *Carica papaya*, en la coagulación de agua turbia. El estudio también se centró en la determinación del tiempo de dosificación y un contacto eficaz para el uso de papaya como coagulante natural, empleo el método de agua de retención, así como plantas de tratamiento de agua residual municipal, mediante, la colecta de la muestra de agua, recogida e identificación de los gérmenes, preparación de polvo de germen, recolección de Agua Tratada Alum y pruebas de Calidad del Agua, obteniendo que, obteniendo que el efecto de la dosis de polvo de semilla de papaya sobre la coagulación. Las dosis se variaron desde 0,2 g / L a 12 g / L intervalo de dosificación. En conclusión, a partir del estudio se obtuvieron una dosis óptima de 0,6 g /l, la velocidad óptima a 80 RPM, y tiempo de agitación de 30 minutos, respectivamente. El pH fue casi similar antes y después del tratamiento, donde la semilla de papaya es un coagulante natural, efectivo para el tratamiento del agua del río y también está claro que los gérmenes de papaya son más adecuados para el tratamiento del agua

Chinchu y Anitha (2017) en su artículo titulado “Uso de *Aloe vera* jugo para tratamiento de aguas residuales por coagulación y floculación”, plantearon como objetivo ampliar la gama de floculantes naturales utilizados en propiedades de clarificación de agua de *Aloe vera*, mediante la preparación de *Aloe vera* gel, donde la coagulación-floculación se realizó de acuerdo con el protocolo de "Test Jar". Se obtuvo, el máximo rendimiento de eliminación se encontró 91% para las aguas residuales de productos lácteos para la dosis de alumbre de 30 mg / l, donde pruebas Jar se llevaron a cabo para diferente porcentaje de la dilución de *Aloe Vera* gel tales como 1%, 4%, 5%, 7%, 10% y 15%. Asimismo, Para la leche de aguas residuales con dilución 5% de gel de *Aloe vera* se encontró que era eficaz. En conclusión, para la dilución 7% de *Aloe vera* gel óptima 40 ml/l de la dosis de *Aloe vera* se encontró más eficaz por ende el gel

de *Aloe vera* se ha demostrado ser eficaz coadyuvante de la coagulación que puede ser utilizado en las zonas rurales donde hay más disponibilidad vegetal de *Aloe vera*.

Singh et al. (2017) en su artículo titulado “La eliminación de cobre de iones de agua residual sintética utilizando *Aloe vera* como adsorbente”, tuvo como objetivo utilizar el *Aloe vera* como adsorbente para la eliminación de cobre en la solución acuosa de sulfato de cobre usando el proceso por lotes. La metodología consistió en ajustar el pH con las soluciones 0,1 M de HCl y NaOH 0,1 M., asimismo trabajaron por lotes con matraces cónicos de 250 ml , con dosis 0,5 g del polvo de *Aloe vera* y 100 ml de solución de cobre a 150 RPM, a temperatura de 25°C y a pH 7 durante un período de tiempo de 30 min-180min , lo cual se determinó la eficiencia de adsorción (%) y la concentraciones de cobre , por ende se tiene como resultados, el tiempo de contacto en 120 min, con dosis de 2 y eficiencia de absorción 46 - 52% con remoción de ion cobre de 53% -75.3% de remoción, a pH de 5 a temperatura 25°C, se concluyó que para la eliminación de cobre la condición óptima sale tiempo de contacto de 2 horas, dosis 2gm adsorbente, pH 5 y 45°C de temperatura y una eficiencia de remoción de cobre de 75.3% con 52% de absorción.

Munavalli y Amruta (2017) En su artículo titulado “Uso de *Aloe vera* como coagulante en la eliminación de la turbidez”, tuvo como objetivo desarrollar un método más eficiente y rentable utilizando *Aloe vera* gel para elaborar coagulante natural para uso en tratamiento de agua potable, lo cual, la metodología consistió en extraer el mucilago y realizar la dilución en distintos porcentaje (1%, 4%, 5%, 7% hasta 20%) , luego aplicaron los proceso de coagulación y floculación con una mezcla rápida de 200RPM para una mezcla de 2min y 30 y 40RPM en 15min y finalmente una estabilización de 30 min después de la decantación, se decantó la muestra y se midió la turbidez , luego se determinó el efecto de alumbre como coagulante en la remoción de la turbidez, logrando una eficiencia máxima de remoción del 91% para agua muy turbia y 70% para agua poco turbia a una dosis de alumbre de 30 mg/L y 50 mg/L.

Lazarinos y Ramos (2022) en su tesis titulada “Filtro de Xilema de Pino (*Pinus radiata*) para Reducción de Carga Bacteriana en Aguas Superficiales, Distrito la Peca, Departamento de Amazonas, 2022” tuvo como objetivo el de analizar si un filtro de xilema de pino (*Pinus Radiata*) reduciría la carga bacteriana en las aguas superficiales del distrito de la Peca, Departamento de Amazonas 2022, el método que estos investigadores desarrollaron consistió en seleccionar adecuadamente las ramas de *Pinus* al diámetro de las medias de las mangueras para que su agarre fuera más hermético. Al remojar 2 ramas de 0.25” y dos ramas de 1”, en alcohol durante 24 horas y luego almacenar el agua recolectada de los filtros (1000cm³ por filtro) en frascos con codificación adecuado y almacenamiento hermético, se encontró que el filtro de xilema de pino logró reducir de manera significativa la carga bacteriana de ambos parámetros evaluados (C. totales y C. termo tolerante) lo que llegó a la conclusión de que el filtro de xilema de pino reduce la carga bacteriana del E. Coli, C. Totales y C. Termo tolerantes, ello se debe al tamaño diminuto de sus traqueidas quienes oscilan entre 100 a 500nm, el cual es menor al tamaño del E. Coli, C. Totales y C. Termo tolerantes.

Bravo (2017) en su artículo científico “Coagulantes y floculantes de origen natural usados en la reducción de metales pesados, sólidos suspendidos, colorantes y turbidez en aguas residuales”, planteó como finalidad en su estudio recopilar información científica difundida en diferentes fuentes bibliográficas confiables (Scopus, Science Direct, Springer y Pubmed) sobre el estudio de coagulantes y floculantes de origen natural; además, también se centró en buscar y categorizar la información, y desarrollar una monografía, de tipo cualitativo exploratoria-descriptiva, para poder establecer cómo reaccionan los polímeros naturales con las partículas coloidales del agua a través de diferentes procesos de coagulación y la influencia de ciertos factores experimentales, el pH y dosis de coagulante, en la eficacia de la capacidad de coagulación y floculación de moringa olifera *Cassiaobtusifolia*, *Cassiaobtusifolia*, *Jatropha curcas*, *Aesculushyppocastanum* y *Quercusrobur*, *Abelmoschusesculentus*, *Plantago mayor* L.

Vitis vinífera, Plantagopsyllium, Phaseolusvulgaris, Vicia faba L, Ácido láctico y Lactato de Calcio, Asimismo coagulantes y floculantes modificados, Acacia mearnsii, Schinopsisbalansae. Esta investigación se centró en llevar a cabo una evaluación de la eficacia del coagulante, teniendo en consideración algunos parámetros fisicoquímicos, como principalmente la dosis del coagulante, la concentración de los contaminantes y el pH. No obstante, este autor menciona que, debido a que son componentes de origen natural, no tienen un efecto tan exorbitante como los coagulantes inorgánicos.

Pawar y Sagar (2016), en su artículo titulado “Jugo de *Aloe vera* Tratamiento de Agua por coagulación y proceso de floculación”, tuvo como objetivo, usar el *Aloe vera* como alumbre en coagulación y floculación para el tratamiento de aguas, lo cual la metodología empleada fue tener 6 grupos de distintas soluciones con alumbres en distintos porcentajes (1, 2 y 5%) y aloe como coagulante primario y alumbre de *Aloe Vera* al 100%, determinando la turbidez, coloración, pH, por ende los resultados fueron el - Alum como coagulante primario bajo el 90% de turbidez, *Aloe Vera* como primaria elimino solo el 40%, el Alum reemplazado con el jugo puro de *Aloe Vera* con dosis de 1,6 elimino el 88.97 % de turbidez , Alum sustituido con solución de Aloe 5% elimino más del 80 % con dosis 3.5 ml/0.5L, Alum sustituido con solución de Aloe 2% elimino el 81.97% con dosis 4 (mg/0.5 L) y Alum sustituido con solución de Aloe 1% elimino el 81.97% con dosis 4 (mg/0.5L) . la investigación concluyo en que el coagulante natural de jugo de *Aloe Vera* como coagulante primario no es tan eficiente como alumbre. es decir, el jugo de Aloe cuando sustituye por 60-80% son las buenas combinaciones de eficacia de eliminación de la turbidez.

Reena et al. (2015), en su artículo titulado "Eliminación de metal pesados del agua residuos por el uso de modificado *Aloe vera* en polvo hoja", tuvo como finalidad estudiar y averiguar las características de *Aloe vera* como un material adsorbente para disminuir de plomo a través de la adsorción de las aguas residuales en diversas condiciones de pH. La

metodología consistió en la preparación del adsorbente *Aloe Vera* convirtiéndolo en polvo, donde los experimentos se llevaron a distintas concentraciones de Pb (0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 1.0) g/L. Donde trabajaron con dosis 1g/L, el tiempo de agitación 40min, temperatura a 35°C, el tamaño de partículas 50 a 70 micras y pH 5.5, asimismo realizaron muestra de pH 1 a 7 con solución 0,5 g /L, lo cual realizaron la cinética de adsorción de Langmuir, Friedrich y Largengren. Asimismo, obtuvo como resultados 96,2% de remoción del metal con solución 0,3g/50mL para un tiempo de agitación de 30min, y con la muestra de pH 4 hubo mayor bioadsorción. En efecto, con tiempo de 25min se determinó la más rápida bioadsorción. En conclusión, el adsorbente (polvo de hoja de MAV) se llegó aplicar de manera eficiente para el tratamiento de Pb (II) de aguas residuales contaminadas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia del *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las concentraciones de plomo, cadmio, hierro, cobre y turbidez en los efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo.
- Estimar la dosis óptima del *Aloe vera* como floculante natural y el volumen de rama de *Pinus* requerido como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo.
- Determinar la eficiencia del *Aloe vera* como floculante natural y la rama *Pinus* como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo.

1.4. Justificación e Importancia

1.4.1. Justificación

En la actualidad los efluentes mineros artesanales e industriales emiten gran cantidad de metales pesados en estado líquido, es decir este tipo de efluentes son un problema principal en el medio ambiente ya que puede dañar ecosistema, afectar en la salud a la humanidad y la vida de otros organismos vivos. Los metales pesados en su estado líquido han sido uno de los principales problemas ambiental debido a su toxicidad, carcinogenicidad y no biodegradabilidad. El propósito de esta investigación es proponer una tecnología no habitual y afable con el medio ambiente lo cual el insumo es natural y de fácil acceso, porque es un vegetal. El uso del coagulante natural es más económico ya que los inorgánicos son bastante costosos, además son económicamente rentables en decir su aplicación es sustentable.

Siguiendo esta línea, es importante mencionar que la presente investigación expondrá que el *Aloe vera* como floculante natural es una alternativa para el tratamiento de efluentes mineros o de aguas con presencia de metales ya que sus propiedades y características naturales como floculante aglomeran estos metales minimizando sus concentraciones para poder dar un nuevo valor y reusó a estas aguas contaminadas, asimismo la rama de *Pinus* como filtro vegetal es una alternativa ya que la etapa de filtración minimiza la turbiedad por ende sus indicadores y variables, estos nos permitirán tener más conocimiento de estos dos insumos naturales poder aplicarlos a escales más grandes.

La presente investigación será de gran importancia para aquellas poblaciones de bajo recursos, que vivan cerca a lugares impactados negativamente por la contaminación de efluentes mineros, ya que el sistema de tratamiento es sustentable y hace uso de dos insumos naturales de fácil alcance y de bajo costo.

1.4.2. Importancia

Este presente trabajo va dirigido a las autoridades de las industrias mineras y mineras informales en cuyo proceso generan desechos contaminantes con metales pesado, que causan impactos a las zonas y poblaciones aledañas, quienes tienen por actividades económicas el riego, cultivo, consumo directo y bebida de sus ganados, donde es una realidad, que directamente estas aguas contaminadas no tienen tratamiento previo. La importancia radica en dar a conocer y aplicar el *Aloe vera* como floculante y la rama de *Pinus* como filtro en los tratamientos de efluentes mineros o cuerpos receptores contaminados por metales pesados en estado líquido, teniendo un impacto económico positivo por la facilidad de acceso y costo de estos insumos naturales.

1.5. Formulación de la hipótesis

La aplicación del *Aloe vera* y la rama de *Pinus* demuestran como floculante natural y el *Pinus* como filtro natural de tipo vegetal, ambos, son eficientes trabajando en conjunto para el tratamiento de efluentes mineros de tipo industrial, contrastando de forma referencial las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con los límites máximos permisibles mediante decreto supremo N°010 – 2010 - MINAM, en el centro poblado Huatocay - Carabayllo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.2.1. *Aloe Vera*

El *Aloe Vera* es una planta perenne perteneciente a la familia botánica de las asfodeláceas o liliáceas, esta incluye más de 360 especies que pueden crecer en una gran diversidad de regiones, algunas características de esta son las siguientes: tiene un alto de 30-50 cm, posee hojas en una roseta compacta, su color es predominante verde y se destaca por tener dientes espinosos en sus hojas (Choi y Chung, 2003).

El término Aloe que denomina al género, deriva del griego "Ais" o "Alas" que significa sal, tal vez por el sabor acre que presenta el zumo o acíbar y la especie recibe el nombre de "barbadensis" por haber sido llevada a la isla de Barbados en las Antillas y al resto de islas del Caribe desde las costas nororientales de África (Moreno y Silva, 2011).

2.2.2. *Clasificación taxonómica del Aloe Vera*

Las plantas que pertenecen a la categoría del Aloe de la familia de las Liliáceas han sido empleadas en muchos países durante una gran cantidad de siglos y en diversas culturas que datan por su extrema antigüedad, primordialmente se encuentran evidencias del uso de estas plantas en la historia de la medicina popular por sus propiedades curativas.

Los Aloes se reparten en distintas regiones que incluyen áreas cálidas y áridas de todo el mundo tales como el Mar mediterráneo, Medio Oriente, África, China, Japón, México y el Sur de Estados Unidos. Como se ha mencionado con anterioridad, existen unas 350 especies de Aloe que crecen por las zonas comentadas, entre ellas las más conocidas son: Aloe Arborescens Mil, Aloe Barbadensis Mili (*Aloe Vera* L), Aloe Feroz Mil, Aloe Saponaria Haw, Alóe Vahombe, entre otras (Moreno y Silva, 2011). La clasificación botánica de *Aloe Vera* es la que se presentará a continuación.

Tabla 1*Clasificación Botánica*

<i>Aloe Vera</i>	
Reino	Plantae
Sub-Reino	Tracheobionta (Plantas vasculares)
División	Magnoliophyta o Angiospermae
Clase	Liliopsida o Monocotyledon
Sub-Clase	Liliidae
Orden	Asparagales
Familia	Xanthorrhoeaceae o Aloaceae
Genero	Aloe
Especie	Vera

Nota. Adaptada de Clasificación botánica, por Carrascal, 2020, <https://repository.udca.edu.co/entities/publication/dd68f642-0d5d-4c6b-93ff-5ca0908f232f>

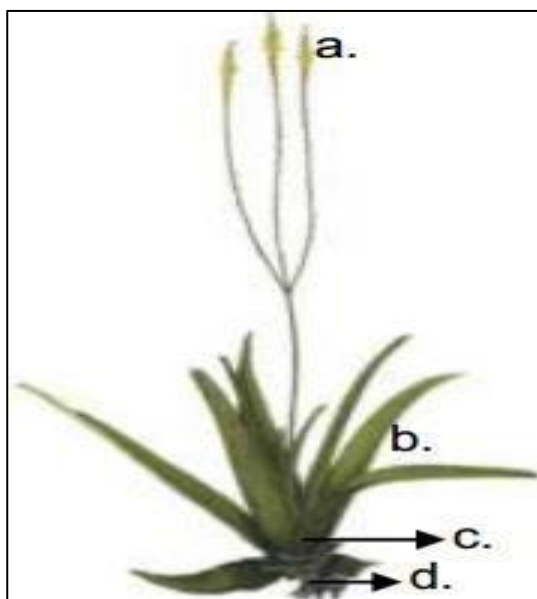
2.2.3. Botánica del Aloe vera

Posee una estructura similar a un cactus, en tanto presenta hojas turgentes, lanceoladas, con espinas en sus bordes dentados y de color verde brillante primordialmente, estas se encuentran en forma de roseta, para mayor claridad de esta descripción, la Figura 1 pretende ilustrar estas características. En la naturaleza esta planta puede ser deteriorada o perjudicada físicamente por elementos tales como la radiación ultravioleta o por los insectos de la zona en la cual se encuentra. Usualmente, tiende a crecer en climas calientes y secos; por lo cual, se extiende a través de las regiones cálidas del globo terráqueo (Choi y Chung, 2003).

El Aloe barbadensis Miller, es una planta, como ya se ha mencionado con anterioridad, que posee hojas alargadas, carnosas y ricas en agua, logra alcanzar una altura de 50 a 70 cm, estas se agrupan de manera que terminan formando rosetas de hojas perennes. En las plantas jóvenes, estas hojas aparecen a nivel del suelo, pero el tallo puede crecer a tal punto de añadir más de 25 cm de largo en las plantas viejas. De igual manera, pueden haber de 12 a 16 hojas por planta, cuando estas son jóvenes pueden presentarse un poco rectas, la diferencia ocurre que cuando estas envejecen se vuelven más anchas y se encogen. La planta es madura cuando tiene cerca de 4 años y tiene un periodo de vida cerca de 12 años. En la figura 1 se señalan las partes de la planta (Rojas, 2015).

Figura 1

Morfología de Aloe Barbadenses Miller (a. Flor; b. Hoja; c. Tallo; d. Raíz)



Nota. Tomado de “Ausencia de actividad antimicrobiana de un extracto acuoso liofilizado de Aloe vera (sábila)”, por Martínez et al., 1996, *Revista cubana de plantas medicas*, 1(3).

2.2.3.1. Raíz. Esta tiene características físicas tales como: tener entre 4 a 10 cm de largo, posee 4 a 5 cm de diámetro, y, estructura un rizoma que puede ser distribuido para propagar la planta. Cuando se corta esta sección denominada rizoma, esta puede servir para dar

origen a una nueva planta; además, la rizosfera se solidifica a una profundidad de 12 a 20 cm. (Velásquez y Imery, 2008).

2.2.3.2. Tallo. Este suele ser reducido y voluminoso, teniendo así entre 30 a 40 cm de longitud, alrededor de él van creciendo hojas en forma de rosetón que logran alcanzar alturas aproximadas de 1 a 3 m dependiendo de la especie de la cual se trate de investigar (Velásquez y Imery, 2008).

2.2.3.3. Hojas. Están congregadas hacia el extremo, algunas cualidades que destacan de las mismas son el hecho de ser sencillas, de forma triangular, suculentas, con punta estrecha, de 30 a 60 cm de largo, de 5 a 12 cm de base y de 0.8 a 3 cm de volumen. Los bordes de las hojas tienen dientes afilados también de forma triangular, con alrededor de 2 mm de largo; asimismo, pueden ser encontradas de color vetado verde y blanco o verde ceniza (Martínez et al., 1996).

2.2.3.4. Flores. Tienen entre 2.5 a 3 cm de largo, se aglomeran en racimos en un solo tallo vertical que tiene de 1 m de largo aproximadamente, estas poseen una coloración amarillo-limón con líneas verde- manzana, estos mismos colores pueden cambiar a amarillo-ocre de acuerdo al estado de maduración en la cual se encuentren (Eshun y He, 2004). Sus corolas están compuestas por 6 pétalos, los cuales forman una cubierta floral y son soldadas todas entre sí en un tubo. Además, se presentan en racimos que pueden ser verticales o colgantes. Los estambres salen del cáliz, estos son 6, con largos filamentos que arrancan del fondo de la flor, debajo del pistilo (Velásquez y Imery, 2008).

2.2.3.4. Frutos y semillas. Es árido y cuenta con una capsula oblonga de paredes dehiscentes, en esta las anteras de la flor y el pericarpio del fruto se abren para brindar una salida al polen y a las semillas híbridas (Velásquez y Imeryj, 2008). Sus semillas son elipsoidales y aplanadas no son fértiles, por lo cual, no se pueden usar para dispersar la planta (Eshun y He, 2004).

Figura 2*Hoja entera*

Nota: Tomado de “El aloe vera (*aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales.”, por Vega et al., 2005, *Revista chilena de nutrición*, 32(3).

2.2.3.4. Corte transversal de la hoja de Alóe vera. Cuando se lleva a cabo un corte transversal de la hoja de Alóe vera se logran discernir claramente 2 partes: una corteza externa voluminosa de color verde (piel) seguida de una capa fibrosa debajo de esta donde se concentra la aloína y una prolífera pulpa interna llamada gel. De sus hojas se obtienen básicamente 2 productos.

Figura 3

Corte transversal de Aloe vera



Nota: Tomado de “El aloe vera (*aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales.”, por Vega et al., 2005, *Revista chilena de nutrición*, 32(3).

A. Gel de Aloe. Es una sustancia luminosa y viscosa de color blanco amarillento que se originan de las células mucilaginosas del parénquima central de la hoja, está constituida especialmente de agua; esto debido a que, la materia sólida solo representa un 0,5 % de su composición. El gel *Aloe vera* se obtiene sobre todo del *A. Barbadensis* (Alóe Vera) (Moreno y Silva, 2011).

2.2.4. Composición fisicoquímica del Aloe Vera.

En el ámbito químico, el *Aloe vera* es caracterizado por la presencia de constituyentes fenólicos los cuales son generalmente clasificados en dos grupos esenciales: las cromonas; que incluye la aloensina, y las antraquinonas (libres y glicosiladas); como la barbaloina, isobarbaloina y la aloemodina. Cabe resaltar que estos compuestos se encuentran en la capa interna de las células epidermales (Okamura et al., 1996).

Tabla 2*Composición química del mucilago de Aloe vera*

APORTEPOR 100ml (MUCILAGO)			
Agua		94 %	
Hidratos de C		4.8 %	
Proteínas		<1 %	
Lípidos		0 %	
ELE	Por	VITAMINAS	Por
K	80 mg	Retinol (Vit. A)	4,0
Na	24 mg	Tiamina (Vit.B1)	20μ
P	1,2 mg	Riboflavina	20μ
Ca	36 mg	Niacina (Vit.B3)	1,2μ
Fe	3 mg	Piridoxina (Vit.B6)	8,8μ

Nota. Composición química del mucilago de Aloe vera. Adaptado de “A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic”, por Choi y Chung, 2003, *Seminars in Integrative Medicine*, 1(1).

Siguiendo esta línea, se ha reconocido una larga cadena de monosacáridos; particularmente manosasacetiladas y glucosa, que producen un mucopolisacárido soluble denominado acemanano, el cual se establece como componente funcional de la pulpa del *Aloe* (Bozzi et al. 2007, Femenia et al. 1999). Además, el manano, presente en el gel líquido del *Aloe*, es base de sus propiedades viscoelásticas (Ni et al., 2004).

De igual manera, se recalca la presencia de vitaminas tales como: A, C, E, B1, B3, B2, colina y ácido fólico, entre ellas antioxidantes muy importantes. En este punto es importante mencionar cómo algunos investigadores incluyen trazas de vitamina B12, la cual se encuentra normalmente en fuentes animales (Barcroft y Myskja, 2003, como se cita en Rojas, 2015).

2.2.5. *Aguas Ácidas.*

Estas son aquellas soluciones sulfatadas, con un elevado contenido de metales y con un pH menor a 7. La relación dióxido de carbono/ion bicarbonato influye inmediatamente el pH del agua; es decir, si la relación incrementa, más alta será la acidez natural del agua. El agua ácida se presenta en la realidad como una problemática, esto encuentra su origen en su naturaleza corrosiva. De igual manera, algunos estudios han hecho mención de cómo la corrosión de las tuberías también puede incidir en un aumento en los costos de mantenimiento y agrega contaminantes al agua (Ramirez, 2013).

2.2.6. *Caracterización de Efluentes Mineros*

De acuerdo a los reactivos empleados y de las sustancias y/o elementos que se disuelven e incorporan a la etapa líquida, se pueden establecer que los primordiales parámetros químicos que se ven afectados son:

- pH.
- Sólidos sedimentables y/o suspendidos.
- Sales disueltas, tales como: SO_4^{2-} ; CN^- ; Cl^- ; Sulfuros y otros.
- Presencia de metales pesados, tales como: As; Cu; Fe; Se; Mo, Pb, etc.
- Sustancias orgánicas, tales como reactivos, solventes.

En consideración a los valores máximos que éstos parámetros deben lograr, se señala que la norma de emisión de contaminantes en cuanto a residuos líquidos establece diferentes concentraciones máximas para los parámetros anteriormente mencionados, siendo que la diferencia se encuentra en el del cuerpo receptor en el cual será descargado; por ejemplo, para el Sulfato se acepta un máximo de 1000 ppm si es descargado a un cuerpo de agua fluvial sin dilución y no tiene un límite máximo, si este es descargado al mar (Subsecretaría de Economía Consejo Nacional de Producción, 2002).

2.2.7. *Coagulación*

Este es un procedimiento que se centra en la desestabilización química de las partículas coloidales, estas se originan al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, y, este proceso se lleva a cabo por medio de la adición de reactivos llamados coagulantes y la aplicación de la energía de mezcla (Andia, 2000). Asimismo, Richter et al. (1984) hace hincapié sobre cómo el proceso de coagulación se encuentra ligado íntimamente a la eficiencia de los procesos subsiguientes en el tratamiento del agua (Richter et al.,1984).

Este proceso se usa para:

- Retirar la turbiedad orgánica o inorgánica que no puede ser sedimentada rápidamente.
- Remover el color verdadero y aparente.
- Suprimir las bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Destruir algas y plancton en general.
- Eliminar sustancias productoras de sabor y olor, en algunos casos de precipitados químicos suspendidos en otros.

Aquí es importante mencionar que el uso de cualquier otro procedimiento para remover partículas muy finas, como la sedimentación simple, puede resultar como una opción poco económica y en ocasiones imposible, ello debido al alto tiempo requerido para llevar a cabo este proceso (Arboleda, 2000).

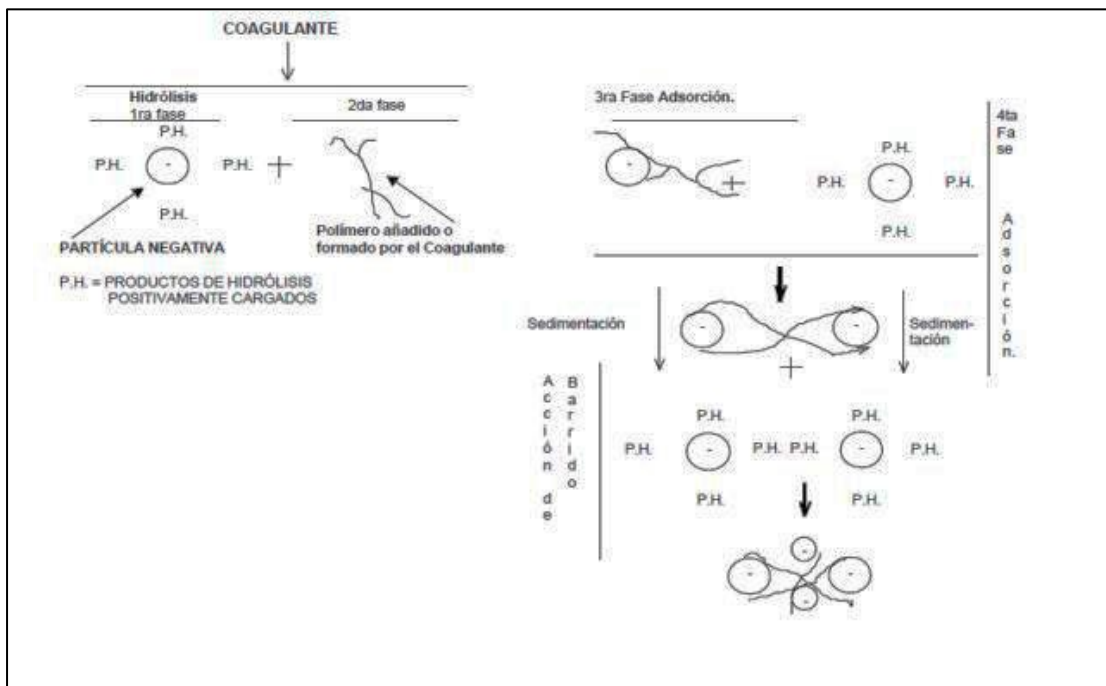
2.2.7.1. Floculación ortocinética. Etapas de la coagulación. Ritcher et. al (1984) y Andia (2000) son autores que señalan que el proceso de coagulación se extiende en un tiempo muy corto, y en 5 fases de forma contiguo y sincrónico, según el detalle:

- Fase 1: Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.

- Fase 2: Formación de Compuestos químicos poliméricos.
- Fase 3: Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides.
- Fase 4: Adsorción mutua de coloides.
- Fase 5: Acción de barrido.

Figura 4

Fases de las etapas de la coagulación



Nota. Tomado de *Fases de las etapas de la coagulación*, por Andía, 2000, https://www.academia.edu/49010823/Teoria_y_Practica_de_la_Purificacion_del_H2O_Tom_o_1_Arboleda_Valencia

2.2.7.2. Factores que influyen

A. Tamaño de las partículas. estas deben de tener menos de una micra de diámetro. En ese sentido, aquellas partículas que tengan entre 1-5 micrómetros de diámetro terminan siendo utilizadas como el núcleo del floculo, mientras que aquellas partículas con un diámetro mayor de 5 micrómetros no pueden ser integradas al flóculo debido a su tamaño (Diaz y Tafur, 2020).

B. Temperatura: es importante mencionar este elemento; ya que, autores como Díaz y Tafur (2020) señalan que el proceso de coagulación suele ser tardío si es que este se da en temperaturas frías; además, se establece como un factor concluyente para la formación de coágulos. De igual manera, estos autores comentan que la concentración de iones H^+ o pH; en ese sentido, el pH es determinante para la formación del floculo con una misma dosis de “coagulante”.

C. Relación cantidad-tiempo: La cantidad de coagulante es inversamente proporcional al tiempo de formación de los flóculos (Díaz y Tafur, 2020).

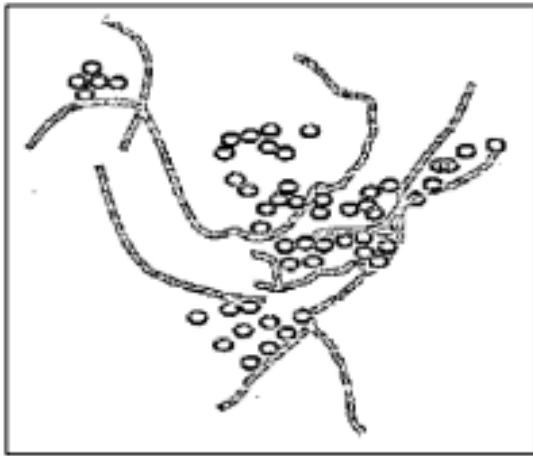
2.2.8. Flocculación:

Esta consiste en un procedimiento en el cual la congregación de las partículas que se desestabilizaron durante el procedimiento de coagulación. En otras palabras, este proceso surge por medio de la agitación moderada del agua para formar partículas de mayor tamaño y peso específico superior al agua, denominados flóculos, a fin de que puedan sedimentar con viabilidad (Restrepo, 2009; Andia, 2000).

Siguiendo esta línea, se puede establecer que este proceso es favorecido durante la mezcla lenta, ello se debe a que, esta situación permite que los flóculos se junten; ya que, una mezcla intensa podría destruirlos (Figura 5).

Figura 5

Floculación



Nota. Tomado de *Floculación*, por Andia, 2000,

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>

De igual manera, según Andia (2000), la floculación puede prosperar con la añadidura de un reactivo de floculación o ayudante de floculación, en los casos que los flóculos comprendidos por la conglomeración de varios coloides no sean lo suficientemente vastos para sedimentar; por lo cual, al adherir un floculante se configuran puentes que posibilitan acoplar una superficie de otra, conectando las partículas individuales en conglomerados para así poder constituir flóculos más grandes fácilmente sedimentables.

2.2.8.1. Floculación Pericinéctica. Es favorecida centralmente dentro del líquido, ello debido al desplazamiento de la agitación que las partículas tienen dentro de aquel (movimiento browniano, movimiento constante e irregular de los coloides) o por la gravedad (peso de las partículas) que al caer tienden a aglomerarse, y se realiza en un tiempo muy corto después de estar desestabilizadas las partículas (Lorenzo, 2006).

2.2.8.2. Floculación ortocinéctica. Se fundamenta en los encuentros de las partículas debido al movimiento del agua, este es impulsado por una energía exterior a la masa de agua que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Después de que el agua es coagulada, es imprescindible que se produzca la conglomeración de los microflóculos, y, para que esto

sucedan, se produce primero la floculación pericinetica, para luego llevarse a cabo la floculación ortocinetica (Lorenzo, 2006).

2.2.8.3. Tipos de Flóculo. El flóculo; también denominado floc, es una masa coagulada de partículas en un líquido que puede encontrarse de forma natural, pero a menudo se conforma mediante un sistema coloidal disperso al que se añade una sustancia floculante. Siguiendo esta línea, las partículas de arcilla y los polímeros en agua pueden flocularse para formar flóculos (Lorenzo, 2006).

- Floc dendrítico. es aquel que se origina de acuerdo a una agitación precisa. Además, cuenta con una mayor utilidad debido a que obstaculiza el paso de impurezas en todo su volumen, es más sólido y compacto, sedimentando con mayor facilidad.
- Floc grumoso. producido de acuerdo a una agitación insuficiente.

Tabla 3

Índice de floculación de Willcomb

N° del índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Floc muy diminuto, casi inapreciable para un observador no entrenado.
4	Disperso. Floc bien formado, pero uniformemente distribuido (sedimenta muy paulatino o no sedimenta)
6	Claro. Floc de tamaño relativamente extenso, pero que precipita con sosiego.
8	Bueno. Floc que se asienta fácil, pero no completamente.

N° del índice	Descripción
10	Excelente. Floc que se coloca completamente dejando el agua cristalina

Nota. Adaptado de “Factibilidad de Uso de Polímeros para la Clasificación del Agua Potable en la Ciudad de Mérida”, por Giordani et al., 2008, *Revista Científica Juvenil*, 7(1).

2.2.9. Metales pesados

Los metales pesados se distinguen por sus efectos dañinos sobre los organismos acuáticos, los cuales pueden proceder de fuentes naturales o antropogénicas (Gaete et al., 2007).

2.2.10. Plomo

Es un metal pesado, que posee cualidades tales como poseer una temperatura baja de fusión, de color gris-azulado que se produce naturalmente en la corteza terrestre. No obstante, escasamente se encuentra en el medio ambiente en la forma de metal; esto debido a que, usualmente se encuentra integrado con dos o más elementos formando compuestos de plomo. El plomo metálico es resistente a la corrosión (resiste la acción del aire o del agua). Cuando el metal se expone al aire, una capa fina de compuestos de plomo cubre al metal y lo protege de ataque adicional; además, su principal uso se encuentra en el hecho de que el plomo contribuye a la creación de baterías para automóviles y otros vehículos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR], 2007).

2.2.10.1. Toxicidad

Las investigaciones no han sido capaces de evidenciar de manera definitivamente que el plomo produce cáncer (es carcinogénico) en seres humanos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR], 2007).

Según la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2006):

- Puede provocarse transferencia de plomo mediante la placenta desde la duodécima semana de gestación y continuar durante todo el desarrollo. Los niños edad temprana pueden absorber 4 o 5 veces más plomo que los adultos y la semivida biológica del plomo puede ser notablemente más alta en los niños que en los adultos.
- El cuerpo humano contiene aproximadamente 120 mg de Plomo, en este los intestinos logran absorber entre 10% al 20% del plomo ingerido. Algunos síntomas por la exposición al plomo son: cólicos, pigmentación de la piel y parálisis, mientras que los efectos del envenenamiento por plomo son reflejados en síntomas son neurológicos y teratógenos.
- El Plomo orgánico causa necrosis de neuronas.
- El Plomo inorgánico crea degeneración axónica. Ambas especies de plomo causan edema cerebral y congestión. Los compuestos orgánicos del Plomo se digieren velozmente y por lo tanto se estructuran como riesgo mayor hasta el punto de llegar ser cancerígenos.
- El Plomo confina la síntesis clorofílica de las plantas. Sin embargo, las plantas pueden digerir del suelo altos niveles de plomo, llegando hasta 500 ppm. Las concentraciones más altas suelen ser perjudiciales el desarrollo de las plantas.
- El Plomo se introduce en la cadena alimenticia por su absorción en las plantas. Como consecuencia el uso de pesticidas con plomo está contraindicado en la mayor parte de los países.
- El plomo se aglomera en los organismos, en los sedimentos y en el fango. El plomo en el agua residual se origina usualmente de los tejados y de las calles

2.4.1. Cadmio

El cadmio es un elemento que puede ser encontrado en forma natural en la corteza terrestre; además, este, en su estado puro se constituye como un metal suave y de color blanco platinado. Generalmente, el cadmio no se es hallado en el ambiente como un metal puro, sino como un mineral combinado con otros elementos tales como el oxígeno (óxido de cadmio), el cloro (cloruro de cadmio) o el sulfuro (sulfato o sulfuro de cadmio. En sus distintas formas, estos compuestos de cadmio son sólidos que se disuelven en el agua de diferentes maneras. De igual manera, este metal puede cambiar a otras formas, pero no desaparece completamente de la naturaleza. Es por ese motivo que es muy importante conocer en qué forma se encuentra el cadmio para determinar el riesgo potencial de efectos perjudiciales en la salud (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR], 1999).

2.4.1.1. Toxicidad

El Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos (DHHS) ha definido que se puede preluir en forma razonable que el cadmio y los componentes del mismo son carcinógenos (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR], 1999).

La absorción de los compuestos de cadmio depende de su solubilidad. El cadmio se almacena principalmente en los riñones y su semivida biológica en el ser humano es prolongada, entre 10 a 35 años. Además, existe evidencias de que el cadmio es cancerígeno por inhalación, y el CIIC ha clasificado el cadmio y los compuestos de cadmio en el Grupo 2A. Sin embargo, no existe evidencia concluyente de que sea cancerígeno por vía oral ni de su genotoxicidad, aunque si se ha probado que su toxicidad puede ser perjudicial para los riñones. La concentración crítica de cadmio en la corteza renal que produciría una prevalencia del 10% de proteinuria de bajo peso molecular en la población general es de unos 200 mg/kg y se

alcanzaría tras una ingesta alimentaria diaria de unos 175 Pg por persona durante 50 años (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

2.4.2. Cobre

El cobre es un metal rojizo que ocurre naturalmente en las rocas, el agua, los sedimentos y, en niveles bajos, el aire. Su densidad promedio en la corteza terrestre es aproximadamente 50 partes de cobre por millón de partes de suelo (ppm) o, expresado de otra manera, 50 gramos de cobre por 1,000,000 de gramos de suelo (1.8 onzas o 0.11 libras de cobre por 2,220 libras de suelo). El cobre también puede ser encontrado de forma natural en todas las plantas y animales; además, su presencia en el régimen alimenticio es un elemento primordial para todos los organismos, incluyendo a los seres humanos y otros animales. No obstante, su presencia en niveles elevados puede llegar a ser perjudicial. A niveles mucho más altos puede ser tóxico. Cabe resaltar que en esta sección el término cobre ha sido empleado para referirse al metal y a los compuestos de cobre que se pueden encontrar en el medio ambiente (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR], 2004).

2.4.2.1. Toxicidad

No hay evidencia concluyente de que el cobre produzca cáncer en seres humanos. La EPA no ha clasificado al cobre en cuanto carcinogenicidad en seres humanos porque no hay estudios suficientes ni con la rigurosidad adecuada en seres humanos o en animales. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR], 2004)

Según Gaete et al. (2007):

- El IPCS concluyó que el límite máximo aceptable de ingesta por vía oral para adultos resulta incierto; sin embargo, es posible que sea del orden de varios miligramos al día (más de 2 ó 3, pero no muchos). Esta valoración se basó únicamente en investigaciones sobre los efectos gastrointestinales del agua de consumo contaminada con cobre.

- Los datos sobre el impacto gastrointestinal deben emplearse con precaución; puesto que, la cantidad del cobre ingerido influye más en los efectos observados que la masa total o dosis ingerida durante 24 horas.
- El valor de referencia debería aceptar a los adultos con una homeostasis normal del cobre beber de 2 a 3 litros de agua al día e ingerir cobre en complementos alimenticios y en los alimentos sin exceder la ingesta máxima tolerable de 10 mg/día ni incurrir en una respuesta gastrointestinal perjudicial.
- Cuando la cantidad de cobre es superior a 1 mg/l, el agua ensucia la ropa lavada y los aparatos sanitarios. En cantidades superiores a 2,5 mg/l, el cobre otorga un sabor amargo al agua, así como tener efectos en su color.
- En la gran mayoría de los casos en los que se utilizan tuberías de cobre como material de fontanería, la cantidad de cobre debe ser inferior al valor de referencia. Sin embargo, en circunstancias concretas; como en el caso de las aguas muy ácidas o corrosivas, se suscitan concentraciones de cobre mucho más altas, y la utilización de tuberías de cobre puede no ser conveniente.
- En altas concentraciones el cobre se vuelve una sustancia tóxica. Las fuentes antropogénicas de contaminación ambiental por cobre incluyen actividades humanas tales como la minería, fundiciones, y una variedad de productos basados en cobre utilizados en construcción, equipamientos electrónicos y en otras industrias. La toxicidad del cobre se relaciona principalmente con iones libres; asimismo, esta puede variar entre especies de microalgas

2.4.3. Hierro

El hierro es uno de los metales con mayor presencia de la corteza terrestre, usualmente se le puede encontrar presente en aguas dulces naturales en cantidades de 0,5 a 50 mg/L. De igual manera, puede haber hierro en el agua de consumo, ello se debe a la utilización de

coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua.

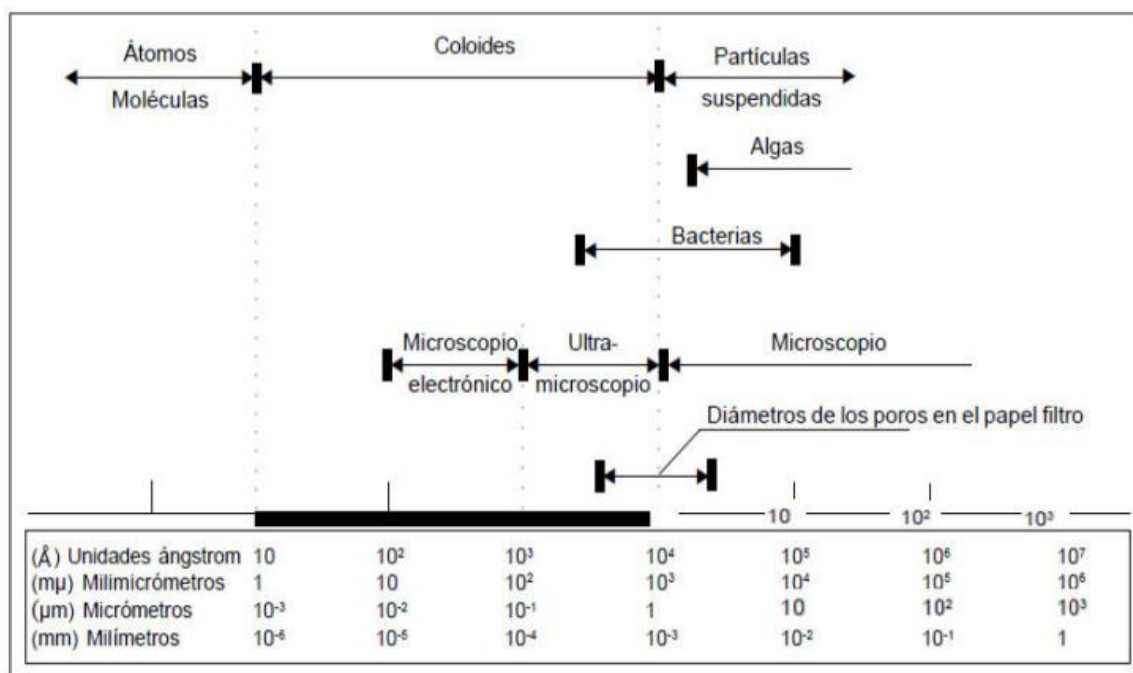
2.4.3.1. Toxicidad. En 1983, el JECFA estableció una MIDTP de 0,8 mg/Kg de peso corporal para impedir el hacinamiento desmesurado de hierro en el organismo, ajustable al hierro de todas las fuentes con excepción de los óxidos de hierro utilizados como colorantes y a los complementos de hierro que se toman durante el embarazo y la lactancia o por necesidades clínicas concretas. Si se asigna un 10% de la MIDTP al agua de consumo, se consigue un valor de unos 2 mg/L, que no supone un peligro para la salud. Las cantidades inferiores se verán afectados generalmente el sabor y aspecto del agua de consumo (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

2.4.4. *Partículas Coloidales*

El agua es un solvente universal porque tiene la capacidad disolver o dispersar la mayoría de las sustancias y formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o partículas dispersas de diferente tamaño y peso (Vargas et al., 2004). Al respecto, Richter et al. (1984) divulgaron el tamaño aproximado de las partículas presentes en el agua y su distribución, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Distribución del tamaño de las partículas en el agua



Nota. Tomado de *Distribución del tamaño de las partículas en el agua*, por Richter et al., 1984.

A las partículas coloidales o coloides se les atribuye la turbiedad y el color del agua, poseen un diámetro entre 1 y 1 000 micrómetros aproximadamente, su patrón conductual depende de su naturaleza y su origen. Siguiendo esta línea, estas partículas poseen una carga superficial; generalmente negativa, lo cual imposibilita que se aproximen entre ellas, y hace que se mantengan de manera invariable y suspendida en el líquido que los rodea. Por este motivo, para que sean removidas es precisa la adición de una sustancia denominada “coagulante” (Vargas et al., 2004).

La estabilidad coloidal es influida por los electrolitos del coagulante que modifican la carga superficial de los coloides, esto trae como consecuencia que se consoliden agregados de mayor tamaño que precipitan por efecto de la gravedad; de esta manera, se retira la turbiedad y el color, así como también se da la erradicación de algas, bacterias, virus y organismos patógenos, tales como sustancias productoras de sabor y olor (Molano, 2011).

De igual manera, los coloides tienen una gran superficie específica que les da una capacidad amplia de adsorción; por lo cual, no resulta funcional sedimentar las partículas coloidales sin tratamiento previo (Molano, 2011). Al respecto, en la tabla 4 se puede observar la influencia de la disminución del tamaño de las esferas sobre el área total superficial y el tiempo de sedimentación exigido, donde se puede distinguir que la sedimentación de las partículas coloidales podría durar entre días y años

Tabla 4

Efecto al disminuir el tamaño de las partículas.

Diámetro de la partícula (mm)	Escala de tamaños	Área superficial total	Tiempo requerido para sedimentar
10	Grava	3.15 cm ²	0.3 seg
1	Arena gruesa	31.50 cm ²	3.0 seg
0.1	Arena fina	315.00 cm ²	38.0 seg
0.01	Sedimento	3150.00 cm ²	33.0 min
0.001	Bacteria	3.15 m ²	55.0 horas
0.0001	Partícula coloidal	31.50 m ²	230.0 días
0.00001	Partícula coloidal	0.28 ha	6.3 años
0.000001	Partícula coloidal	2.83 ha	63.0 años

Nota. Tomado de *Efecto al disminuir el tamaño de las partículas*, por Richter et al., 1984.

De acuerdo con Vargas et al. (2004), los tipos de coloides según a su tipo de comportamiento en el agua pueden ser los siguientes: 1. Hidrófobos; esto sucede cuando rechazan el agua (esto no sucede totalmente), 2. Hidrófilos; se da cuando los coloides exhiben proximidad con el agua. Según estos mismos autores, por un lado, en los sistemas de los primeros tipos de coloides, las propiedades de la superficie de las partículas tienen un rol esencial; por ejemplo, coloides tales como las arcillas y algunos óxidos metálicos tienen una labor significativa en el tratamiento del agua. Por otro lado, los coloides hidrofílicos compendian soluciones verdaderas; esto quiere decir que, abarcan polímeros tanto sintéticos

como naturales y numerosas sustancias biológicas como proteínas, ácidos nucleicos, almidones y otras macromoléculas.

2.4.4.1. Propiedades de los Coloides. Richter et al. (1984) hacen una clasificación de las que consideran como las principales cualidades de los coloides. A continuación, se presentarán a las mismas.

A. Movimiento browniano. Se basa en el desplazamiento persistente y desigual de los coloides, como consecuencia del choque anómalo y casual de las partículas en suspensión por las moléculas del líquido. Este tráfico incesante y desorganizado les imposibilita la sedimentación a los coloides, aunque las partículas sean más compactas que el líquido que las rodea; no obstante, este flujo solo puede demostrar la estabilidad de las dispersiones coloidales más pequeñas.

B. Difusión. El desplazamiento incesante de las moléculas del líquido promueve que las partículas coloidales se encuentren en movimiento Browniano persistente, lo que produce que estas tiendan a esparcirse distintas partes del disolvente; no obstante, la rapidez de transmisión es menor que el movimiento Browniano.

C. Electrocinética. Toda partícula coloidal está eléctricamente cargada, la carga se transforma de acuerdo a su dimensión con relación a la naturaleza del material coloidal; asimismo, puede ser positiva o negativa. La estabilidad de los coloides se reduce de su carga eléctrica; siguiendo esta línea, aquellos de igual signo se rechazan y no dejan formar conglomerados de muchas partículas (García, 2007; Kirchmer, 1983).

D. Presión osmótica. Este concepto hace referencia a la presión hidrostática indispensable para que el flujo osmótico (desplazamiento espontáneo del solvente hacia el sistema coloidal) se interrumpa y se logre un estado de estabilización.

E. Opalescencia. Las soluciones coloidales tienden a ser incoloras; no obstante, algunas de estas pueden ser coloreadas, ello dependiendo de la propagación de la luz y adsorción selectiva de cierta extensión de onda.

F. Efecto de Tyndall-Faraday. Este es el proceso mediante el cual las partículas coloidales estimulan la diseminación de la luz cuando esta pasa a través de una suspensión coloidal, siendo esta difusión significativamente proporcional al volumen de las partículas.

G. Superficie adsorción. Las partículas coloidales se caracterizan por poseer una considerable extensión específica esto es explicado como la relación entre el área superficial y la masa; es por este motivo por el cual tienen una vasta capacidad de adsorción, siendo la adsorción selectiva, la base primordial de la estabilidad de algunas dispersiones coloidales.

2.4.4.2. Afinidad de las Partículas Coloidales con el Agua. Las partículas coloidales tienden a ser caracterizadas por ser hidrofílicas e hidrófobas; como ya se ha mencionado previamente, siendo así que los primeros se diseminan naturalmente dentro del agua y son rodeados de moléculas de agua que evitan todo contacto posterior entre estas partículas mientras que las partículas hidrofóbicas no son circundadas por moléculas de agua, su dispersión dentro del agua no es espontáneo; por lo cual, se requiere de la ayuda de procedimientos químicos y físicos.

Generalmente, las partículas hidrófobas partículas están compuestas por materias inorgánicas mientras que las hidrofílicas tienen una composición basada por materias orgánicas; asimismo, es importante mencionar que solo un pequeño grupo de las partículas son propiamente hidrofílicas o hidrofóbicas; ya que, se consiguen más bien partículas hidratadas a los diferentes grados.

La carga eléctrica y la capa de agua que circundan las partículas hidrofílicas suelen trasladar las partículas unas de otras y, como resultado, los estabiliza dentro de la solución (Silva, 2017).

2.4.4.3. Carga Eléctrica y Doble. Las partículas coloidales, son las fuentes de la turbiedad y del color; por lo cual, el tratamiento del agua está dirigido a la remoción de estas; las cuales generalmente producen una carga eléctrica negativa situado por encima de su superficie. Estas cargas suelen ser denominadas como cargas primarias; además, absorben los iones positivos del agua, los cuales terminan por adherirse firmemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos asociados con una frágil cantidad de iones positivos (Silva, 2017)

Los iones que se incorporan estrechamente a la partícula y se trasladan con ella, terminan por formar la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se incorporan frágilmente constituyen la capa difusa; por lo cual, existe un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y la solución, este es denominado Potencial Zeta.

2.4.4.4. Factores de Estabilidad e Inestabilidad. Las partículas coloidales están sometidas a dos grandes de fuerzas principalmente (Silva, 2017):

- Fuerzas de atracción de Van der Waals: “Ea” (factores de Inestabilidad); son elaboradas por el desplazamiento constante de las partículas.
- Fuerzas de repulsión electrostáticas: “Eb” (columbicas – factor de estabilidad); son fuerzas que imposibilitan la conglomeración de las partículas cuando estas se acercan unas a otras.

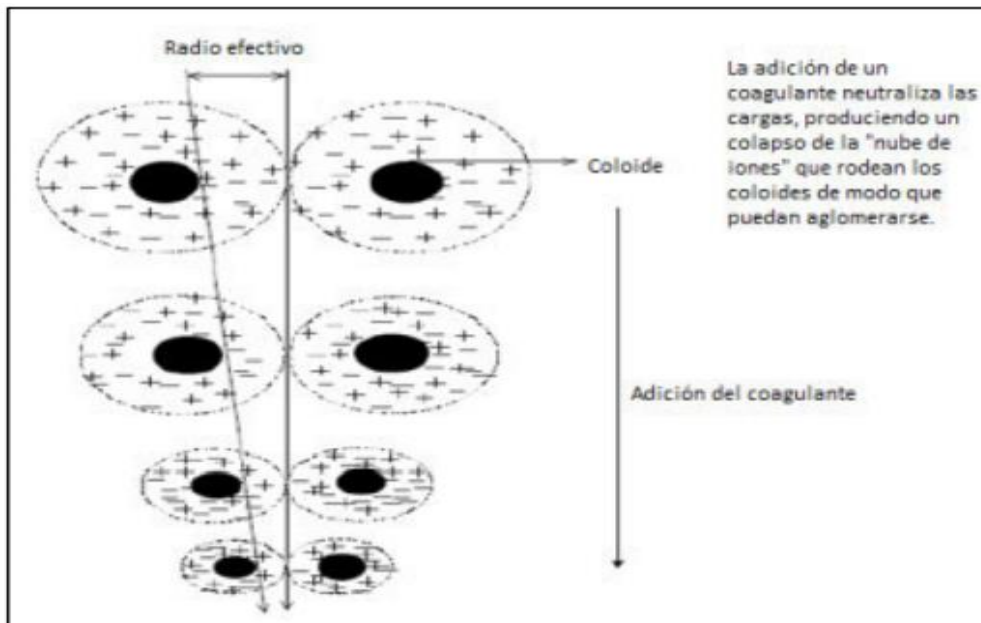
2.4.4.5. Estabilidad de los Coloides. Según Kirchmer (1983), los sistemas coloidales están predispuestos a ser estabilizados y desestabilizados. En la primera situación, las fuerzas de estabilización o repulsión son: la carga de las partículas y la hidratación (en coloides hidrofílicos). En la segunda situación, las fuerzas de desestabilización o atracción son: la gravedad, el movimiento Browniano, y las fuerzas de Van Der Waals, entre estas, la fuerza de gravedad es insignificante en la desestabilización de las partículas coloidales. Asimismo,

Lorenzo (2000) menciona que el equilibrio de una suspensión coloidal está íntimamente relacionado con la fuerza resultante entre la fuerza de atracción y la fuerza de repulsión.

Tomando en consideración que las partículas coloidales tienen una carga eléctrica, los iones con carga opuesta (contra-iones) del solvente son atraídos hacia la superficie de la partícula, este fenómeno sumado a la agitación térmica de todo el sistema (difusión térmica), Tienen como consecuencia una repartición de carga alrededor de la partícula coloidal cuya organización admite la forma de una doble capa eléctrica (Rodríguez, 2006).

2.4.4.6. Remoción de las Partículas Coloidales. Según Kirchmer (1983), la actividad que tienen los coagulantes en la remoción de los coloides se fundamenta en dos procedimientos: la coagulación y la floculación. Por un lado, la coagulación inicia en el momento en el cual se agrega el coagulante y se basa en la desestabilización de los coloides por medio la remoción de las fuerzas que los mantenían separados. Por otro lado, la floculación hace referencia al traslado de las partículas coloidales en el líquido para que hagan contacto y permitir su crecimiento, formando así un “flóculo” suficientemente vasto y pesado, que puede ser sedimentado con facilidad.

No obstante, Weber (1979) menciona que los conceptos admitidos por los investigadores señalan que, al ser procedimientos simultáneos, y, siendo complejo de reconocer el término de la coagulación y el inicio de la floculación, la coagulación puede adaptarse para el procedimiento global de incorporación de partículas incluyendo la desestabilización y su transporte, mientras que la floculación únicamente es utilizada para describir el transporte de la partícula. En la figura 7 se puede apreciar cómo los coagulantes suprimen las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, lo cual da paso a la conglomeración y la estructuración de flóculos, los cuales, en una primera instancia son muy pequeños, pero, al ser fusionados, forman aglomerados mayores capaces de sedimentar.

Figura 7*Desestabilización del coloide*

Nota. Tomado de *Desestabilización del coloide*, por Andia, 2000, <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>

2.4.5. *Pinus (pino)*

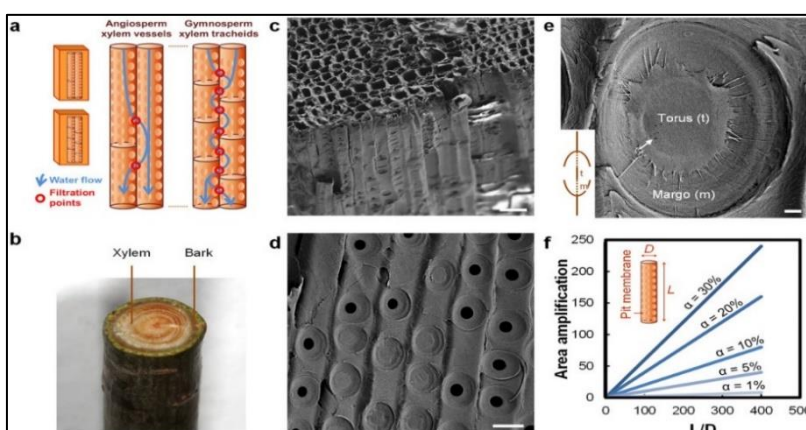
Nombrado de manera coloquial como Pino de Monterrey, generalmente es considerado como el pino con mayor extensión geográfica; puesto que, tiene plantaciones en todo el mundo debido a características tales como su crecimiento rápido y el tipo de madera que posee, la cual es requerida para construcción y para pulpa. Asimismo, es una especie originaria de la región ubicada dentro de las Costas Californianas, en los Estados Unidos, fuera de su distribución natural ha podido encontrarse con resultados útiles en Canadá, Perú, Uruguay, Chile, Argentina, Ecuador, Bolivia, Australia, Nueva Zelanda, Inglaterra y España. El clima de su hábitat es de tipo mediterráneo muy uniforme, cuya precipitación vacila entre 425 a 825 mm anuales con lluvias en invierno y verano. La temperatura en la cual se encuentra es de entre 21 a 27 °C el periodo anual libre de heladas es largo, presentándose las más fuertes en meses invernales cuando el árbol se encuentra en estado de latencia. Además, diversos autores

mencionan que esta especie no logra crecer en suelos arcillosos, poco profundos ni en los mal drenados; sin embargo, si puede tener un desarrollo óptimo en suelos de textura ligera (arena, franco o franco arenoso), especialmente en aquellos de buena fertilidad. Asimismo, se hace hincapié de cómo esta especie necesita suelos ligeramente ácidos, en este caso tiene un crecimiento rápido y esta especie se adapta bien a las montañas tropicales hasta 3700 msnm., y no resiste climas muy húmedos (Sanchez, 2019).

Estudios realizados por investigadores tales como Boutilier et al., 2014, han podido evidenciar la efectividad que tiene la madera de pino en la filtración de agua usando la xilema, el cual es un tejido vegetal lignificado de conducción que traslada líquidos de una parte a otra de las plantas vasculares. Este tiende a ser un sistema rápido, que se encuentra con facilidad por su disponible y es monetariamente económico. El filtro consiste en una rama de pino (sin corteza), la cual es pegada a un tubo de manguera plástica y ajustada mediante una abrazadera metálica. Aproximadamente 3cm^3 de altura pueden filtrar el agua a razón de 0.16L/h , suficiente para satisfacer las necesidades de agua potable de una persona (Peñaranda, 2016).

Figura 8

Estructura de la xilema



Nota: Tomado de “Water Filtration Using Plant Xylem”, por Boutilier et al., 2014, *PLoS ONE*, 9(2).

2.4.6. Taxonomía

- Familia: PINACEAE
- Nombre Científico: *Pinus radiata* D. Don.
- Nombres Común es: Pino radiata, Pino monterrey, Pino insigne
- Sinonimia: *Pinus insignis* Douglas

Esta especie puede alcanzar una altura de entre de 15-50 metros, con un diámetro de 30-90 cm. El fenotipo es bastante diverso; puesto que, en diversas zonas se ha podido evidenciar desde ejemplares individuales vigorosos con fuste recto, copa densa, redondeada e irregular, hasta poblaciones de árboles bifurcados, encorvados, con madera nudosa y otros defectos (Sierra et al., 1994, como se cita en Cruzado, 2021).

La corteza externa es de color café agrietada y la corteza interna es crema-rosácea, la cual produce una resina transparente. Su copa es alargada y cónica, sus hojas tienen forma de agujas en fascículos de tres, sus flores masculinas tienen estambres peltados y las femeninas se encuentran en conos o estróbilos y su fruto es un cono que contiene semillas aladas (Dansdel Valle et al., 2004, como se cita en Cruzado, 2021).

2.4.7. Test de jarras

La coagulación química y la dosificación apropiada de reactivos deben ser escogidas mediante la simulación del paso de clarificación en un laboratorio a escala. La Prueba de Jarras es el método que mejor logra llevar a cabo este procedimiento de química de la clarificación y la operación llevada a cabo. Siguiendo esta línea, el obtener vasos de precipitado y paletas logra permitir comparar varias combinaciones químicas, las cuales todas están ligadas a condiciones hidráulicas similares. Esta prueba se realiza con el objetivo de definir la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener un floculante de las mejores características (Restrepo, 2009).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación está enmarcada en el contexto de un estudio aplicado; puesto que, la información fue utilizada por otros autores cuyas referencias se utilizarán para crear un nuevo estudio.

3.1.1. Nivel de investigación

El nivel de investigación es correlacional; ya que, busca una relación entre las variables dependientes e independientes, teniendo como finalidad evaluar la efectividad del *Aloe vera* como floculante natural y la Rama de Pino como filtro en el tratamiento de efluentes de la minería artesanal en la ciudad de Huatocay. para minimizar las cantidades de plomo, cadmio, cobre y hierro para que estas puedan establecerse por debajo de los Límites Máximos Permisibles.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de este estudio es experimental con un enfoque cuantitativo; puesto que, se desarrollaron varias pruebas en jarras y análisis de parámetros fisicoquímicos para evaluar la efectividad del *Aloe vera* como floculante y de las ramas de pino silvestre como filtro natural en el tratamiento de efluentes mineros artesanales.

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

El estudio se llevó a cabo un periodo de nueve meses, donde se dio inicio en el mes febrero hasta en octubre (2019). El área de estudio o unidad de investigación corresponde al distrito de Carabayllo, centro poblado Huatocay.

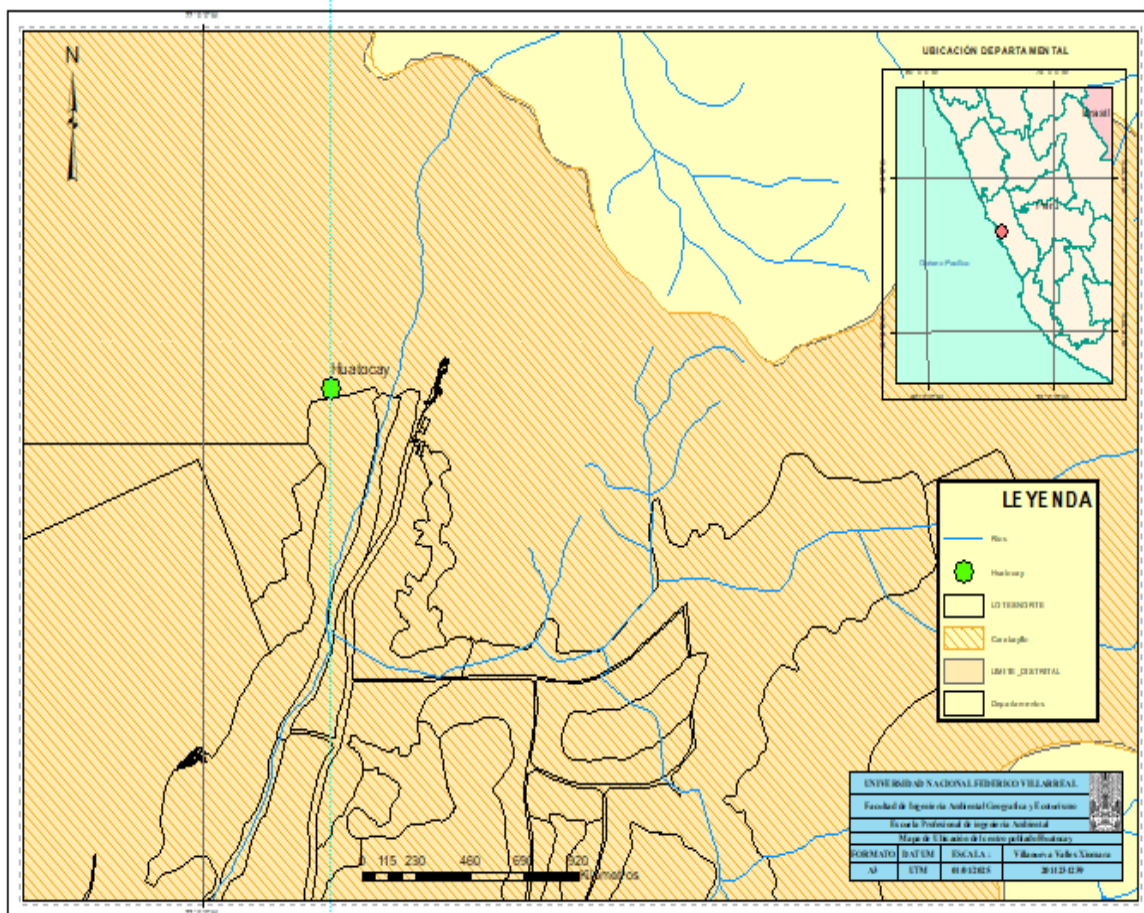
3.2.1. Ubicación del área de estudio

El distrito de Carabaylo, se encuentra al Noreste de la provincia de Lima, en el valle del río Chillón. Según la Municipalidad distrital de Carabaylo (s.f.) los límites del distrito son:

- Noroeste: Distrito de Ancón,
- Noreste: Distrito de Santa Rosa de Quives; provincia de Canta.,
- Este: Distrito de San Antonio de Chaclla; provincia de Huarochirí y con el distrito de San Juan de Lurigancho,
- Sureste: Distrito de Comas y Puente Piedra.

Figura 9

Mapa de ubicación de zona de estudio



3.3. Variables

Figura 10

Variables dependientes e independientes

Variable	Categoría	Sub categoría	Dimensiones	Variable	Indicador
Variable Independiente	Floculante natural	Determinación de la dosis óptima del floculante	<i>Aloe Vera</i>	Dosis	mg/l
				Tiempo	minuto
				Velocidad de agitación	RPM
	Filtro Natural	Determinación de filtración	<i>Pino</i>	Eficiencia	%
				Cantidad	Kg
				Eficiencia	%
Variable Dependiente	Tratamiento de muestras de efluentes mineros artesanales	Remoción de metales en aguas impactadas por la minería	Parámetros Físicos	pH	Unidades de pH
			Parámetros Químicos	Turbidez	NTU
				Conductividad Eléctrica	uS/cm
				Temperatura	°C
			Parámetros Químicos	Plomo	mg/l
				Cadmio	mg/l
				Cobre	mg/l
Hierro	mg/l				

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población del presente estudio está conformada por el efluente generado por la minería artesanal de Carabayllo que se encuentra ubicado en el centro poblado Huatocay.

3.4.2. Muestra:

La muestra comprende 80 litros de muestra del efluente de la minería artesanal, la cual fue tomada en los meses de marzo y julio con el fin de conocer la variación de entrada en época húmeda y seca.

3.5. Instrumentos

En esta sección explicaremos los instrumentos, que se han aplicado durante el proceso del estudio de investigación, para el tratamiento de del efluente minero artesanal, como los insumos en el test de jarras y en análisis fisicoquímicos en las muestras, equipos de laboratorio softwares.

3.5.1. Softwares para el sistema de prueba:

- AutoCAD versión 2015, para elaborar planos
- ArcGIS 10.3, para elaborar mapas
- Office 2013 (Word, Excel, Power point)

3.5.2. Equipos de Laboratorio

- Espectrómetro de Absorción Atómica, marca Thermo Scientific
- Espectrómetro Visible, marca Thermo Scientific
- Estufa de secado, marca Steel Products.
- Plancha de calentamiento, Marca Thermo Scientific
- Balanza Analítica, marca Bamersac
- Campana Extractora, marca Quimis

- Turbidímetro, marca Lutron
- Floculador y coagulador programable, marca Phipps y Bird

3.5.3. *Materiales de laboratorio*

- Pencas sábila (Aloe vera)
- Agua destilada
- Mortero
- Pílon de porcelana
- Tamiz o malla metálica
- Vaso de precipitado (100 mL, 200 mL, 500 mL, 1L)
- Guantes
- Luz infrarroja

3.5.4. *Otros materiales y Equipos de campo*

- Guantes quirúrgicos
- Mascarillas
- Jabón líquido
- Botellas esterilizadas
- Mortero
- Botellas plásticas esterilizadas
- Cooler de 12 Litros color azul.
- Lentes de seguridad azul
- Calculadora científica
- Laptop (Lenovo, Intel COREi5)
- Cámara digital (Canon)
- GPS

3.6. Procedimientos

3.6.1. Etapa Inicial

3.6.1.1. Recopilación de información. En la etapa inicial se realiza las visitas a las bibliotecas, asimismo se buscó información en la web (investigaciones nacionales e internacionales) y se realizó la recopilación bibliográfica, para definir la metodología que se va a seguir en las siguientes etapas de la investigación.

3.6.2. Etapa Intermedia

3.6.2.1. Fase 1 - Toma y caracterización de la muestra

A. Toma de muestra del efluente minero artesanal. La recolección de las muestras del agua impactada por la minería se realizó en los meses marzo y julio, lo cual las muestras se tomarán y se colocarán en recipientes esterilizados con su respectivo transporte y preservación.

Figura 11

Toma de muestras



B. Caracterización de la muestra de agua del efluente minero artesanal. Los parámetros a evaluar en la presente investigación se muestran en la Tabla 5, se basaron en los “ISO 78/2, de la NORMA-HA 2113 y Métodos Estándar para el Examen de Agua y Aguas residuales”- 2005, 21th Edition, propuesta por la American Public Health Association [APHA] y la American Water Works Association [AWWA].

Tabla 5*Métodos de referencia*

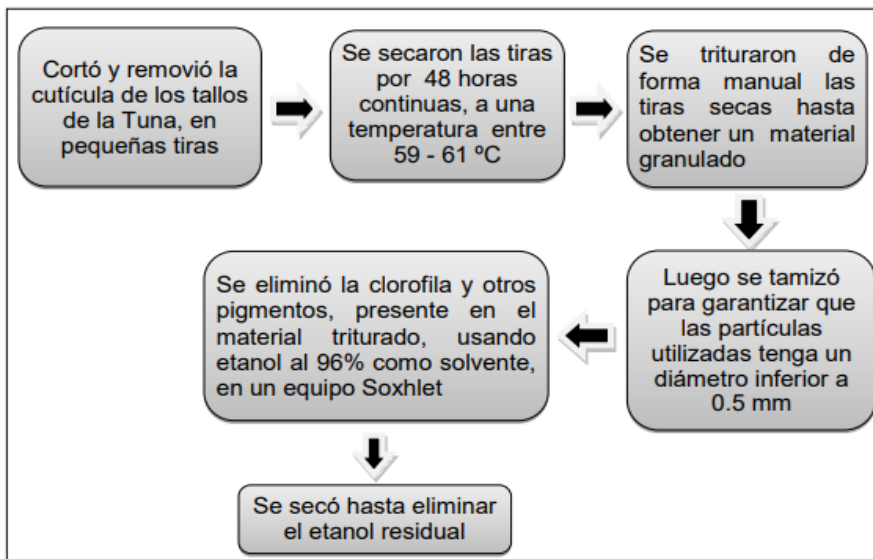
Parámetros	Unidad de medida	Método de referencia
Temperatura	°C	APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York, 2-61 y 2-62, método 2550 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.: 2017.
Turbidez	NTU	Turbidity. Nephelometric Method.
Cobre	mg/l	ISO 78/2, de la NORMA-HA 2113
Cadmio	mg/l	ISO 78/2, de la NORMA-HA 2113
Hierro	mg/l	ISO 78/2, de la NORMA-HA 2113
Plomo	mg/l	ISO 78/2, de la NORMA-HA 2113

3.6.2.2. Fase 2: Preparación de los insumos naturales para el tratamiento

A. Obtención y preparación del coagulante de *Aloe vera*. El método utilizado es un horno u horno deshidratador, en el que se procesa el gel de *Aloe vera* cuadriculado, que luego se tritura en escamas calientes en un secador de verduras a una temperatura relativamente baja (ligeramente superior a la temperatura corporal) pero durante muchas horas. Estos copos deshidratados se convierten en un polvo muy fino (Moreno y Silva, 2011).

Figura 12

Proceso de elaboración del coagulante en polvo



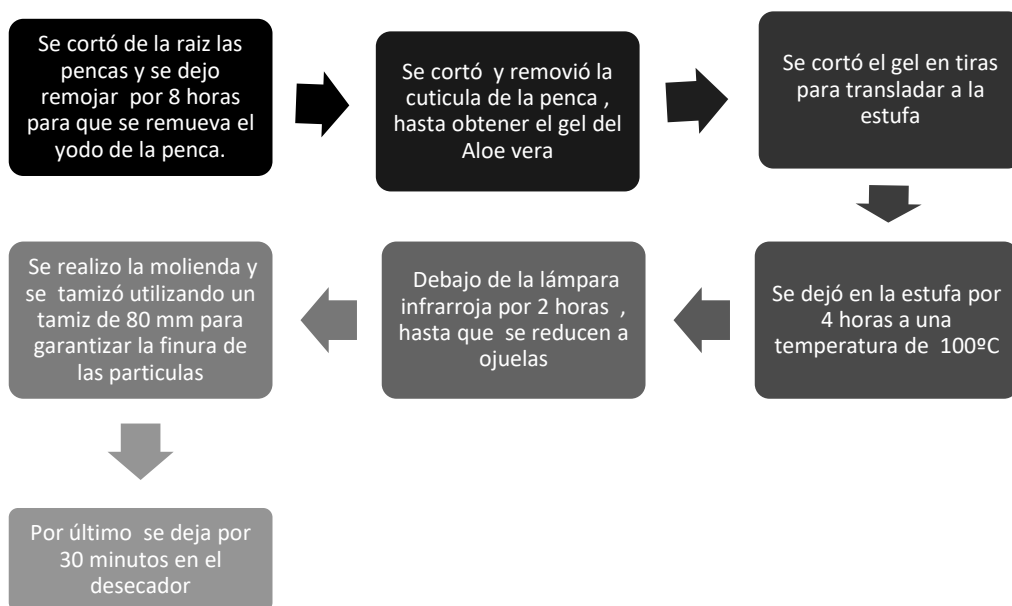
Nota. Tomado de *Proceso de elaboración del coagulante en polvo*, por Martínez y González, 2012.

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/137/EVALUACION%20DEL%20PODER%20COAGULANTE%20DE%20LA%20TUNA%20%28Opuntia%20ficus%20indica%29%20PARA%20LA%20REMOCION%20DE%20TURBIDEZ%20Y%20COLOR%20EN%20AGUAS%20CRUDAS..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De acuerdo a Moreno y Silva, (2011) y a Martínez, et al., (1996) se procederá a realizar un esquema del método de obtención de polvo con algunos pasos que empleó cada autor en sus respectivas metodologías.

Figura 13

Esquema de la preparación del polvo de Aloe vera



A.1. Cortado y limpieza. Se dejó remojar las hojas por ocho horas para quitar y remover el yodo de las pencas de Sábila, asimismo se removió la cutícula de la penca de la sábila, luego se quitó la capa externa hasta obtener el gel del *Aloe vera*, lo cual se cortó en trozos rectangulares alargados.

Figura 14

Cortado y Limpieza del Aloe Vera



Pesaje de Sábila	Cortado de cutícula y Epidermis de la Sábila	Limpieza total de la sábila	Obtención de <i>Aloe vera</i> Cortado
------------------	--	-----------------------------	---------------------------------------

A.2. Secado. El *Aloe vera* se cortó y se procedió al secado en la estufa a una temperatura 100 ° C por 4 horas, ello se puede observar en la Figura 15, el *Aloe vera* en trozos en la estufa lo cual se realizó el proceso de deshidratación, hasta llegar a una coloración violeta, luego se llevó al infrarrojo por 2 horas para el proceso de secado, por ende, se retiró, cuando se formaron como hojuelas de coloración violeta.

Figura 15

Secado del Aloe vera

			
<i>Aloe vera</i> cortado en la estufa a 100°C por 4 horas para deshidratación	<i>Aloe vera</i> , luego de ser deshidratado, es secado y en infrarrojo	<i>Aloe vera</i> deshidratado y secado	Pesaje de <i>Aloe vera</i> en hojuelas

A.3. Molienda y tamizado

Se molieron tiras cuadradas de tallos deshidratados con un molinillo hasta obtener gránulos que luego fueron pasados a través de tamices de malla 100 en partículas muy finas (Lazarinos y Ramos, 2022).

Figura 16*Molienda y tamizado del Aloe vera*

			
Trituración en el mortero	Tamizado del polvo del <i>Aloe vera</i>	Producto del tamizaje Polvo de <i>Aloe vera</i>	Pesaje del polvo <i>Aloe vera</i>

B. Obtención y preparación del filtro - rama de Pinus**Figura 17***Obtención y preparación del filtro - rama de Pinus*

			
Se retiraron las hojas y corteza con la cuchilla	Se corta cada 1 cm y 1 cm de diámetro	Se remoja con alcohol durante 24 horas.	Prueba de tiempo de filtración 1mL/ 4 seg.

En la Figura 17 se expone el procedimiento que se realizó con las ramas de *Pinus* lo cual se utilizó pequeñas ramas de *Pinus* lavadas con alcohol en 24 horas un 1 kg de rama de *Pinus*, 120 tronquitos (cortadas de 1 cm y 1 cm de diámetro), posteriormente se colocaron en una manguera de polietileno (plástico) para evaluar el tiempo de filtración.

3.6.2.3. Fase 3: Acondicionamiento del pH del efluente minero artesanal. Al tomar la muestra del agua cruda del efluente, marzo y julio, lo cual era necesario trabajar con distintos pH 3, 4, 5 y 6 para evaluar una mejor bioadsorción. El pH apropiado para los procesos de tratamiento generalmente está en el rango de 6,5 a 8,5 como menciona el auto Romero JA. Para subir el pH se hizo una dilución de una solución alcalina de 250 ml mediante el hidróxido de sodio a 2N con la finalidad de subir el pH a 3, 4, 5 y 6 para los posteriores análisis.

Se trabajó con agua extraída del efluente minero artesanal. De las dos pruebas semestrales que se hizo en el mes de marzo y julio, cada muestra se analizó con 4 litros por cada ensayo, 1 litro por cada jarra.

Se depositó en un Baker el agua contaminada de 1 litro para cada jarra, para tener una medida exacta de la muestra para cada jarra, lo cual a inicios está el agua a un pH de 2,35 y se subió el pH con distintas dosis la dilución de NaOH a 2N. En las siguientes Tablas 6 y 7 se observa la dosis de dilución para subir a los siguientes pH para cada muestra.

Tabla 6

Dilución de pH con muestra de marzo.

Muestra inicial de marzo con pH 2,35	
Dilución de NaOH a 2N	Para subir a los siguientes pH:
15ml	3
20ml	4
26ml	5
31ml	6

Tabla 7*Dilución de pH con muestra de julio.*

Muestra inicial de julio con pH 2,40	
Dilución de NaO3 a 2N	Para subir a los siguientes pH:
15ml	3
20ml	4
26ml	5
31ml	6

3.6.2.4. Fase 4: Determinación de las dosis optimas - Tratamiento I

A. Determinación del pH y dosificación del floculante. En esta etapa se trabajó mediante el Test de Jarras se trabajaron 4 corridas y cada una con 4 jarras por cada análisis semestral lo cual fueron dos (marzo y Julio), con distintas dosis (1; 1.5; 2 y 2,5 g/L). Se realizó 4 (cuatro) corridas para todos los pH, desde el 3 hasta el 6, lo cual se programó las jarras para mezclas rápidas de 80 RPM con un tiempo de 30 min para cada corrida, con distinta dosis (1; 1.5; 2 y 2,5 g/L), como se muestra en la Figura 18.

Figura 18*Dosificación del floculante con respecto al pH – Tratamiento I*




















	CORRIDA 1 - pH 3			
				
Tiempo (min)	30	30	30	30
Dosis (gramos)	1	1.5	2	2.5
Velocidad de agitación (RPM)	80	80	80	80
	CORRIDA 2 - pH 4			
				
Tiempo (min)	30	30	30	30
Dosis (gramos)	1	1.5	2	2.5
Velocidad de agitación (RPM)	80	80	80	80
	CORRIDA 3 - pH 5			
				
Tiempo (min)	30	30	30	30
Dosis (gramos)	1	1.5	2	2.5
Velocidad de agitación (RPM)	80	80	80	80
	CORRIDA 4 - pH 6			
				
Tiempo (min)	30	30	30	30
Dosis (gramos)	1	1.5	2	2.5
Velocidad de agitación (RPM)	80	80	80	80

Figura 19*Dosificación del floculante*

			
Medición de pH	Pesaje de muestras de <i>Aloe vera</i> en polvo.	Muestra vertimiento de las dosis en cada jarra.	Sedimentación de las muestras durante 30 min.

Figura 20*Sedimentación de las muestras*

		
Esperar la sedimentación durante 30 min	Se retira del sobrenadante	Se coloca en botellas las muestras de los ensayos esterilizadas

A.1. Método analítico de espectroscopia de absorción atómica. Luego de sedimentar se filtra los ensayos realizados, para luego digestar y determinar la concentración de metales, así como se expone en la Figura 21. Para lo cual se extrae 100 mL de cada tratamiento realizado

y se vierte 5mL de Ácido Nítrico, para así llevar al digestor en un tiempo de espera de 3 horas. Luego de digestar los tratamientos, se vierte cada uno en una fiola de 100 mL lo cual, y se enrasa con agua destilada, posteriormente se coloca en una botella esterilizada, para proceder hacer las lecturas de los metales en cada muestra de Cu, Pb, Cd y Fe y cuál sería el pH óptimo para nuestro sistema.

Figura 21

Lectura de metales en muestras del efluente

		
<p>Colocación del ácido nítrico</p>	<p>Muestras de 20mL que se llevaron a digestar.</p>	<p>Proceso de Absorción atómica para cada muestra, 1 Lectura de Metales de Cadmio, Plomo, Hierro y Cobre</p>

A.2. Determinación de las RPM optimas de la mezcla rápida y lenta – Tratamiento

II. En esta segunda etapa se configura las jarras para distintas velocidades mezcla rápida 80 y 100 RPM y mezcla lenta 30,40 y 50 RPM, previamente y tomando como constante también la dosis y el pH óptimos, para las 6 (seis) corridas.

Tabla 8*Determinación de la RPM óptimo para las mezcla rápida y lenta – Tratamiento II*

Corrida	Tiempo (min)	Velocidad de agitación (RPM)	Tiempo variable	Velocidad de agitación (RPM)
1	3	80	15	30
	3	80	20	30
	3	80	25	30
	3	80	30	30
2	3	80	15	40
	3	80	20	40
	3	80	25	40
	3	80	30	40
3	3	80	15	50
	3	80	20	50
	3	80	25	50
	3	80	30	50
4	3	100	15	30
	3	100	20	30
	3	100	25	30
	3	100	30	30
5	3	100	15	40
	3	100	20	40
	3	100	25	40
	3	100	30	40
6	3	100	15	50
	3	100	20	50
	3	100	25	50
	3	100	30	50

3.6.2.5. Fase 5: Diseño del prototipo de prueba de Tratamiento de efluentes mineros artesanales. En el diseño del sistema prueba se realizó mediante el programa AutoCAD 2017 y Rabbit 3D 2017, y se eligió el centro poblado Huatocay, distrito de Carabayllo, provincia de Lima departamento de Perú como unidad de estudio y toma de muestras. El lugar de implementación donde se realizó la construcción fue en el Anexo 7 de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

La implementación del sistema consistió en tres niveles, en el primer nivel se encuentra el tanque floculador- decantador, de material metal inoxidable y el filtro de rama de *Pinus* y de material acrílico con 30cm de altura. El segundo nivel de una estructura acrílica, tanque de captación – homogenizador ubicados a 67cm de altura.

El proyecto de diseño se basó en el modelo desarrollado en la investigación de Galindo (2018), esta resaltó por la utilización de los procedimientos de coagulación, floculación, sedimentación, unidad de decantación y unidad de filtración en su proceso elaborado; no obstante, el proceso de floculación y decantador se encontraron fundamentados en el tratamiento de decantador laminar primario de la ficha técnica de etapas de “*Proceso de Plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil*” de la Universidad de Coruña, España.

El sistema de procesos continuos, de captación - homogeneizador, coagulación, floculación – decantación, se diseñó en base a investigaciones anteriores.

A. Procesos del Sistema de Tratamiento

A. 1. Captación – Homogenización

Función: Primer proceso en el sistema de tratamiento de agua de minera, en este pequeño contenedor, recepcionar toda el agua a tratar y mediante la solución 30 ml/L de NaOH

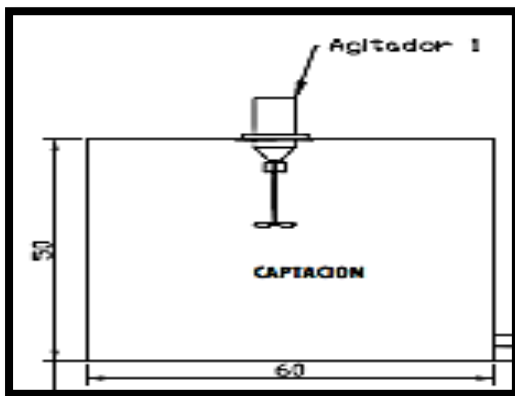
(alcalina) se sube el pH 2,35 a pH 6, contiene un agitador que ayuda a homogenizar, a 100 RPM por 1 minuto de la muestra (Huaman,2022).

Capacidad: 70 litros

Mediciones: 40 cm *50 cm *60cm

Figura 22

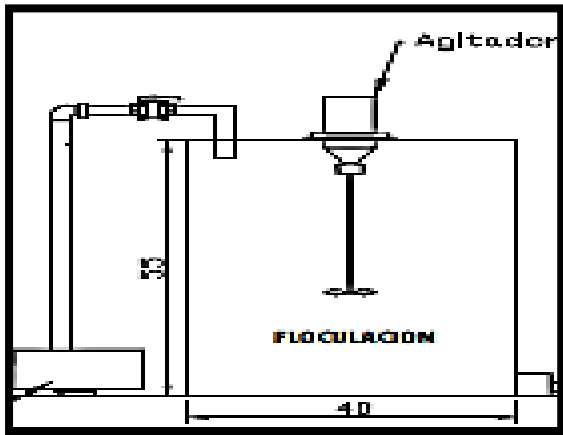
Tanque de Captación – homogenizado



A. 2. Tanque Coagulador. En este tanque se da la coagulación, “es un proceso de desestabilización química de partículas coloidales originadas al neutralizar las fuerzas, separándolas así al añadir reactivos llamados coagulantes y aplicar energía de mezcla” (Andia, 2000). Además, tiene un agitador con rapidez de 80 RPM en tres minutos, este permite la dosificación del *Aloe vera* Polvo, el punto de dosificación no se encuentra en el punto de movimiento del agitador sino en un extremo del tanque.

Mediciones: 40 cm de ancho *40 cm largo * 55 cm de altura.

Capacidad: 70 litros

Figura 23*Tanque de coagulación***A. 3. Tanque Floculador y Decantador**

a. Primera Cámara. En esta primera cámara se da el proceso de floculación con mezcla lenta con 30 RPM durante 20 minutos, el agua proveniente del contenedor donde se desarrolla la coagulación, pasa por el contenedor del proceso de floculación, donde los coloides se agrupan a materiales con mayor masa donde estos sedimentan y se logra la mejor remoción de metales.

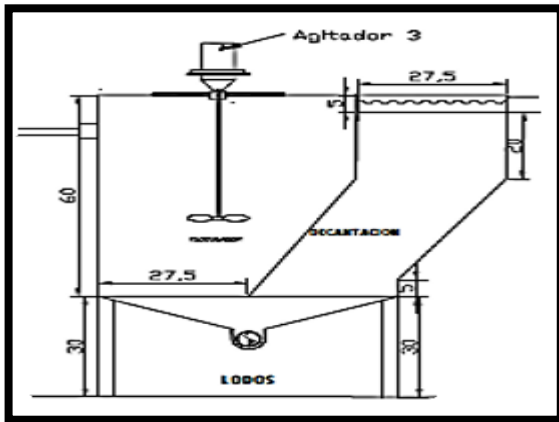
b. Segunda cámara. El proceso de decantación tiene lugar en esta segunda cámara, que va precedida de un decantador; puesto que, la recogida del agua clarificada se realiza en la zona en la cual la concentración de los sedimentos es reducida, lo cual termina dando como resultado una claridad del agua mayor que, a su vez, disminuye la posibilidad de arrastre de partículas. Aquí es importante mencionar que el agua tiende a adherirse a la placa superior a medida que sube, mientras que el lodo cae a través de la placa inferior (Suárez et al., 2015).

Capacidad: 60 L

- Volumen de la primera cámara - Floculador: 60 L
- Volumen de la segunda cámara - Decantador: 60L

Figura 24

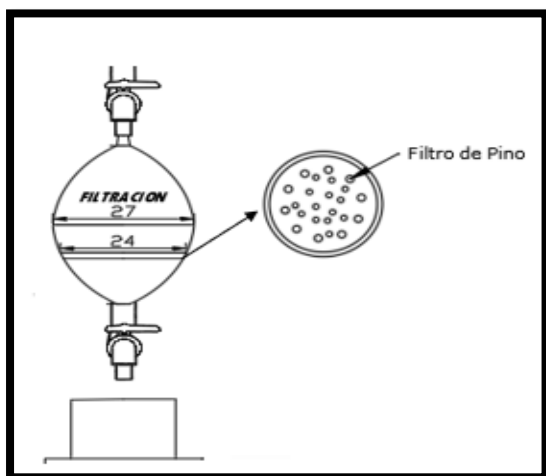
Tanque 2 en 1, floculador y decantador



A. 4. Filtración

Figura 25

Filtro de ramas de Pinus.



3.6.3. Etapa final

3.6.3.1. FASE 6: Análisis estadístico. La eficiencia de remoción se manifiesta mediante un porcentaje que se obtiene al hacer uso de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia de Remocion} = (Ca - Ce) \times 100 / Ca$$

Dónde:

- Ca: Concentración afluente
- Ce: Concentración efluente

3.7. Análisis de datos

El efluente recolectado de la extracción minera artesanal para este estudio fue probado en el laboratorio de Geografía, medio ambiente y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Los resultados obtenidos se desarrollaron mediante la estadística descriptiva y estadística inferencias utilizando una prueba no paramétrica de diseño completamente aleatorio (DCA) con el software estadístico MINITAB para probar las hipótesis. De igual forma, los límites permisibles fueron establecidos por el Decreto Supremo N° 010 - 2010 - MINAM sobre la comparación de los parámetros físicos-químicos de los influentes de minera artesanal.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización del efluente minero artesanal

La caracterización de las muestras de efluentes minero artesanal, fue realizada antes del tratamiento del efluente.

Tabla 9

Parámetros del efluente minero artesanal previo al tratamiento

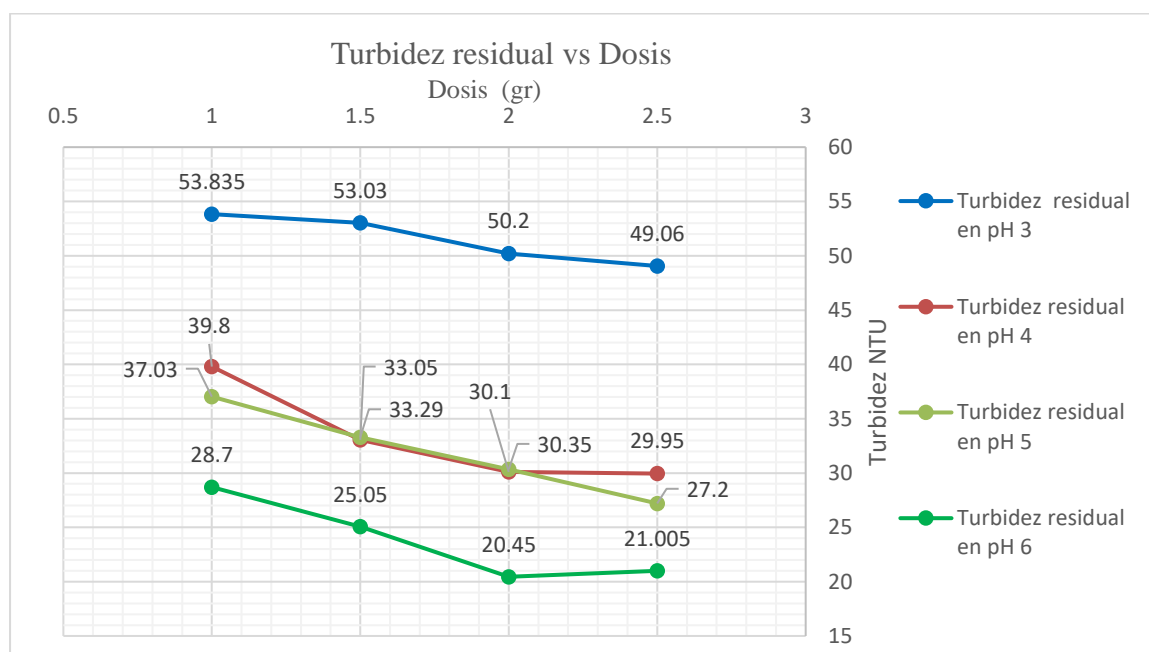
Parámetros	Unidad	Muestreo Marzo	Muestreo Julio	D.S. N° 010-2010-MINAM Límite en cualquier Momento
Potencial de Hidrógeno	pH	2.35	2.89	6-9
Conductividad	ms/cm	5.98	5.97	-
Turbiedad	NTU	645	638.15	-
Temperatura	°C	20.1	19	-
Cobre	mg/l	3.397	3.459	0.5
Cadmio	mg/l	0.153	0.245	0.05
Plomo	mg/l	1.679	1.895	0.2
Hierro	mg/l	17.188	17.932	2

4.2. Determinación de la Dosis optima

4.2.1. Turbiedad

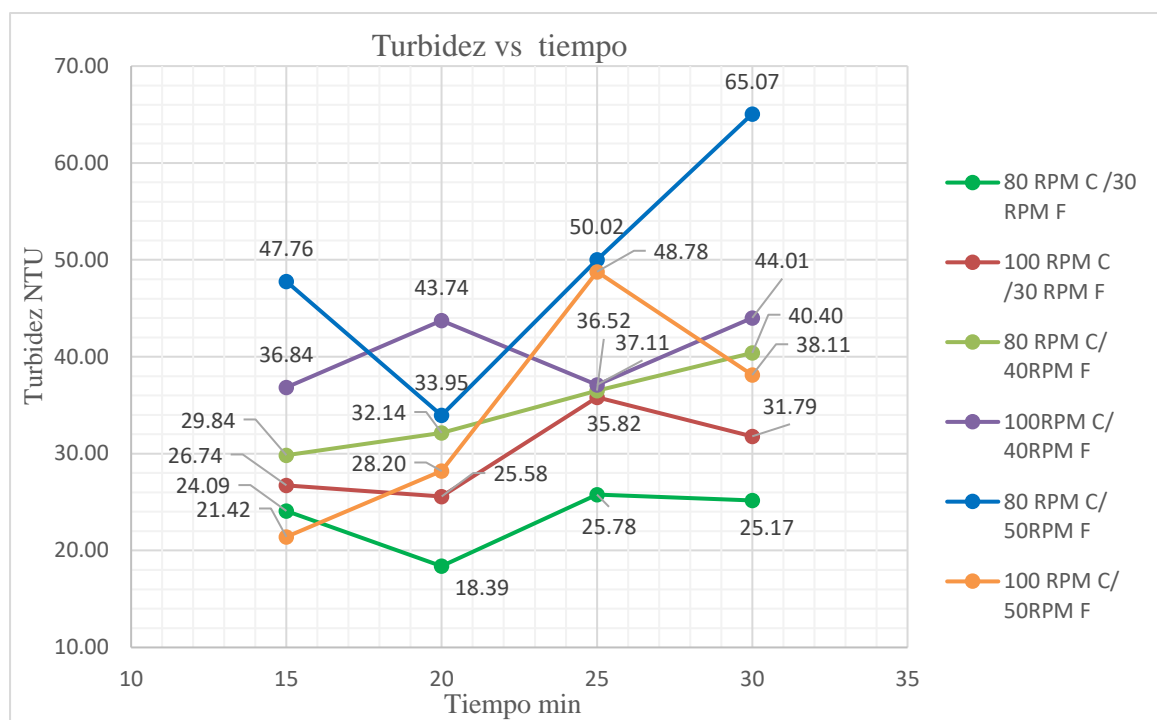
Figura 26

Turbidez residual vs Dosis – Tratamiento I



En la Figura 27, se aprecia las curvas de turbidez del Tratamiento I, el comportamiento a pH 3 muestra una disminución constante con dosis (1,1.5 y 2 g/L) en 3 NTU, sin embargo, para la curva del pH 4 muestra un comportamiento de disminución con dosis 1 a 1.5 en 6.75 NTU, mientras con las dos dosis 2 a 2.5 gr/L disminuye constante en 1 NTU.

Para el pH 5 el comportamiento de la curva muestra una disminución constante con las dosis (1.5, a 2.5 g/L) en 3 NTU, mientras con la dosis de 1 a 1.5 g/L disminuyó en 3.74 NTU. Para el pH 6 el comportamiento de la curva muestra una variable disminución ya que con la dosis de 1 a 1.5 g/L bajo en 3.65 NTU con dosis de 1.5 a 2 g/L bajó en 4,6 NTU, sin embargo, con la dosis de 2 a 2.5 hubo un aumento en 0.55 NTU.

Figura 27*Turbidez vs tiempo – Tratamiento II*

De la Figura 28, se aprecia las curvas de turbidez en el Tratamiento II, con un pH óptimo de 6 con una dosis optima de 1.5g. de *Aloe vera*, los resultados indican que la muestra de 80 RPM durante 3 minutos – 30 RPM es el más eficaz en 20 min con 18,39 NTU, sin embargo, de 20 min a 25 min aumento 5.7 NTU, y con 30 minutos se mantuvo casi igual los valores.

Para las muestras de 100 RPM durante 3 minutos – 30 RPM durante 15 min a 20 min, disminuyó en 1.16 NTU, sin embargo, de 20min a 25min el comportamiento cambio, ya que aumentó la turbidez en 4,38 NTU, y luego con 30min bajó en 4.03 NTU.

Para la muestra 80 RPM durante 3 minutos – 40 RPM desde los 15min hasta los 30min, se incrementa la turbidez, observándose notablemente el aumento en 4,38 NTU, mostrándose constante.

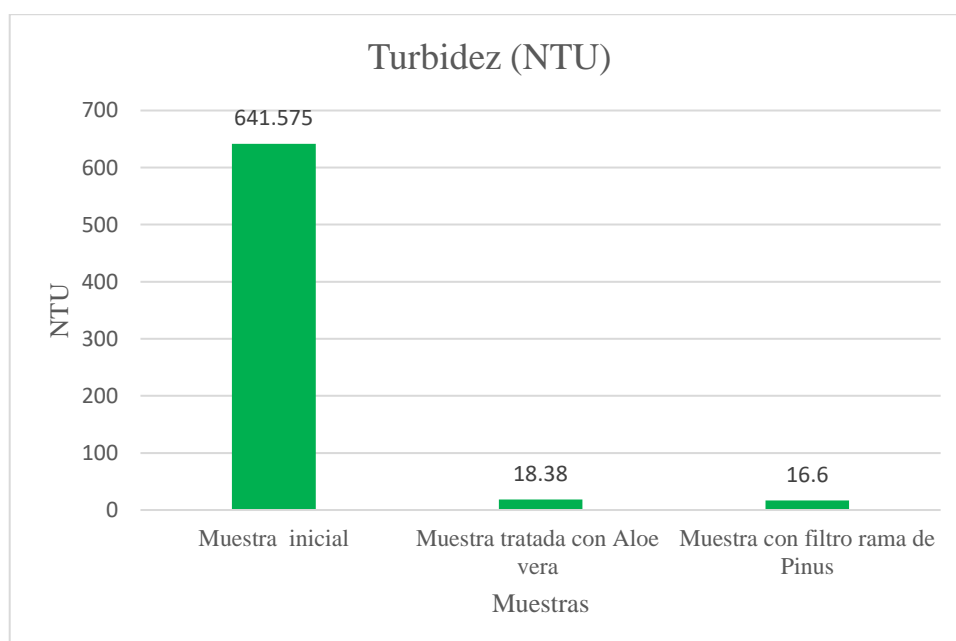
Para la muestra 100 RPM durante 3 minutos – 40 RPM durante 15min a 20 min aumenta en 6,9 NTU sin embargo de los 20min a 25min disminuye, mostrando una curva variable, ya que de los 25 a 30min aumenta en 6.9 NTU.

Para la muestra 80 RPM durante 3 minutos – 50 RPM con todos los tiempos muestra un comportamiento variable ya que con 15min a 20min bajo en 13.81 NTU, sin embargo, con las demás muestras aumenta, 20min a 25min en 16.07 NTU, y 25 min a 30 min aumenta en 15.02 NTU.

Para la muestra 100 RPM durante 3 minutos – 50 RPM se aprecia un comportamiento variable ya que con 15min a 20min aumento en 6.78 NTU, al igual que 20min a 25min subió en 20.58 NTU, mientras que con 25min a 30min bajo en 10.67 NTU.

Figura 28

Resultado de Turbidez antes y después del proceso de filtración mediante la rama de Pinus



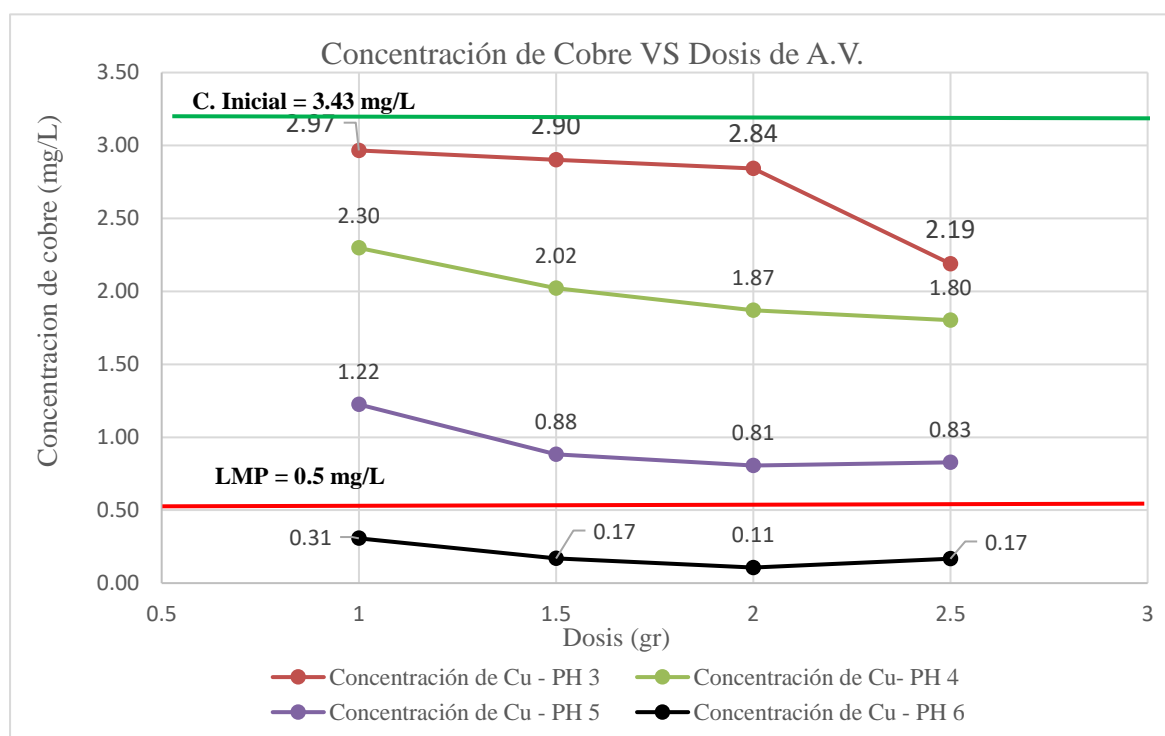
En la siguiente Figura 29, se aprecia la disminución de la turbidez con 1kg de rama de *Pinus* disminuye la turbidez en 1.78 NTU con respecto a la muestra tratada con *Aloe vera*, a diferencia con la muestra inicial se observa una disminución significativa en 624.98 NTU,

asimismo se determinó el tiempo de filtración ya que la lámina construida a base de rama de *Pinus* (cantidad aproximadamente de 120 ramas cortadas de 1cm de largo con un 1cm de diámetro) tardo 120 mL/4seg en evaluación y en el diseño de prueba.

4.2.2. Cobre

Figura 29

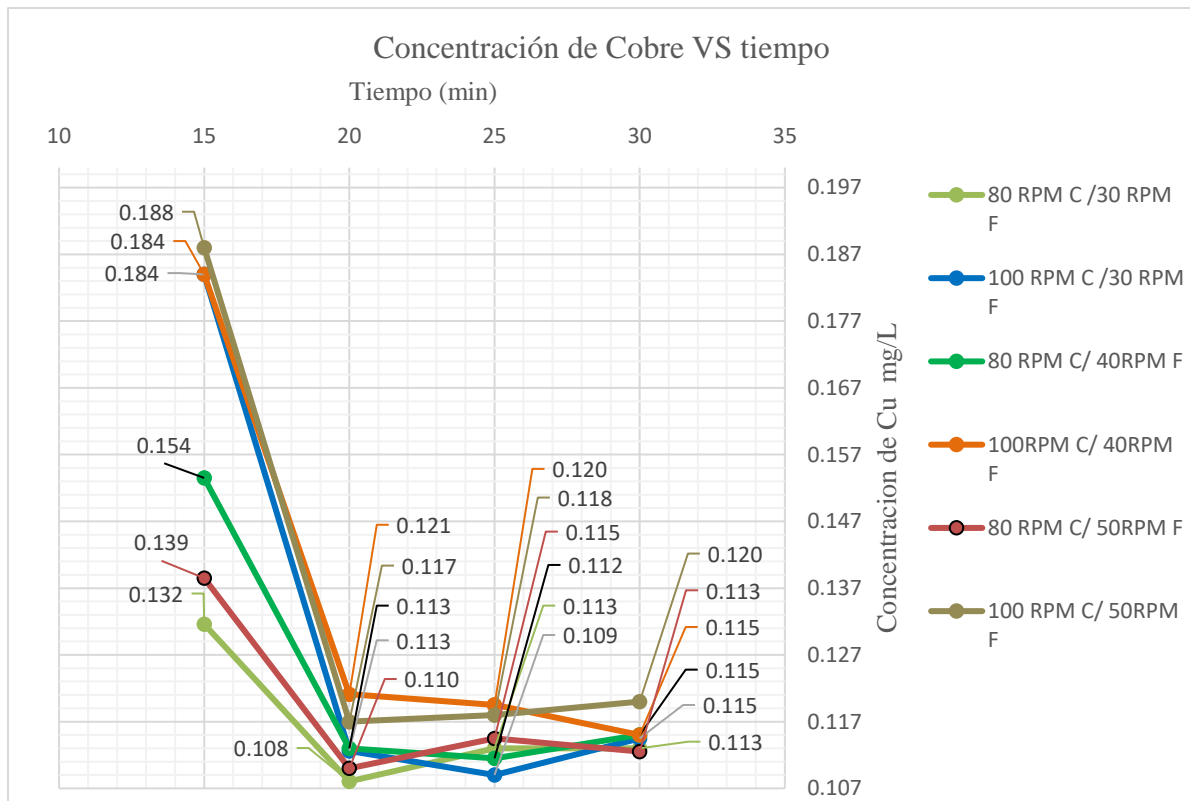
Concentración de Cobre vs Dosis – Tratamiento I



De la Figura 30, Se aprecia las concentraciones de Cobre con pH 3, donde disminuyó las concentraciones de forma contante en 0.06 mg/L desde la dosis 1 a 2g, observándose una disminución notable de 0.69mg/L desde la dosis 2g a 2.5g, cumpliéndose la misma tendencia de disminución en las concentraciones con pH 4, 5 y 6 que disminuyen significativamente con las dosis de 1g a 2g, y se observó que aumentó ligeramente con dosis 2g a 2.5g, por lo que presenta menor concentración a pH 6 con dosis 2g.

Figura 30

Concentración de Cobre vs Tiempo - Tratamiento II

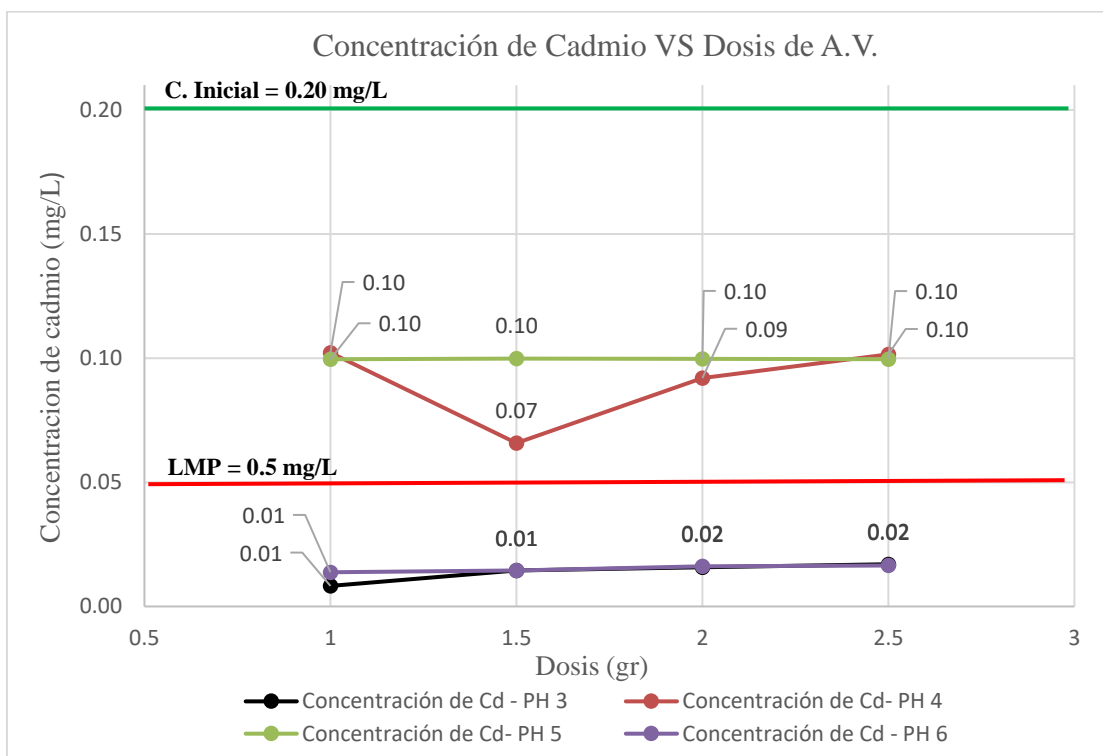


De la Figura 31, se aprecia las curvas de concentración de cobre en el Tratamiento II, con un pH óptimo de 6 y con una dosis optima de 1.5 gr de *Aloe Vera* en polvo, los resultados con respecto a la concentración inicial (3,43 mg/L) disminuyen significativamente para todas las muestras, teniendo un comportamiento ascendente de concentración de cobre en todas las muestras en los tiempos de 15min a 20min con un promedio por lo que la muestra de 80 RPM durante 3 minutos – 30 RPM durante 20min es de 0.11mg/L, siendo la concentración más baja de las muestras.

4.2.3. Cadmio

Figura 31

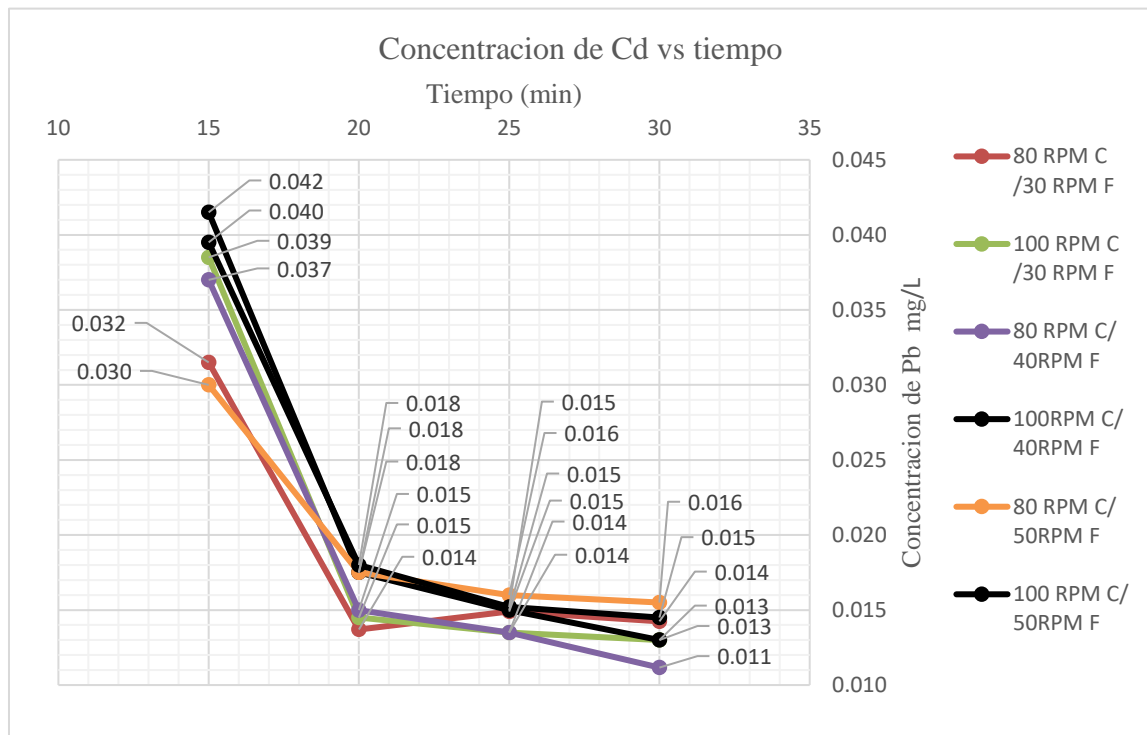
Concentración de Cadmio VS Dosis - Tratamiento 1



De la Figura 32, Se aprecia la conducta de la concentración del cadmio con pH 3, 5 y 6 una concentración constante con la dosis de 1g a 2,5g, a diferencia con el pH 4 que disminuye en 0.03 mg/L de la dosis 1g a 1.5g y luego se observa un aumento con la dosis 2g, manteniéndose por último con la dosis 2.5g con 0.10 mg/L, presentando la menor concentración con el pH 6 y 3 con la dosis 1.5g en 0.01 mg/L.

Figura 32

Concentración de Cadmio vs Tiempo, Tratamiento II

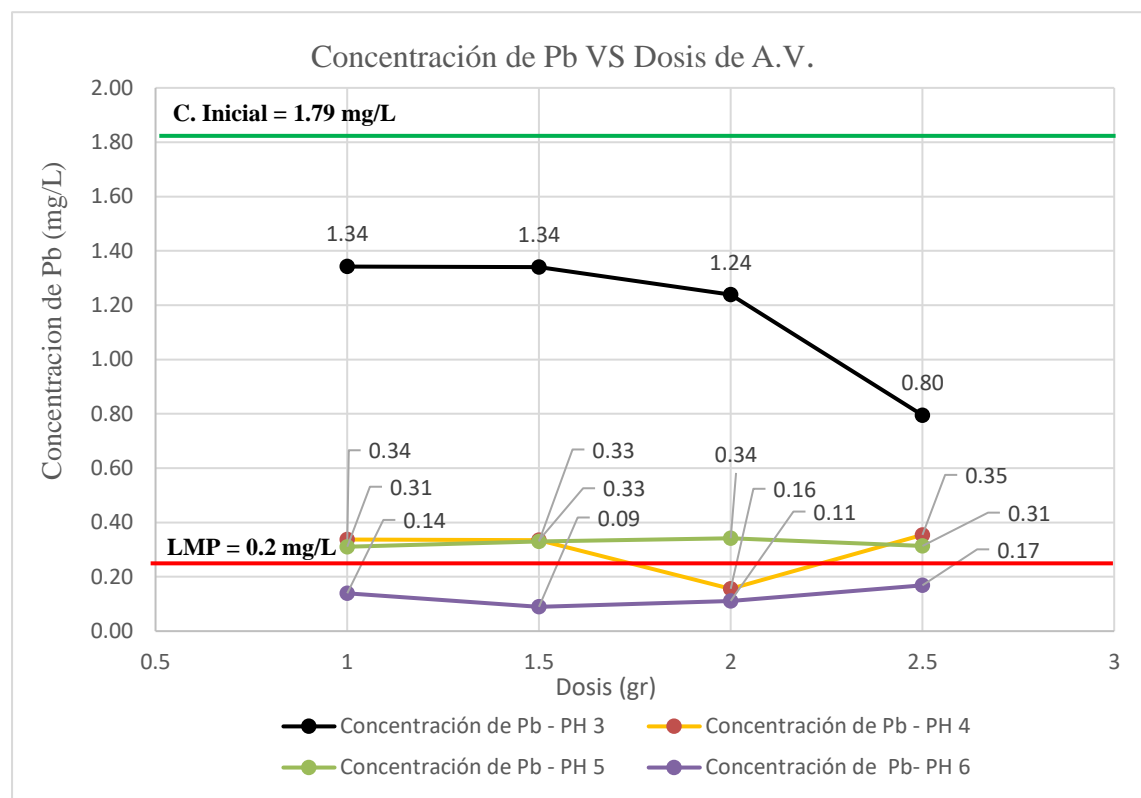


De la Figura 33, se aprecia las curvas de concentración de Cadmio en el Tratamiento II, con un pH óptimo de 6 y con una dosis optima de 1.5g. de *Aloe vera* en polvo, los resultados con respecto a la concentración inicial (0,2 mg/L) disminuyen significativamente para todas las muestras, teniendo un comportamiento ligeramente descendente de concentración de Cadmio para todas las muestras en los tiempos de 15 a 20 minutos, lo cual bajó en 0.015 mg/L en promedio en todos los valores, a diferencias de las muestras a partir de los 20min hasta los 30min que no hubo tanta variación.

4.2.4. Plomo

Figura 33

Concentración de Plomo VS Dosis - Tratamiento I

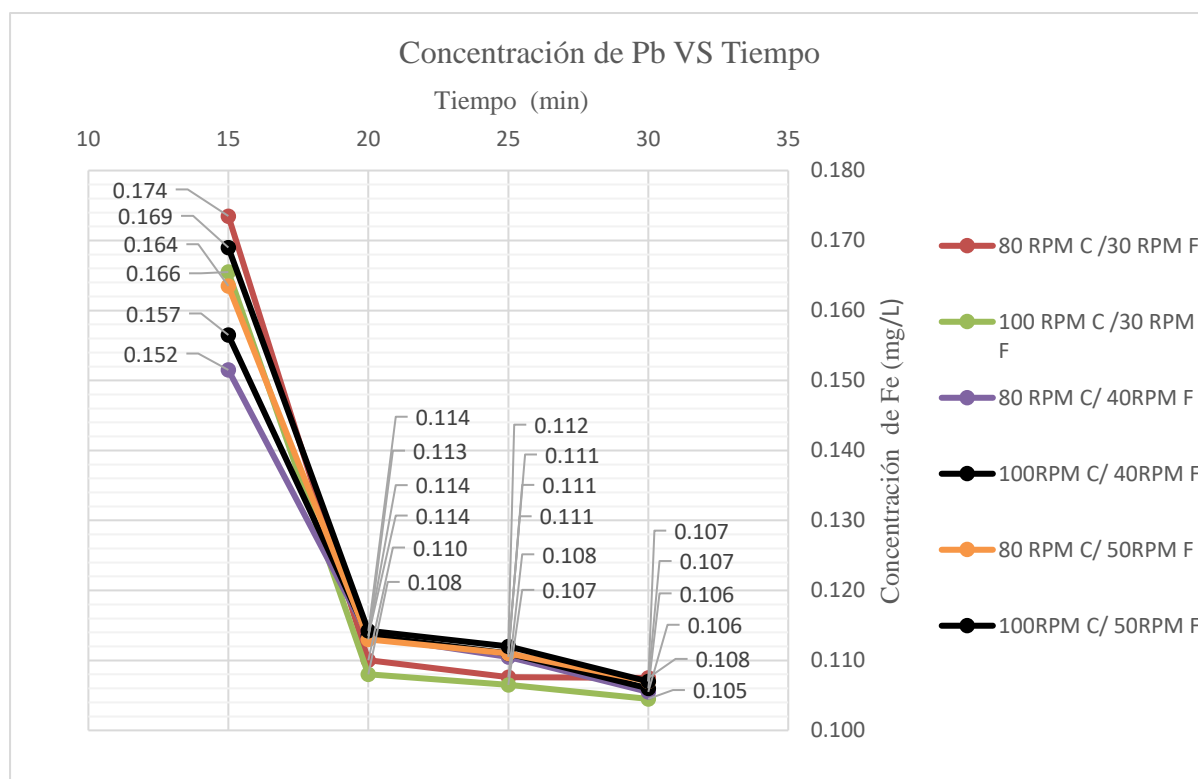


De la Figura 34, se aprecia el comportamiento de la concentración del Plomo con pH 3, disminuye con todas las dosis, con dosis de 1 a 1.5 g, en 0.002 mg/L, con dosis de 1.5 a 2 g, en 0.179 mg/l, con dosis 2 a 2.5 g en 0.443 mg/l, a diferencia de la concentración de cobre con pH 4, su comportamiento fue variable, ya que disminuye con las dosis de 1 a 1.5 g en 0.002 mg/l, con la dosis 1.5 a 2 g en 0.102 mg/L, sin embargo, se elevó en 0.198 mg/L.

Para pH 5 el comportamiento de la curva de concentración de plomo aumenta con dosis 1 hasta 2 g, mientras con la dosis de 2 a 2.5 g disminuye ligeramente en 0.028 mg/L, con pH 6 de dosis 1 a 1.5 g disminuye ligeramente en 0.05 mg/L, sin embargo, con dosis 1.5 a 2 g aumenta en 0.022 mg/l y con dosis 2 a 2.5 g, se observa un ligero aumento en 0.058 mg/L.

Figura 34

Concentración de Pb VS Tiempo – Tratamiento II



De la Figura 35, se aprecia las curvas de concentración de Plomo en el Tratamiento II, con un pH óptimo de 6 y con una dosis optima de 1.5 g de *Aloe vera* en polvo, los resultados con respecto a la concentración inicial (1,787 mg/L) disminuyen significativamente para todas las muestras, teniendo un comportamiento ligeramente descendente de concentración para la muestra de 80 RPM durante 3 minutos – 30 RPM durante 15 min en 0.174 mg/L, de 15 a 20 minutos en 0.063 mg/L, de 20 a 30 minutos se evidencia que no hay una diferencia de valores, lo cual los estos se mantienen casi constante.

Para las muestras de 100 RPM durante 3 minutos – 30 RPM, la curva presentó una disminución, de 15 a 20 minutos en 0.058 mg/L, de 20 a 25 minutos ligeramente bajo en 0.003 mg/L, sin embargo, de 25 a 30 minutos no se observa una variación de disminución de concentración de plomo, manteniendo la misma concentración de la anterior muestra.

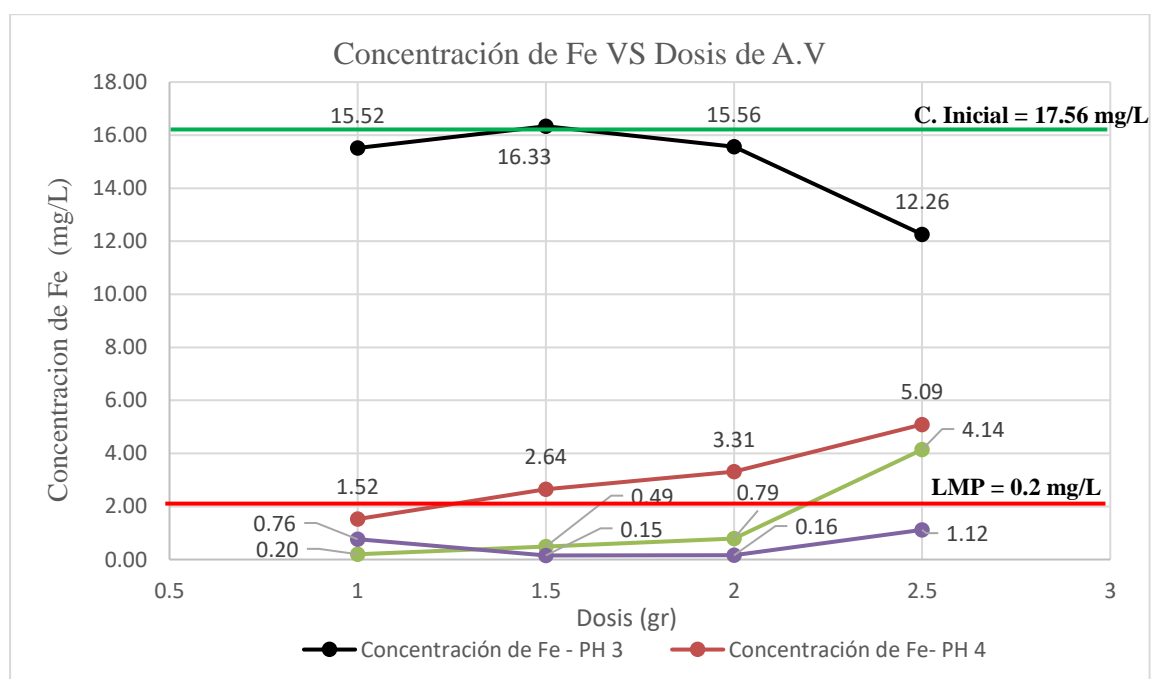
Para la muestra 80 RPM durante 3 minutos – 40 RPM, aprecia una curva con un comportamiento descendente, desde los 15 min hasta los 30 min, de 15 a 20 min en 0.038 mg/L, de 20 a 25 minutos bajó ligeramente en 0.003 mg/L, de 25 a 30 minutos bajó ligeramente en 0.005 mg/L no mostrando, variación en la curva.

Para los ensayos 100 RPM durante 3 minutos – 40 RPM, 80 RPM durante 3 minutos – 50 RPM y 100 RPM durante 3 minutos – 50 RPM, se aprecia la similitud de curvas con la misma tendencia, ya que de 15 a 20 minutos disminuyen en 0.043 mg/L, 0.051 mg/L y 0.055 mg/L, sin embargo, los valores de 20 a 30 minutos son casi despreciables ya que no se observa variación de concentración de las muestras durante estos tiempos.

4.2.5. Hierro

Figura 35

Concentración de Hierro VS Dosis – Tratamiento I



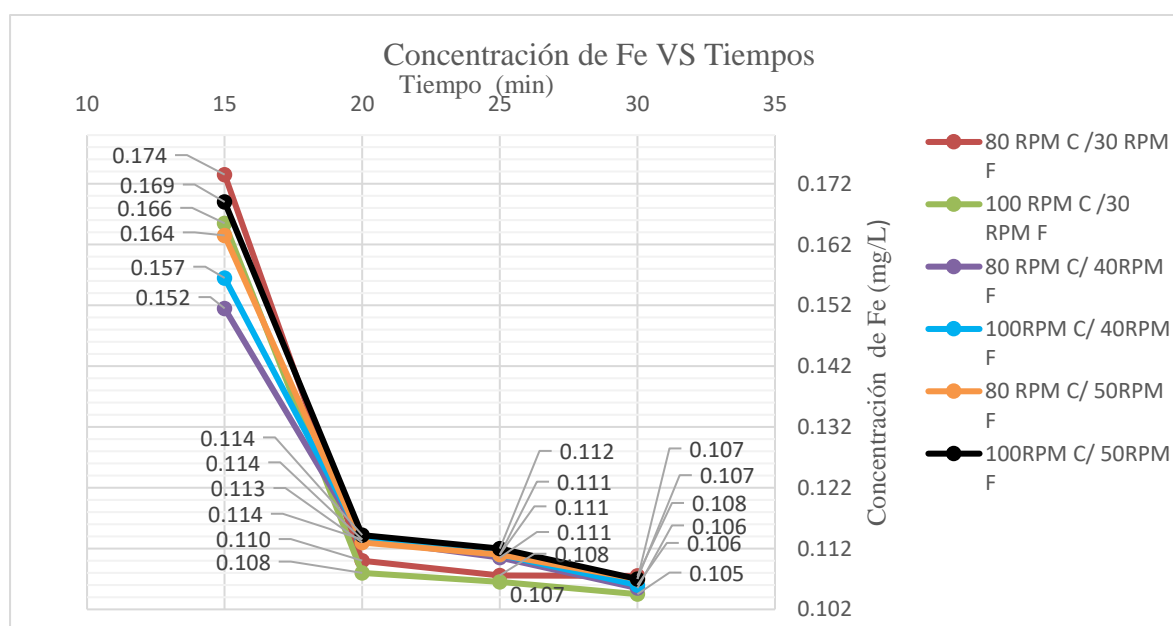
De la Figura 36, Se aprecia los valores variables de la concentración de Hierro con pH 3, ya que con las dosis de 1 a 2 g aumenta ligeramente , con dosis de 1 a 1.5g en 0.81 mg/L, mientras con dosis de 1.5 a 2 g disminuye en 0.77 g/L, al igual con dosis 2 a 2.5 g disminuye

en 3.3 mg/L, a diferencia de la concentración de cobre con pH 4, que muestra una curva de aumento linealizada, con dosis de 1 a 1.5gr en 1.02 mg/L, con dosis de 1.5 a 2 g en 0.67 g/L y con dosis 2 a 2.5 g en 3.3 1.78 g/L.

Para pH 5 el comportamiento de la curva de concentración de Hierro sufre un ligero aumento con dosis de 1 g hasta 2 g, con dosis 1 a 1.5 g en 0.29 mg/L, con dosis 1.5 a 2 g en 0.3 mg/L, y con dosis de 2 a 2.5 g. se aprecia un máximo aumento en 3.35 mg/L, a diferencia con pH 6 se observa que el comportamiento de la concentración disminuye, con dosis 1 a 1.5 g en 0.61 mg/L, con dosis 1.5 a 2 g se mantiene y con dosis 2 a 2.5 g en 0.96 mg/L.

Figura 36

Concentración de Hierro VS Tiempo - Tratamiento II



De la Figura 37, se aprecia las curvas de concentración de Hierro en el Tratamiento II, con un pH óptimo de 6 y con una dosis optima de 1.5 g de *Aloe vera* en polvo, los resultados con respecto a la concentración inicial (17,560 mg/L) disminuyen significativamente para todas las muestras, teniendo un comportamiento ligeramente descendente de concentración de Cadmio para la muestra de 80 RPM durante 3 minutos – 30 RPM durante 15 min en 0.169 mg/L, de 15 a 20 minutos en 0.01 mg/L, de 20 a 30 minutos no hubo variación.

Para las muestras de 100 RPM durante 3 minutos – 30 RPM, se aprecia que la curva presento una disminución, de 15 a 20 minutos en 0.034 mg/L, de 20 a 25 minutos en 0.013 mg/L y para el tiempo de 25 a 30 minutos ligeramente bajó en 0.002 mg/L.

Para los ensayos, 80 RPM durante 3 minutos – 40 RPM y 100 RPM durante 3 minutos – 40 RPM se aprecia las curvas con un comportamiento similar, de 15 a 20 minutos bajaron en 0.033 mg/L y 0.024 mg/L sin embargo de 20 a 30 minutos, no presentan variación de concentración.

Para el ensayo 80 RPM durante 3 minutos - 50 RPM, se observa que presenta un comportamiento de aumento con todos los valores, de 15 a 20 minutos bajo en 0.024 mg/L, de 20 a 25 minutos no hubo variación significativa, y de 25 a 30 minutos en 0.005 mg/L.

Para el ensayo 100 RPM durante 3 minutos – 50 RPM se aprecia un comportamiento de disminución, de 15 a 20 minutos en 0.058 mg/L, de 20 a 25 minutos con una variación casi nula y de 20 a 30 minutos en 0.007 mg/L.

4.2.6. Eficiencias en la remoción

4.2.6.1. Metales Pesados. Se muestra los resultados de las eficiencias de remoción con el pH 6 con las dosis de 1 g, 1.5 g, 2 g, 2.5 g y la eficiencia de remoción para coagulación 80 RPM en 3 minutos y floculación con 30 RPM en 20.

Tabla 10

Eficiencia de remoción con pH 6 para cada metal – Tratamiento I

Dosis	Eficiencia de remoción Cu - PH 6	de eficiencia de remoción Cd - pH 6	de eficiencia de remoción Pb - pH 6	de eficiencia de remoción Fe -pH 6
1	91.05	93.08	92.20	95.65
1,5	95.08	92.74	94.99	99.13
2	96.89	91.91	93.77	99.10
2,5	95.14	91.71	90.57	93.63

En base a los valores de la Tabla 09 se muestra que el mayor porcentaje de remoción en el tratamiento I fue el plomo con 94,99 % y hierro 99,13% con dosis 1,5 g a diferencia del cobre dosis de 2 g, fue de 96, 89% y cadmio con dosis 1 g fue 93,08 % respectivamente, por lo que se expone que la muestra más efectiva fue con dosis 1.5 g a pH 6.

Tabla 11

Eficiencia de remoción para coagulación 80 RPM en 3 minutos y floculación con 30 RPM en 20 min – Tratamiento II.

Tiempos (min)	80 RPM /30 RPM en Cu	80 RPM /30 RPM en Fe	80 RPM /30 RPM en Cd	80 RPM /30 RPM en Pb
15	96,16	99,04	84,17	90,29
20	96,85	99,09	93,11	93,84
25	96,70	99,08	92,51	93,98
30	96,70	99,08	92,84	93,98

En base a los valores de la Tabla 10, se observa que el mayor porcentaje de remoción en el tratamiento II, en los ensayos 80 RPM durante 3 minutos – 30 RPM con distintos tiempos de 15, 20, 25 y 30 min, para cada metal (cobre, cadmio, plomo y hierro); fue el de 20 min ya que presenta el mayor valor de remoción para cada metal.

4.2.6.2. Turbidez

Tabla 12

Eficiencia de remoción de la turbidez

Turbidez inicial (NTU)	turbidez final (NTU)	Eficiencia de remoción (%)
Con tratamiento de Aloe vera y rama de Pinus		
641.57	16.6	97.41

En la Tabla 11 se expone la turbidez inicial de 641.57 NTU promedio de las dos muestras iniciales de marzo y julio y la turbidez final del sistema de tratamiento de 16.5 NTU logrando una eficiencia de remoción de la turbidez es de 97.41%.

A. *Parámetros en el diseño de prueba.* En la siguiente Tabla 12, se observa los parámetros de entrada y salida en el diseño de prueba, donde los valores de la concentración de metales y turbiedad son mayores al 90%, siendo valores menores que aplican con la norma D.S. N° 010-2010-MINAM.

Tabla 13

Parámetros en el diseño de prueba

Parámetros	Unidad	Entrada	Salida	% Remoción	D.S. N° 010-2010-MINAM Límite Máximo Permisible
Potencial de Hidrógeno	pH	2.62	6.01	-	6 – 9
Conductividad	ms/cm	59750	68435	-	-
Turbiedad	NTU	641.575	16.6	97.41%	-
Temperatura	°C	19.55	19	-	-
Cobre	mg/L	3.428	0.11	96.85	0.5
Cadmio	mg/L	0.199	0.16	99.09	0.05
Plomo	mg/L	1.787	0.01	93.11	0.2
Hierro	mg/L	17.56	0.11	93.84	2

B. *Caudales de ingreso y tiempos en cada proceso en el diseño de prueba.* Para el diseño de prueba se recolectó 70 litros de aguas del efluente minero, lo cual se le aplico 2,17 litros de solución para llevar a pH 6, por lo que se tuvo un total de 72.17 litros de muestra, presentando cuatro caudales (Q1, Q2, Q3 y Q4), estos caudales se hallaron de acuerdo al tiempo de ingreso a cada unidad o etapa del sistema de prueba, como se muestra en la siguiente Tabla 13.

Tabla 14

Datos de los tiempos, velocidades y caudal del sistema de prueba

Tanque	Etapa	Velocidad (RPM)	Caudal	Tiempo
Tanque de captación y homogenización	Homogenización	100	0	1 min
	Caudal 1 = Ingreso a la unidad de coagulador	0	$Q1 = \frac{72.17l}{5 \text{ min} * \frac{60s}{1 \text{ min}}} = 0.2406/s$	= 5 min
Tanque coagulador	Mezcla rápida	80	0	3 min
	Caudal 2 = Ingreso a la unidad de floculador	0	$Q2 = \frac{65l}{3 \text{ min} * \frac{60s}{1 \text{ min}}} = 0.2711/s$	= 3 min
Tanque floculador y decantador	Mezcla lenta	30	0	20 min
	Caudal 3 = Ingreso a la unidad del decantador	0	$Q3 = \frac{60l}{4.5 \text{ min} * \frac{60s}{1 \text{ min}}} = 0.2221/s$	= 4.5 min
	Sedimentación	0	0	30 min
Sistema de filtro	Caudal 4 = Ingreso a la unidad de filtración	0	$Q4 = \frac{30l}{15 \text{ min} * \frac{60s}{1 \text{ min}}} = 0.033/s$	= 15 min
	Filtración	0	$Q5 = \frac{30l}{17 \text{ min} * \frac{60s}{1 \text{ min}}} = 0.029/s$	= 17 min.

El diseño resultante fue elaborado en AutoCAD 2017 2D y RABBIT 2017 3D exponiendo sus respectivas longitudes en la siguientes Figura 38 y 39. La implementación se realizó en el Gabinete de Geología del anexo 7 Universidad Nacional Federico Villarreal.

Figura 37

Plano 2D AUTOCAD

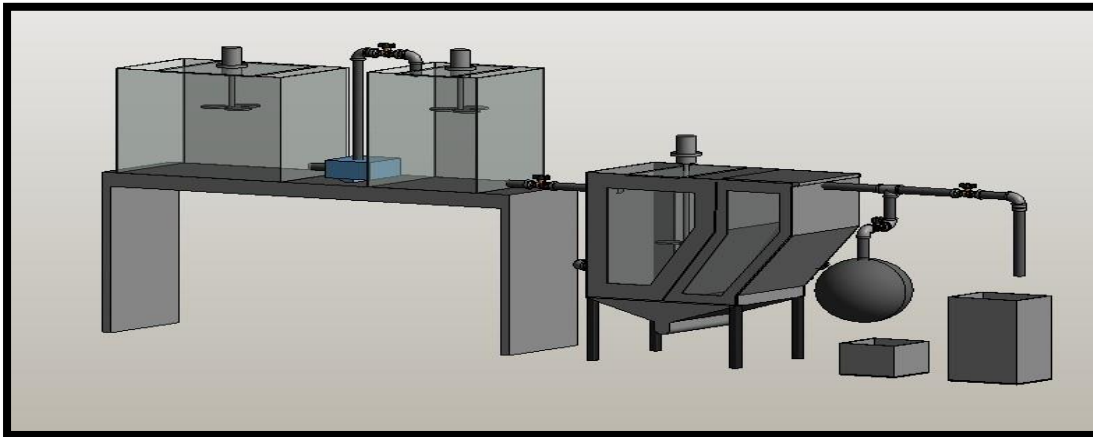


Figura 38

Plano 3D - Rabbit 2017

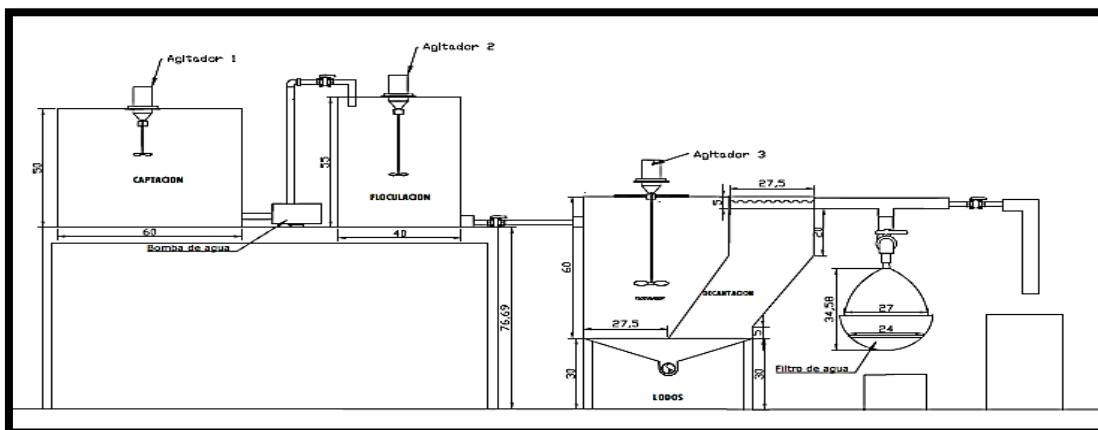


Figura 39*Sistema de tratamiento*

C. **Análisis Estadístico.** Para poder Analizar estadísticamente la información primero se tiene que agrupar y codificar la información obtenida de los análisis de laboratorio de tratamiento de efluentes artesanales del centro poblado Huatocay, distrito de Carabaylo, con *Aloe vera* como floculante y la rama *Pinus* como filtro natural

La primera agrupación y codificación que se hará es respecto a la turbidez, esto debido a que se tomó las muestras y analizaron en los meses de marzo y julio y por ser estar variable estadística a analizar se analizó los datos de los productos obtenidos en promedio de resultados en unidades NTU, además se muestra la eficiencia de remoción del tratamiento en este parámetro

La segunda agrupación recae en los metales pesados analizados en el proceso de remoción los cuales son cuatro: Cobre, Cadmio, Plomo y Hierro, por ser elementos base de análisis se analizaron como componentes (M), las dosis del floculante específico (D) y el pH específico (series de numéricas) y las concentraciones de remoción, además se muestra la eficacia de remoción del proceso en los parámetros respectivos.

Lo cual permite obtener:

Tabla 15

Análisis y codificación descriptiva de los resultados obtenidos en el componente turbidez

COMPONENTE DE ANÁLISIS	DO	pH	CONCENTRACIÓN INICIAL (NTU)	CONCENTRACIÓN APLICANDO EL TRATAMIENTO (NTU)	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)
M1	D1	3	641.575	53.835	91.609
M1	D1	4	641.575	39.800	93.797
M1	D1	5	641.575	37.030	94.228
M1	D1	6	641.575	28.700	95.527
M1	D2	3	641.575	53.030	91.734
M1	D2	4	641.575	33.050	94.849
M1	D2	5	641.575	33.290	94.811
M1	D2	6	641.575	25.050	96.096
M1	D3	3	641.575	50.200	92.176
M1	D3	4	641.575	30.100	95.308
M1	D3	5	641.575	30.350	95.269
M1	D3	6	641.575	20.450	96.813
M1	D4	3	641.575	49.060	92.353
M1	D4	4	641.575	29.950	95.332
M1	D4	5	641.575	27.200	95.760
M1	D4	6	641.575	21.005	96.726

Nota. M1: turbidez; D1: dosis de 1g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama *Pinus*; D2: dosis de 1.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama *Pinus*; D3: dosis de 2g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama *Pinus*; D4: dosis de 2.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de *Pinus*.

Tabla 16

Análisis y codificación descriptiva de los resultados obtenidos en el componente metales pesados mes de marzo

COMPONENTE DE ANALISIS	DO SIS	p H	CONCENTRACIÓN INICIAL (mg/l)	CONCENTRACIÓN (mg/l)	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)
M1	D1	3	3.459	3.0611012	11.50
M1	D1	4	3.459	2.40569258	30.45
M1	D1	5	3.459	1.22486043	64.59
M1	D1	6	3.459	0.406737596	88.24
M1	D2	3	3.459	3.01881	12.73
M1	D2	4	3.459	2.15107155	37.81
M1	D2	5	3.459	0.933549643	73.01
M1	D2	6	3.459	0.21105577	93.90
M1	D3	3	3.459	2.99684381	13.36
M1	D3	4	3.459	1.89646304	45.17
M1	D3	5	3.459	0.906043768	73.81
M1	D3	6	3.459	0.115426767	96.66
M1	D4	3	3.459	2.36743164	31.56
M1	D4	4	3.459	1.95240593	43.56
M1	D4	5	3.459	0.914616525	73.56
M1	D4	6	3.459	0.222176635	93.58
M2	D1	3	0.245	0.00927181	96.22
M2	D1	4	0.245	0.103333063	57.82
M2	D1	5	0.245	0.100567788	58.95
M2	D1	6	0.245	0.01927181	92.13
M2	D2	3	0.245	0.015439603	93.70
M2	D2	4	0.245	0.068239436	72.15
M2	D2	5	0.245	0.101234697	58.68
M2	D2	6	0.245	0.015439603	93.70
M2	D3	3	0.245	0.01710461	93.02
M2	D3	4	0.245	0.093872368	61.68
M2	D3	5	0.245	0.107162483	56.26
M2	D3	6	0.245	0.01710461	93.02
M2	D4	3	0.245	0.018491249	92.45
M2	D4	4	0.245	0.103092767	57.92
M2	D4	5	0.245	0.107023522	56.32
M2	D4	6	0.245	0.014491249	94.09
M3	D1	3	1.895	1.37165604	27.62
M3	D1	4	1.895	0.181238636	90.44
M3	D1	5	1.895	0.319948077	83.12
M3	D1	6	1.895	0.143476069	92.43

M3	D2	3	1.895	1.37013509	27.70
M3	D2	4	1.895	0.179354535	90.54
M3	D2	5	1.895	0.344587117	81.82
M3	D2	6	1.895	0.042560913	97.75
M3	D3	3	1.895	1.26294723	33.35
M3	D3	4	1.895	0.167841494	91.14
M3	D3	5	1.895	0.360752523	80.96
M3	D3	6	1.895	0.117749292	93.79
M3	D4	3	1.895	0.845461011	55.38
M3	D4	4	1.895	0.396914005	79.05
M3	D4	5	1.895	0.338226438	82.15
M3	D4	6	1.895	0.178582817	90.58
<hr/>					
M4	D1	3	17.932	16.0253506	10.63
M4	D1	4	17.932	1.66284513	90.73
M4	D1	5	17.932	0.221116394	98.77
M4	D1	6	17.932	0.883527279	95.07
M4	D2	3	17.932	16.8568935	6.00
M4	D2	4	17.932	2.699301	84.95
M4	D2	5	17.932	0.684685111	96.18
M4	D2	6	17.932	0.165325627	99.08
M4	D3	3	17.932	17.1252289	4.50
M4	D3	4	17.932	3.50281096	80.47
M4	D3	5	17.932	0.800872386	95.53
M4	D3	6	17.932	0.161436051	99.10
M4	D4	3	17.932	13.2825661	25.93
M4	D4	4	17.932	5.18554544	71.08
M4	D4	5	17.932	4.42954826	75.30
M4	D4	6	17.932	1.09637094	93.89

Nota.M1: metal cobre; M2: metal cadmio; M2: metal plomo; M4: metal hierro; D1: dosis de 1g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D2: dosis de 1.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D3: dosis de 2g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D4: dosis de 2.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*.

Tabla 17

Análisis y codificación descriptiva de los resultados obtenidos en el componente metales pesados mes de julio

COMPONENTE DE ANALISIS	DO SIS	p H	CONCENTRACIÓN INICIAL (mg/l)	CONCENTRACIÓN (mg/l)	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)
M1	D1	3	3.397	2.8711012	15.481
M1	D1	4	3.397	2.189456926	35.547
M1	D1	5	3.397	1.22486043	63.943
M1	D1	6	3.397	0.206737596	93.914
M1	D2	3	3.397	2.78531881	18.007
M1	D2	4	3.397	1.89107155	44.331
M1	D2	5	3.397	0.833549643	75.462
M1	D2	6	3.397	0.12605577	96.289
M1	D3	3	3.397	2.68684381	20.905
M1	D3	4	3.397	1.84441163	45.705
M1	D3	5	3.397	0.706043768	79.216
M1	D3	6	3.397	0.098	97.115
M1	D4	3	3.397	2.011143164	40.796
M1	D4	4	3.397	1.652240593	51.362
M1	D4	5	3.397	0.741113462	78.183
M1	D4	6	3.397	0.11105577	96.731
M2	D1	3	0.153	0.00727181	95.247
M2	D1	4	0.153	0.101111306	33.914
M2	D1	5	0.153	0.098567788	35.577
M2	D1	6	0.153	0.00827181	94.594
M2	D2	3	0.153	0.013439603	91.216
M2	D2	4	0.153	0.063382394	58.574
M2	D2	5	0.153	0.09844347	35.658
M2	D2	6	0.153	0.013439603	91.216
M2	D3	3	0.153	0.014410461	90.581
M2	D3	4	0.153	0.090087237	41.119
M2	D3	5	0.153	0.0922483	39.707
M2	D3	6	0.153	0.01510461	90.128
M2	D4	3	0.153	0.015491249	89.875
M2	D4	4	0.153	0.10002767	34.622
M2	D4	5	0.153	0.0922483	39.707
M2	D4	6	0.153	0.018491249	87.914
M3	D1	3	1.679	1.31265604	21.819
M3	D1	4	1.679	0.492622386	70.660
M3	D1	5	1.679	0.30148077	82.044

COMPONENTE DE ANALISIS	DO SIS	p H	CONCENTRACIÓ N INICIAL (mg/l)	CONCENTR ACIÓN (mg/l)	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)
M3	D1	6	1.679	0.135347607	91.939
M3	D2	3	1.679	1.31013509	21.969
M3	D2	4	1.679	0.489854535	70.825
M3	D2	5	1.679	0.315587117	81.204
M3	D2	6	1.679	0.136347607	91.879
M3	D3	3	1.679	1.21394723	27.698
M3	D3	4	1.679	0.143841494	91.433
M3	D3	5	1.679	0.323075252	80.758
M3	D3	6	1.679	0.104749292	93.761
M3	D4	3	1.679	0.744546101	55.655
M3	D4	4	1.679	0.311691401	81.436
M3	D4	5	1.679	0.288822644	82.798
M3	D4	6	1.679	0.158582817	90.555
M4	D1	3	17.188	15.01363506	12.650
M4	D1	4	17.188	1.38584513	91.937
M4	D1	5	17.188	0.174611639	98.984
M4	D1	6	17.188	0.643627279	96.255
M4	D2	3	17.188	15.81278935	8.001
M4	D2	4	17.188	2.5874301	84.946
M4	D2	5	17.188	0.285685111	98.338
M4	D2	6	17.188	0.141132563	99.179
M4	D3	3	17.188	13.9982289	18.558
M4	D3	4	17.188	3.113096	81.888
M4	D3	5	17.188	0.78572386	95.429
M4	D3	6	17.188	0.154436051	99.101
M4	D4	3	17.188	11.23425661	34.639
M4	D4	4	17.188	4.99854544	70.918
M4	D4	5	17.188	3.8554826	77.569
M4	D4	6	17.188	1.139637094	93.370

Nota. M1: metal cobre; M2: metal cadmio; M2: metal plomo; M4: metal hierro; D1: dosis de 1g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D2: dosis de 1.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D3: dosis de 2g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D4: dosis de 2.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*.

4.3. Análisis Estadístico Inferencial

Luego de haber ordenado y agrupado y codificado los resultados obtenidos se procederá a analizar los resultados desde el punto de vista de la estadística inferencial que permitirá poder contrastar las hipótesis de manera correcta, para ello se usará el método denominado Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), que permitirá asociar las hipótesis a los resultados por medio de la varianza de los mismos.

Para ello se analizará los resultados de la investigación de la siguiente manera:

4.3.1. Normalidad de los errores de los resultados

Para ello se ajusta los resultados en función a su error estadístico para determinar si los datos se distribuyen de forma normal o esto se hará utilizando el estadístico de Anderson Darling (AD) se agrupará de la siguiente manera

Primero para la turbidez en datos promedios entre el mes de marzo y julio:

Se plantean los supuestos:

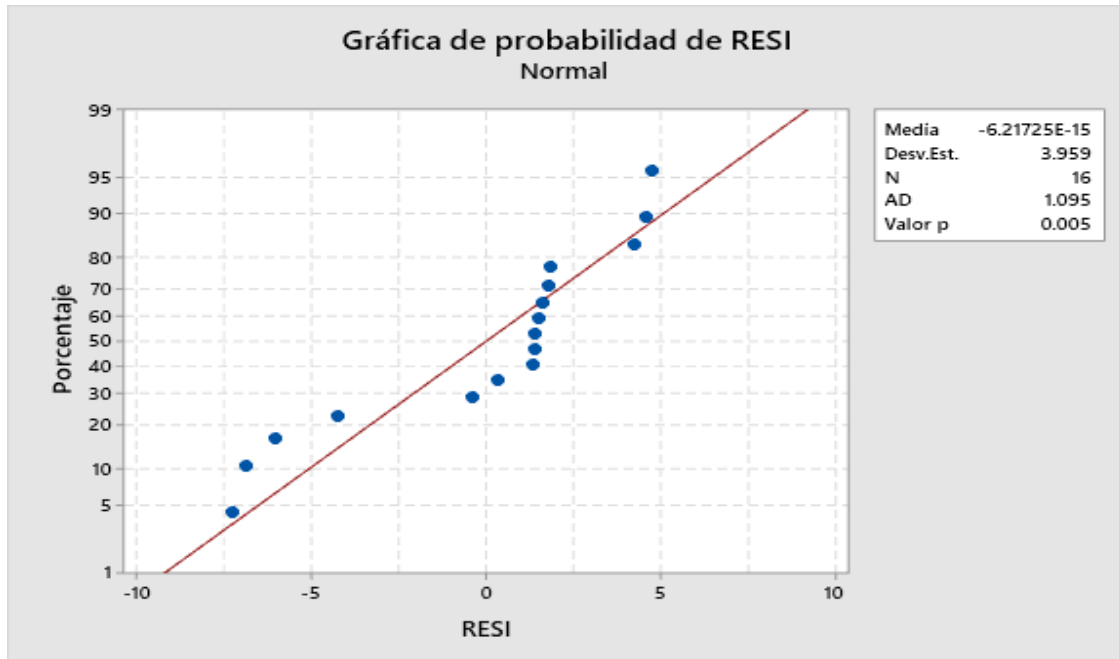
H₀: Los errores de los resultados presentan una distribución normal

H_a: Los errores de los resultados no presentan una distribución normal.

De lo cual se procede a aplica las pruebas estadísticas obteniendo

Figura 40

Resultados de prueba de normalidad de los resultados agrupados y codificados de la turbidez promedio meses marzo y julio

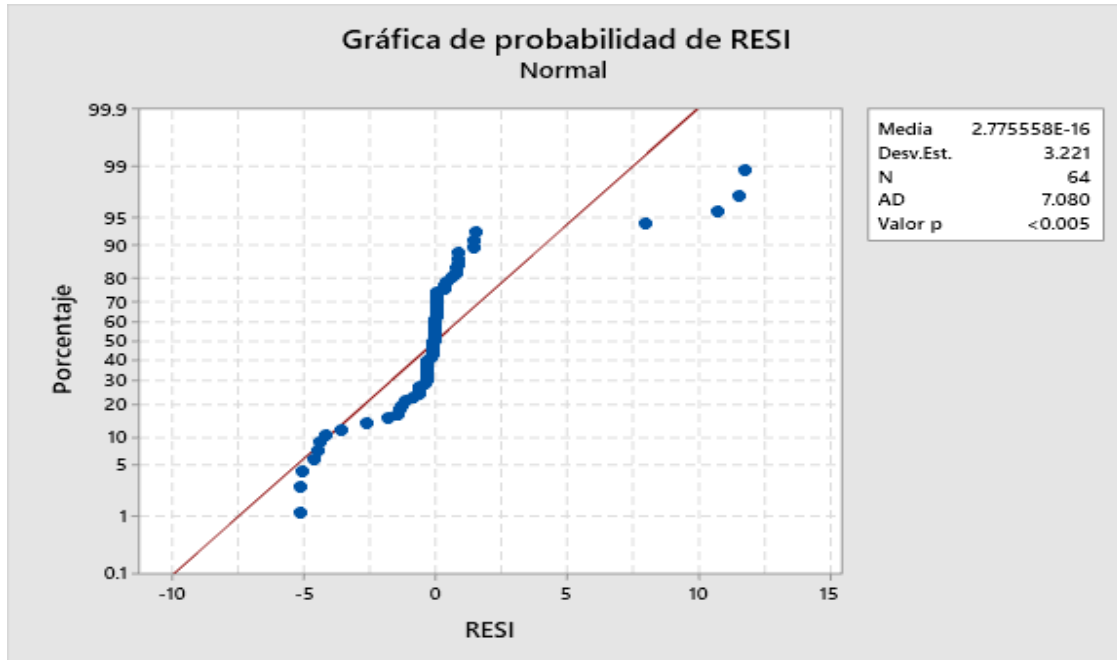


Nota. Se aprecia que el estadístico Anderson Darling $AD = 1.095$ y el valor $p = 0.005$ este valor es menor al valor p de la investigación por lo tanto por este resultado se niega la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alterna (H_a) planteada por lo cual se concluye con un 5% se cumple que los errores de los resultados no presentan una distribución normal.

Seguidamente se analizó las respectivas de normalidad para la agrupación de datos de análisis de muestras de metales pesados en el mes de marzo y abril respectivamente de lo cual se obtiene:

Figura**41**

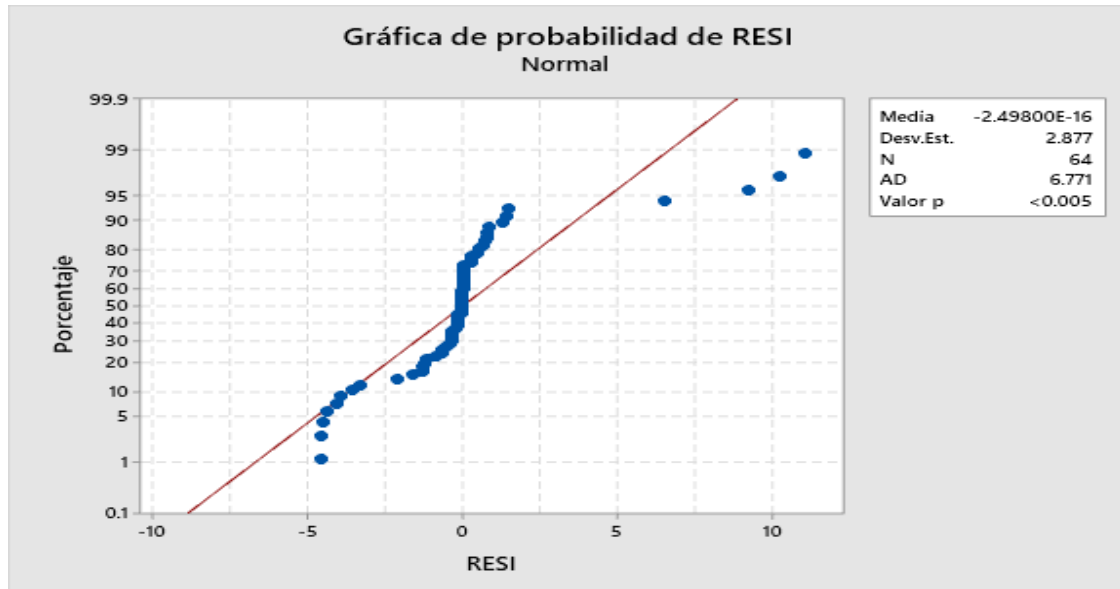
Resultados de prueba de normalidad de los resultados agrupados y codificados de metales pesados analizados mes de marzo



Nota. Se aprecia que el estadístico Anderson Darling $AD = 7.095$ y el valor $p = <0.005$ este valor es menor al valor p de la investigación por lo tanto por este resultado se niega la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alterna (H_a) planteada por lo cual se concluye con un 5% se cumple que los errores de los resultados no presentan una distribución normal.

Figura 42

Resultados de prueba de normalidad de los resultados agrupados y codificados de metales pesados analizados mes de julio.



Nota. Se aprecia que el estadístico Anderson Darling $AD = 6.771$ y el valor $p = <0.005$ este valor es menor al valor p de la investigación por lo tanto por este resultado se niega la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alterna (H_a) planteada por lo cual se concluye con un 5% se cumple que los errores de los resultados no presentan una distribución normal.

De lo que se puede concluir que:

Tabla 18

Análisis de Normalidad para las variables analizadas en la investigación

Datos analizados	Resultado de la prueba de normalidad Anderson Darling (AD)
Resultados de turbidez removida promedio de los meses de marzo y julio	No presenta distribución norma (AD = 1.095 y p valor = 0.005)
Resultados de metales pesados removidos del mes de marzo	No presenta distribución norma (AD = 7.080 y p valor = < 0.005)
Resultados de metales pesados removidos del mes de julio	No presenta distribución norma (AD = 6.771 y p valor = <0.005)

Nota. Prueba realizada a resultados obtenidos de la aplicación del tratamiento con *Aloe vera* y filtro de rama de *Pinus* en aguas residuales.

Se procedió a analizar el promedio del tratamiento aplicado en el parámetro turbidez debido al comportamiento homogéneo de la misma a diferencia de los metales pesados que no presentan homogeneidad en los datos por eso es necesario aplicar el análisis por separado en el mes de marzo y julio respectivamente:

A. Homogeneidad de Varianzas. Para ello comprobaremos si las varianzas de los resultados obtenidos son iguales o presenta por lo menos en un grupo diferencias significativas para ello analizaremos las varianzas desde datos que no presenta distribución normal es acá donde se aplica la prueba estadística de Levene para lo cual se planteó las siguientes hipótesis:

H₀: La variable en análisis presenta homogeneidad de varianzas

H_a: En la variable en análisis por lo menos una variable es diferente

De lo cual se procede a aplica las pruebas estadísticas obteniendo.

Tabla 19

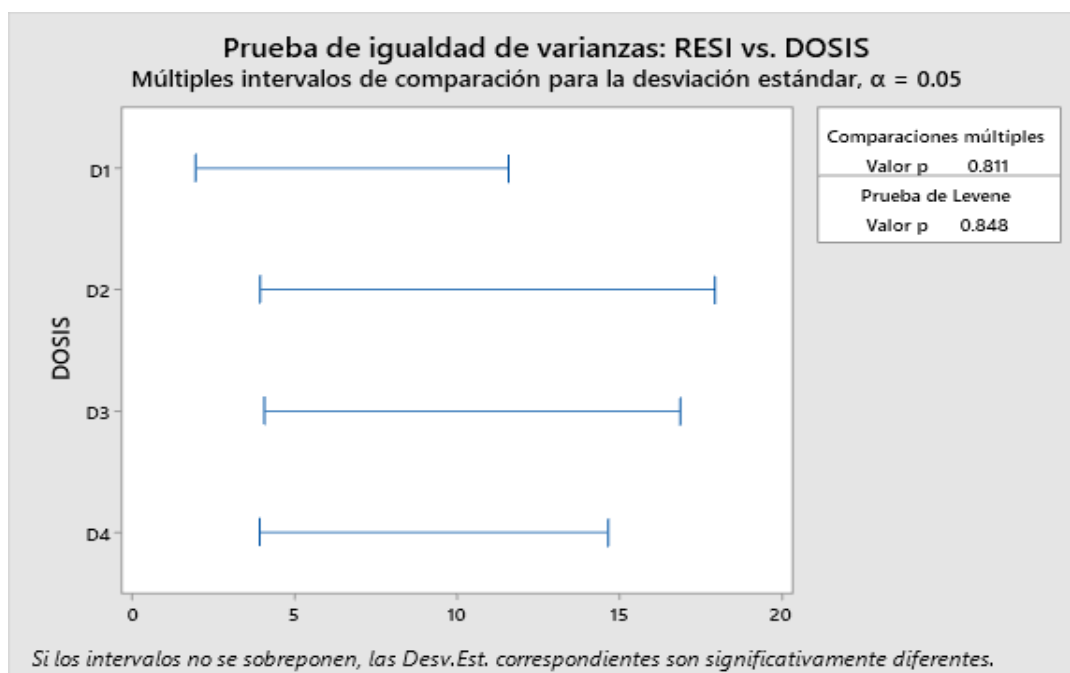
Resultado de la prueba de Levene aplicado a los resultados para analizar la homogeneidad de varianzas respecto a la variable turbidez

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.811
Levene	0.27	0.848

Se observa que el estadístico de Levene que es adecuado para probar si existe o no homogeneidad de varianzas arroja un resultado 0.27 y un p valor de 0.848, por lo que se acepta con un nivel de significancia del 5% que los resultados agrupados y codificados presentan homogeneidad de varianzas aun no presentando una distribución normal en su agrupación, respecto a la variable turbidez promedio de los meses marzo y julio aplicando el tratamiento a aguas residuales con floculante en base *Aloe Vera* con filtro de rama de *Pinus*.

Figura 43

Grafica de la distribución de las varianzas de la variable turbidez promedio



Nota. Prueba realizada a resultados obtenidos de turbidez en base a la aplicación del tratamiento con *Aloe vera* y filtro de rama de *Pinus* en aguas residuales.

Tabla 20

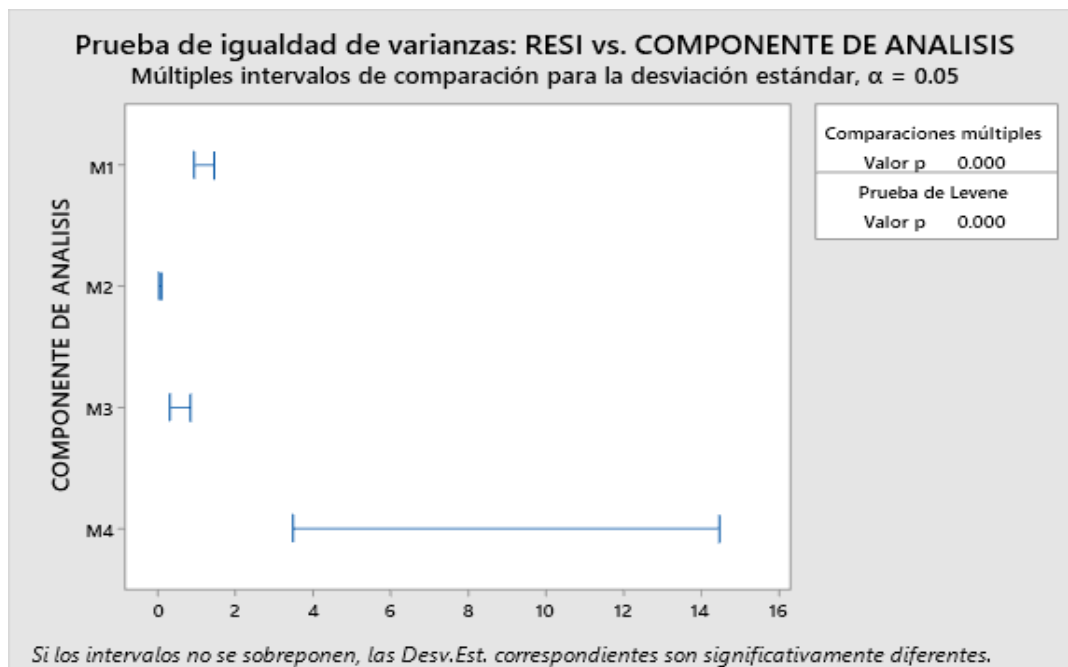
Resultado de la prueba de Levene aplicado a los resultados para analizar la homogeneidad de varianzas respecto a la variable metales pesados mes de marzo

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.000
Levene	9.39	0.000

Se observa que el estadístico de Levene que es adecuado para probar si existe o no homogeneidad de varianzas arroja un resultado 9.39 y un p valor de 0.00, por lo que se acepta con un nivel de significancia del 5% que los resultados agrupados y codificados no presentan homogeneidad de varianzas, es decir por lo menos una varianza es diferente aun no presentando una distribución normal en su agrupación. respecto a la variable metales pesados analizados en el mes de marzo el tratamiento a aguas residuales con floculante en base *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*, esto se debe a la movilidad de los metales específicos analizados.

Figura 44

Grafica de la distribución de las varianzas de la variable metales pesados analizados en el mes de marzo.



Nota. Prueba realizada a resultados obtenidos de metales pesados tratado en el mes de marzo en base a la aplicación del tratamiento con *Aloe vera* y filtro de rama de *Pinus* en aguas residuales.

Tabla 21

Resultado de la prueba de Levene aplicado a los resultados para analizar la homogeneidad de varianzas respecto a la variable metales pesados mes de julio

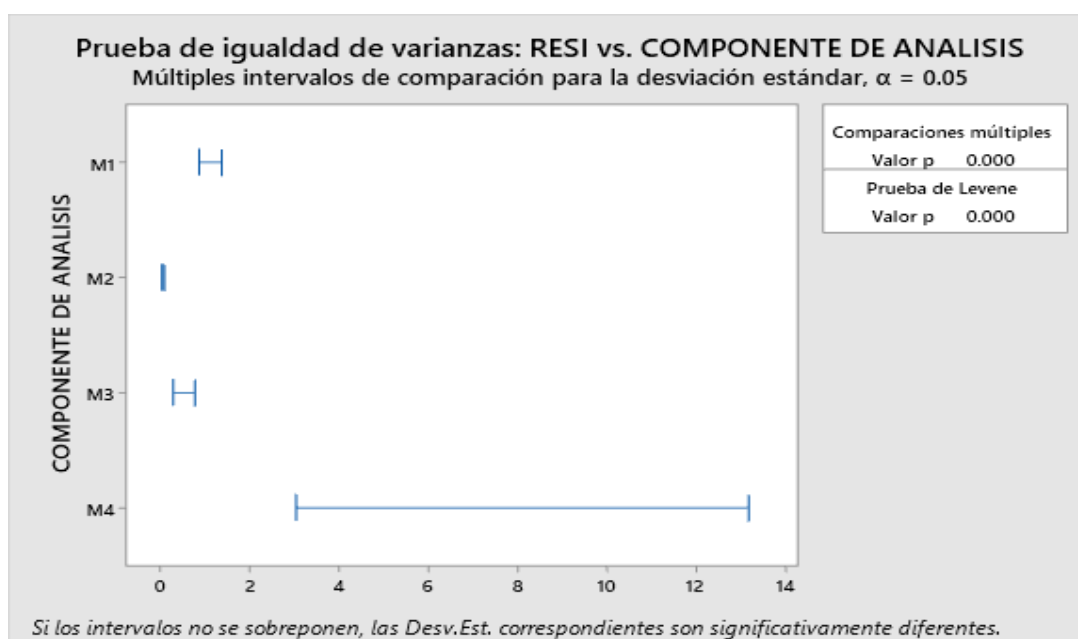
Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.000
Levene	9.67	0.000

Se observa que el estadístico de Levene que es adecuado para probar si existe o no homogeneidad de varianzas arroja un resultado 9.67 y un p valor de 0.00, por lo que se acepta

con un nivel de significancia del 5% que los resultados agrupados y codificados no presentan homogeneidad de varianzas, es decir por lo menos una varianza es diferente aun no presentando una distribución normal en su agrupación. respecto a la variable metales pesados analizados en el mes de julio el tratamiento a aguas residuales con floculante en base *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*, esto se debe a la movilidad de los metales específicos analizados.

Figura 45

Gráfica de la distribución de las varianzas de la variable metales pesados analizados en el mes de julio



Nota. Prueba realizada a resultados obtenidos de metales pesados tratado en el mes de julio en base a la aplicación del tratamiento con *Aloe vera* y filtro de rama de *Pinus* en aguas residuales.

Analizando la aplicación de la prueba se tiene el siguiente resumen:

Tabla 22

Resumen de resultados de análisis de la prueba de Levene para variables con distribución asimétrica

Aplicación de la prueba Levene para comprobar la homogeneidad de las variables en contexto	Resultado de la prueba
Turbidez promedio de los meses de marzo y julio	Presenta homogeneidad de varianzas (Levene = 0.27, p valor = 0.848)
Metales pesados analizados en el mes de marzo	Al menos una varianza es diferente (Levene = 9.39, p valor = 0.000)
Metales pesados analizados en el mes de julio	Al menos una varianza es diferente (Levene = 9.67, p valor = 0.000)

Para analizar la verosimilitud de la hipótesis general planteada se tiene que comprobar la homogeneidad de los datos según el análisis de la homogeneidad de variables cumple en el caso de la turbidez, pero la base de los datos de los metales pesados no presenta homogeneidad de varianzas, pero son pequeñas distribuciones que se pueden manejar para comprobar el análisis de la distribución por varianzas por lo que se procederá a analizar la verosimilitud por varianzas de la hipótesis general.

A. Prueba de verosimilitud de Kruskal-Wallis. Para realizar esta prueba se tiene como base que los datos analizados presenta una distribución asimétrica (no presentan una distribución normal) y presentan una homogeneidad de las varianzas o en agrupaciones pequeñas una ligera variación en la homogeneidad de sus varianzas, teniendo en cuenta estas premisas se procede a aplicar la prueba:

Para el caso de la turbidez:

Se tiene los supuestos:

H0: El *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro no son eficientes en la remoción de turbidez de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay.

Ha: El *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro son eficientes en la remoción de turbidez de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay

Comprobando si se cumple esta hipótesis se tiene según la prueba de Kruskal-Wallis:

Tabla 23

Prueba de verosimilitud de hipótesis para el componente turbidez

GL	Valor H	Valor p
3	0.26	0.967

Según los resultados el indicador H es de 0.26 y el valor p es de $0.967 > 0.05$ que es el p valor tolerable de la investigación por lo tanto se niega la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna por lo cual se puede afirmar con un 5% de significancia que se cumple que el *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro son eficientes en la remoción de turbidez de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay

Para el caso de metales pesados en el mes de marzo

Se tiene los supuestos:

H0: El *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro no son eficientes en la remoción de plomo, cadmio, hierro, cobre de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay. (mes de marzo)

Ha: El *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro son eficientes en la remoción de plomo, cadmio, hierro, cobre de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay. (mes de marzo)

Comprobando si se cumple esta hipótesis se tiene según la prueba de Kruskal-Wallis:

Tabla 24

Prueba de verosimilitud de hipótesis para el componente metales pesados analizados en el mes de marzo

GL	Valor H	Valor p
3	2.36	0.067

Según los resultados el indicador H es de 2.36 y el valor p es de $0.067 > 0.05$ que es el p valor tolerable de la investigación por lo tanto se niega la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna por lo cual se puede afirmar con un 5% de significancia que se cumple que el *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro son eficientes en la remoción de plomo, cadmio, hierro, cobre de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay. (mes de marzo)

Para el caso de metales pesados en el mes de julio. Se tiene los supuestos:

H0: El *Aloe verá* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro no son eficientes en la remoción de plomo, cadmio, hierro, cobre de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay. (mes de julio)

Ha: El *Aloe verá* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro son eficientes en la remoción de plomo, cadmio, hierro, cobre de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay. (mes de julio).

Comprobando si se cumple esta hipótesis se tiene según la prueba de Kruskal-Wallis:

Tabla 25

Prueba de verosimilitud de hipótesis para el componente metales pesados analizados en el mes de julio

GL	Valor H	Valor p
3	2.56	0.072

Según los resultados el indicador H es de 2.56 y el valor p es de $0.072 > 0.05$ que es el p valor tolerable de la investigación por lo tanto se niega la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna por lo cual se puede afirmar con un 5% de significancia que se cumple que el *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro son eficientes en la remoción de plomo, cadmio, hierro, cobre de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay. (mes de julio) de la hipótesis general.

B. Prueba de Comparación de Tukey. Para poder establecer cuál de los componentes fueron los más eliminados en el tratamiento aplicando *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro

Se tienen los supuestos:

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

El análisis se aplica a:

Para el componente turbidez:

Tabla 26

Prueba de comparación de Tukey para componente turbidez promedio de marzo y julio

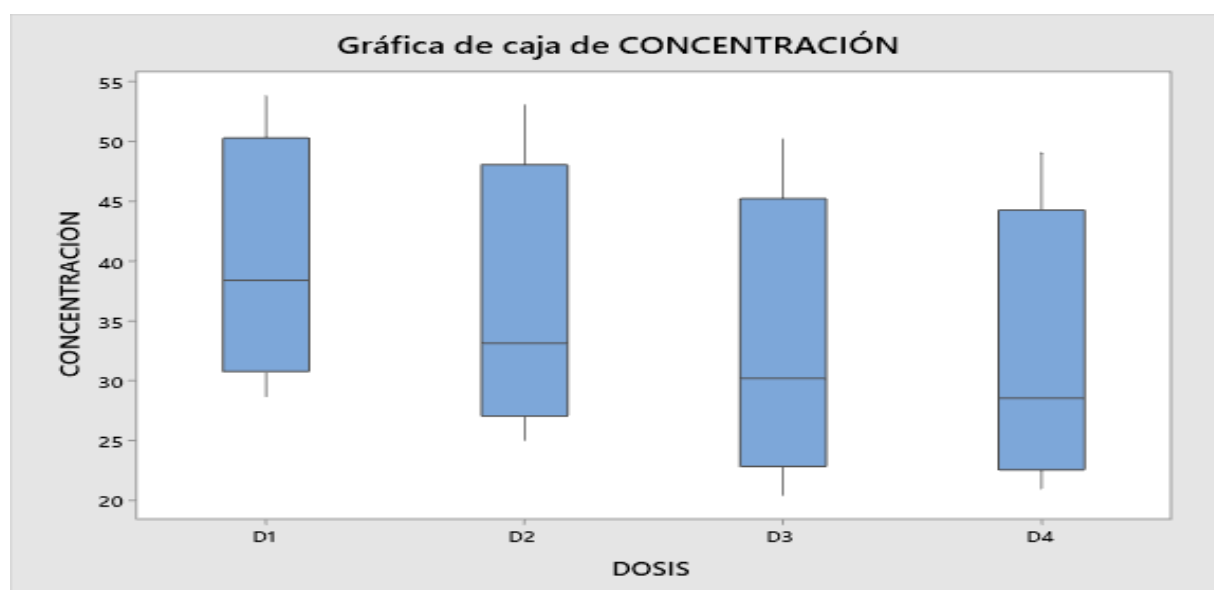
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
DOSIS	N	Media	Agrupación
D1	4	39.8413	A
D2	4	36.1050	A
D3	4	32.7750	A
D4	4	31.8038	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Nota. Se observa que la tendencia es igual no mostrando cambios significativos en las concentraciones medias de turbidez, pero siendo la D3 y D4 la que presenta mayor disminución de turbidez con *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro. Donde D1: dosis de 1g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D2: dosis de 1.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D3: dosis de 2g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D4: dosis de 2.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*.

Figura 46

Distribución comparada de las dosis aplicadas para eliminar turbidez aplicando Aloe Verá como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay



Nota. Según se muestra en la figura la dosis más efectiva en el tratamiento con *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay en el componente turbidez son las D3 y D4 las cuales alcanzaron medianas de remoción que están entre 25 y 30 mg/l de concentración comparadas con las medias de las otras dosis. Donde D1: dosis de 1g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D2: dosis de 1.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D3: dosis de 2g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D4: dosis de 2.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*.

Para el componente metales pesados (mes de marzo):

Tabla 27

Prueba de comparación de Tukey para componente metales pesados analizados en el mes de marzo

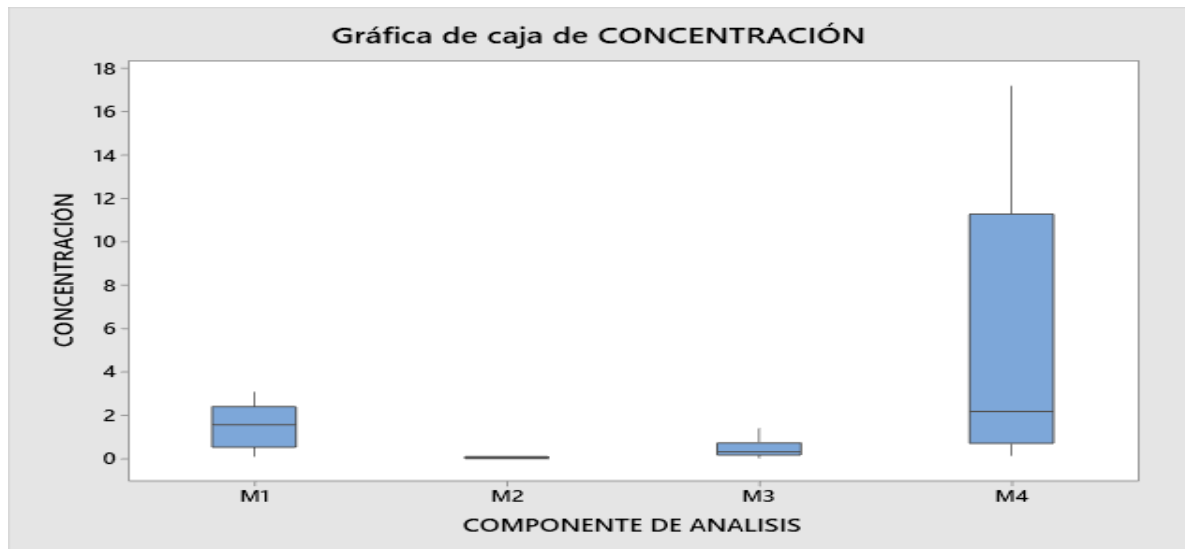
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
COMPONENTE DE ANALISIS	N	Media	Agrupación
M4	16	5.29896	A
M1	16	1.54902	B
M3	16	0.47634	B
M2	16	0.05695	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Nota: Según lo mostrado se observa que la tendencia de tener menores concentraciones es en los componentes M3 y M2 por lo que resulta efectivo la remoción de los metales pesados respectivos siendo significativa su remoción en el mes de marzo según las pruebas realizadas en efluentes mineros artesanales con *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro. Donde: M1: metal cobre; M2: metal cadmio; M2: metal plomo; M4: metal hierro

Figura 47

Distribución comparada de las dosis aplicadas para eliminar metales pesados (mes de marzo) aplicando Aloe Verá como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay



Nota: Según la figura la remoción más efectiva en el mes de marzo del tratamiento con *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay se encuentran en el componente M2 y M3 presentando concentraciones mínimas debido al metal en mención ya que son más móvil que los otros metales en análisis. Donde: M1: metal cobre; M2: metal cadmio; M2: metal plomo; M4: metal hierro.

Para el componente metales pesados (mes de julio):

Tabla 28

Prueba de comparación de Tukey para componente metales pesados analizados en el mes de julio

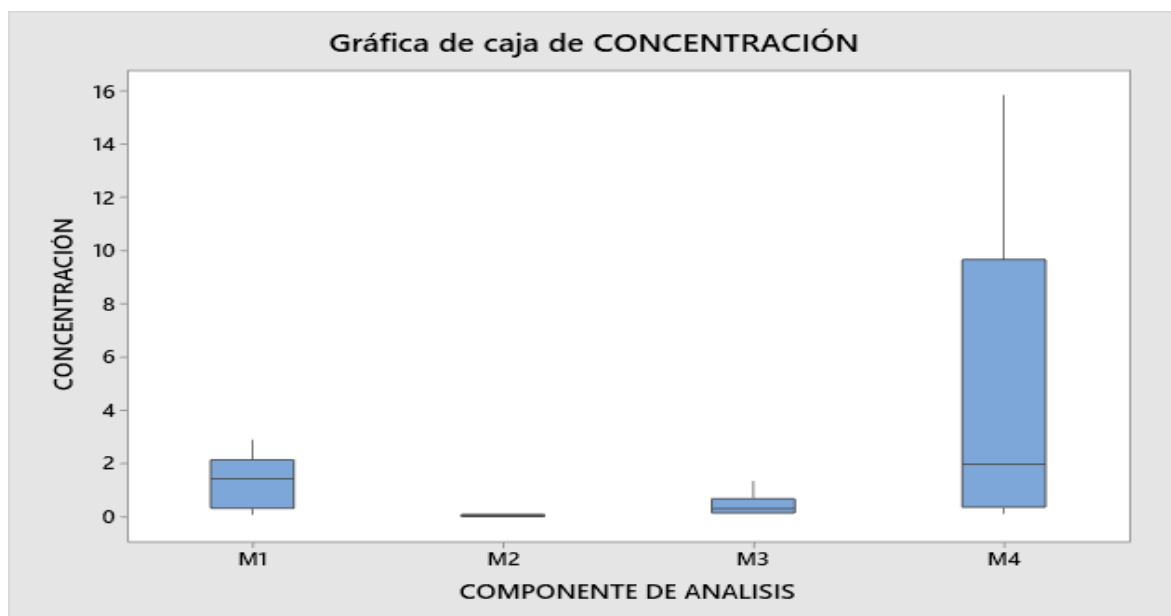
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
COMPONENTE DE ANALISIS	N	Media	Agrupación
M4	16	4.70776	A
M1	16	1.37369	B
M3	16	0.48646	B
M2	16	0.05263	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Nota: Se observa que la tendencia de tener menores concentraciones es en los componentes M3 y M2 por lo que resulta efectivo la remoción de los metales pesados respectivos siendo significativa su remoción en el mes de julio según las pruebas realizadas en efluentes mineros artesanales con *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro. Donde: M1: metal cobre; M2: metal cadmio; M2: metal plomo; M4: metal hierro.

Figura 48

Distribución comparada de las dosis aplicadas para eliminar metales pesados (mes de julio) aplicando Aloe vera como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay



Nota. Según se muestra en la figura la remoción más efectiva en el mes de julio del tratamiento con *Aloe vera* como floculante natural y las ramas del *Pinus* como filtro en efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay se encuentran en el componente M2 y M3 presentando concentraciones mínimas debido al metal en mención ya que son más móvil que los otros metales en análisis. Donde: M1: metal cobre; M2: metal cadmio; M2: metal plomo; M4: metal hierro.

Comprobando los supuestos estadísticos se tiene:

Tabla 29

Análisis de los resultados estadísticos tabulados del componente turbidez promedio de los meses de marzo y julio al momento de tratar efluentes mineros artesanales con Aloe verá como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en el centro poblado Huatocay

Componente	Dosis	pH	Concentración	Concentración	Eficiencia de
			inicial	Final	Remoción
			NTU	NTU	%
M1	D3	6	641.575	16.6	97.41

Nota. M1: turbidez y D3: dosis de 1.5 g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*. Donde se expuso que la dosis de 1.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus* es la dosis optima en un volumen de 1 litro de filtro de rama de *Pinus* obteniendo un 96.8% de eficiencia de remoción reforzando el resultado estadístico obtenido y siendo significativo estadísticamente el tratamiento en el componente turbidez.

Tabla 30

Análisis de los resultados estadísticos tabulados del componente metales en los meses de marzo y julio al momento de tratar efluentes mineros artesanales con Aloe vera como floculante natural y las ramas del Pinus como filtro en el centro poblado

Componente	Dosis	pH	Concentración		Mes	Concentración Final mg/L	Eficiencia de Remoción %
			inicial mg/L				
M1	D3	6	3.459		marzo	0.112426767	96.66%
M2	D1	3	0.245		marzo	0.00927181	96.22%
M3	D2	3	1.895		marzo	0.042560913	97.75%
M4	D3	6	17.932		marzo	0.161436051	99.10%
M1	D3	6	3.397		julio	0.098000000	97.12%
M2	D1	3	0.153		julio	0.00727181	95.25%
M3	D3	6	1.679		julio	0.104749292	93.76%
M4	D2	6	17.188		julio	0.141132563	99.18%

Nota. M1: metal cobre; M2: metal cadmio; M2: metal plomo; M4: metal hierro y D1: dosis de 1g de floculante de *Aloe verá* con filtro de rama de *Pinus*; D2: dosis de 1.5g de floculante de *Aloe vera* con filtro de rama de *Pinus*; D3: dosis de 2g de floculante de *Aloe verá* con filtro de rama de *Pinus*; D4: dosis de 2.5g de floculante de *Aloe verá* con filtro de rama de *Pinus*

Lo que demuestra que el tratamiento de efluentes mineros artesanales tratados con floculante a base de *Aloe verá* con filtro de rama de *Pinus* remueve más del 90% en los dos periodos aplicados del tratamiento fortaleciendo el análisis estadístico.

4.4. Contrastación de hipótesis

Tabla 31

Contrastación de las hipótesis de investigación

HIPOTESIS GENERAL	ARGUMENTACION	CONTRASTACION
El <i>Áloe Vera</i> como floculante natural y las ramas de <i>Pinus</i> como filtro son eficientes en el tratamiento de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay	Según los resultados corroborados en el análisis estadístico de los componentes a remover como son turbidez metales pesados en especiación de Cobre, Cadmio, hierro y Plomo presentan eficiencias mayores a 90% siendo eficiente a nivel laboratorio	Verdadera
Las concentraciones de Plomo, Cadmio, Hierro, Cobre y turbidez se encuentran en niveles elevados en los efluentes mineros artesanales con el tratamiento con <i>Vera</i> como floculante natural y las ramas de <i>Pinus</i> como filtro natural en el centro poblado Huatocay-Carabayllo	Según los resultados mostrados todos los parámetros superan el LMP respectivo porque es de urgencia aplicar un tratamiento para aprovechamiento	Verdadera

El tratamiento de efluentes mineros artesanales presenta dosis óptimas para el <i>Áloe vera</i> como floculante natural y un volumen óptimo de <i>Pinus</i> como filtro en el centro poblado Huatocay-Carabayllo	Según los análisis estadísticos realizados tanto en dosis como en volumen de referencia se encuentra la dosis optima de 1.5g de <i>Aloe verá</i> con filtro de pino como base y un volumen óptimo de 1 litro como base de prueba de rama de <i>Pinus</i> como filtro	Verdadera
El <i>Áloe vera</i> como floculante natural y el volumen de rama de <i>Pinus</i> como filtro son eficientes en el tratamiento de efluentes mineros artesanales en el centro poblado Huatocay-Carabayllo	Según los análisis realizados se observa eficiencia de más de 90% a nivel laboratorio	Verdadera

V. DISCUSION DE RESULTADOS

En su estudio Yilmaz (2022) da a conocer el uso del extracto de hoja de *Aloe vera* como biocoagulante para tratar efluentes industriales mediante la coagulación - floculación, lo cual aplico la misma metodología experimental, el test de jarras, con contaminante artificial, el elemento químico Coomassie brilliant blue G-250 (CBB), lo cual los resultados presentaron un valor óptimo, de pH 6 con dosis optima de 3 ml/L con una mezcla rápida 160 RPM durante 5 min y la lenta en a 35 RPM durante 30 min presentando remoción de CBB de 79.88%, 81.5% y 81.47%, mientras nuestro estudio presenta una remoción de cobre, hierro, cadmio y plomo 96,85%; 99,09%; 93,11% 93,84% respectivamente con resultados similares en el pH optimo y en el tiempo de RPM en la mezcla lenta de 30 min, a diferencia de la dosis optima que se trabajó con 1.5gr. /l, Cabe señalar que la mezcla rápida fue de 80 RPM durante 3 minutos y la mezcla lenta fue de 30 RPM para la mezcla. Por tanto, ambos estudios muestran un efecto significativo en la remoción de los contaminantes a tratar.

Olivera (2022) en su estudio determino el *Aloe vera* como coagulante natural para la remoción de parámetros críticos de turbidez y solidos en el tratamiento terciario en la PTAR-JAUJA, donde aplico la misma metodología de la prueba de jarras que la presente investigación con un 97.4% de remoción de turbidez, mientras que el autor obtuvo 48.70% de remoción de turbidez con 20 ml de dosis optima del coagulante natural con una velocidad de agitación rápida de 100 RPM por 60 segundos y velocidad de agitación lenta 40 RPM por 30 minutos, por ende a comparación con nuestro estudio el tiempo de mezcla, es lenta con características similares de tratamiento con 80RPM en 3 min y 30 RPM en 20 min por lo cual ambos estudios presentan un efecto positivo el *Aloe vera* como floculante natural.

Lazarinos y Ramos (2022) en su tesis titulada “Filtro de Xilema de Pino (*Pinus radiata*) para Reducción de Carga Bacteriana en Aguas Superficiales, Distrito la Peca, Departamento de Amazonas, 2022 analizaron el filtro xilema de pino (*Pinus Radiata*) para permitir la

reducción de carga bacteriana, el método que desarrollaron consistió en seleccionar las ramas de Pinus que mejor se adaptaban al diámetro de las mangueras para que tuvieran en una sujeción más hermética. Remojo en alcohol por 24 horas 2 ramitas de 0.25” y dos ramitas de 1” en comparación del presente estudio se tomó un 1 kg. de rama de Pinus con una cantidad aproximada (120 unidades de tronquitos con medidas de 1 cm diámetro y 1 cm de largo) donde se quitó las hojas y corteza, donde luego se lavó con alcohol durante 24 horas, por lo tanto, estos autores demostraron que los filtros de xilema de Pinus reducen la carga bacteriana de E. coli, C. totalis y C. termotolerante debido al pequeño tamaño de sus traqueidas de 100 a 500 nm, que es menor que el tamaño de E. coli, C. Total y C. Termotolerante. A diferencia de nuestro estudio que se enfocó en reducir la turbidez lo cual el filtro redujo en 1.78 NTU logrando solo 97.4% de eficiencia de remoción de turbidez.

En su estudio, Reena et al. (2017) propone el uso del Aloe vera como un compuesto adsorbente para disminuir los niveles de plomo a través de la adsorción en aguas residuales en diversas condiciones de pH, llegando a la conclusión que el adsorbente (polvo de hoja de MAV) se puede utilizar de manera eficiente para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con Pb(II) donde se utilizó para tratar aguas contaminadas con Pb(II) pH 4,5 con una tasa de adsorción del 96,2% una dosis de 0,3 g/50 mL durante 25 minutos a 35° C, así también se observó que la capacidad de absorción del adsorbente aumentó con la disminución de pH. En la presente investigación, al igual que el estudio de Reena et al. (2017), tiene un efecto positivo en el uso del Aloe vera para remoción del plomo, sin embargo, en nuestro trabajo se realizó la remoción de tres metales adicionales, los cuales fueron en total, el cadmio, plomo, hierro y cobre, siendo el Hierro quien alcanzó la mayor remoción y eficiencia con el 99,09 % con la dosis 1.5 g/L a pH 6 en 30 minutos diferenciándose de Reena et al. (2017) quien removió con el floculante natural la concentración de plomo con dosis 0.3 g/50 mL en 30 min y pH 4.5, alcanzando una eficiencia de 93.84%.

Singh et al. (2017) en su investigación utilizó el Aloe Vera como adsorbente para la eliminación de cobre en la solución acuosa de sulfato de cobre, el autor muestra en sus resultados una dosis óptima de 1.5 g de Aloe vera como adsorbente con un pH 5 presentando un porcentaje de eliminación de iones de cobre de 75.3% mientras en nuestra investigación se evidenció una disimilitud notable en la remoción de cobre que fue de 96,85%, con características similares en la dosis óptima de 1.5 g y en el pH óptimo de 6, por ende ambas investigaciones llegaron a obtener un efecto notable en la remoción de concentraciones de cobre.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Con respecto al primer objetivo específico, se concluye que de acuerdo a la caracterización del efluente minero artesanal del centro poblado Huatocay – Carabayllo las concentraciones de Plomo, Cadmio, Hierro y Cobre alcanzaron niveles de 1.787 mg/L, 0.199 mg/L, 17.56 mg/L y 3.428 mg/L respectivamente, excediendo en todos los casos los Límites Máximos Permisibles, asimismo el pH alcanzó un valor de 2.42 encontrándose por debajo de lo que indica la norma, y la turbidez registró un valor de 641.575 NTU.

6.2. Con relación al segundo objetivo, se obtuvo en el Tratamiento I con una dosis óptima de 1.5 g de *Aloe vera* a pH 6 presento valores mínimo de concentración de plomo, hierro, cobre y cadmio de 0.09 mg/L, 0.15 mg/L, 0.17 mg/L y 0.01 mg/L respectivamente; con el tratamiento II con RPM óptimas, de 80 RPM en 3 minutos y 30 RPM en 20 min se obtuvieron valores similares de 0.11 mg/L, 0.16 mg/L, 0.11 mg/L y 0.01 mg/L respectivamente, asimismo se evaluó la cantidad óptima de rama de *Pinus* donde se trabajó con una cantidad de 1Kg (120 unidades de tronquitos con medidas de 1 cm diámetro y 1 cm de largo) donde se quitó las hojas y corteza, por lo cual la turbidez arrojó un valor significativo de 16.6 NTU, por esta razón, estas dos especies naturales trabajando en conjunto, disminuyeron notablemente concentración de cobre, hierro, plomo, cadmio y turbidez.

6.3. Con relación al tercer objetivo se determinó las eficiencias de remoción de la concentración de metales de cobre, hierro, plomo y cadmio, con el tratamiento I se obtuvo 95,08% 99,13%; 94,99% y 92,74% respectivamente, y con el tratamiento II se logró un mejor proceso con porcentajes de remoción de 96.85%, 99.09%, 93,11% y 93,84%, sobresaliendo notablemente la reducción del hierro que llegó hasta un 99.09% asimismo la turbidez presento una eficiencia de 97.41%, siendo un valor significativo en la reducción de la turbidez.

6.4. Se logró plantear un diseño prueba de tratamiento de efluentes mineros artesanales, donde se basó los resultados en ensayos, siendo estos eficientes, por lo que consiste en reutilizar las aguas de efluentes producidos por la minería para verter de nuevo al efluente como lo dispone la norma, tratando 80 L de muestra extraída del efluente minero, con un tiempo de tratamiento 1 hora 38.5 min aproximadamente, es decir este diseño de prueba se puede aplicar en zonas con problemáticas similares de efluentes o aguas contaminadas por concentraciones de metales de hierro, cobre, cadmio y plomo.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Se sugiere cambiar la dosis de acuerdo al tipo de agua y al tipo de contaminante que está presente en el agua a tratar ya que cada agua presente características iniciales particulares por el tipo de efluente o industria.

7.2. Trabajar con volúmenes diferentes de ramas de *Pinus* u otros filtros similares naturales para poder ampliar conocimiento en este tipo de filtros naturales sustentables usado en la presente investigación.

7.3. Actualmente, se ha dado conocer más floculantes naturales para tratar aguas con características muy similares a la investigación que se ha realizado, por ende, el conocimiento expuesto se puede replicar a escalas más grandes.

VIII. REFERENCIAS

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR] (2007). *Resumen de Salud Pública Plomo*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.pdf
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR] (1999). *Resumen de Salud Pública Cadmio*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.pdf
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR] (2004). *Resumen de Salud Pública Cobre*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts132.pdf
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATDSR] (2004). *ToxFAQs™ sobre el cadmio*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.pdf
- Aguilar, E. (2010). *Utilización de las semillas de tara (caesalpinia spinoza) como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/495>
- Andia, Y. (2000). *Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. Tratamiento de agua: Coagulación Floculación*. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - Sedapal. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Mc Graw Hill. https://www.academia.edu/49010823/Teoria_y_Practica_de_la_Purificacion_del_H2O_Tomo_1_Arboleda_Valencia

- Bauer, J., Castro, J. y Chung, B. (2017). *Calidad del Agua*. Studocu.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-ricardo-palma/ciencias-sociales/4-wdwd/53408917>
- Bravo, M. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/3b06ce66-d2f8-4c9a-98a7-a44c907d7a57/content>
- Boutillier, M., Lee, J., Chambers, V., Venkatesh, V. y Karnik R. (2014). Water Filtration Using Plant Xylem. *PLoS ONE*. 9(2), pp. 1-8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089934>
- Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S. y Arce F. (2007). Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. *Food Chemistry*, 103(1), pp. 22-30.
<https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-b75bd14d-c385-3c78-bad0-3c3e1aedef3e>
- Córdova, E. (2018). Eficiencia del Aloe barbadensis miller en la reducción de Turbidez, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Totales en aguas residuales del matadero de aves “San Francisco- Comas 2018”.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18339/C%c3%b3rdova_FEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrascal, F. (2020). *Nuevas tecnologías para el cultivo del Aloe vera y su potencial agroindustrial en Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Institucional Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/entities/publication/dd68f642-0d5d-4c6b-93ff-5ca0908f232f>

- Castañe, P., Topalian, M., Cordero, R. y Salibian, A. (2003). Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. *Revista de Toxicología*, 20(1), pp. 13-18. <https://www.redalyc.org/pdf/919/91920103.pdf>
- Chinchu, K. y Anitha, K. (2018). Use of aloe vera juice for waste water treatment by coagulation and flocculation. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 5(3), pp. 27-33. <https://www.ijaist.com/wp-content/uploads/2018/05/USE-OF-ALOEVERA-JUICE-FOR-WASTE-WATER-TREATMENT-BY-COAGULATION-AND-FLOCCULATION.pdf>
- Choi, S. y Chung, M. (2003). A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic. *Seminars in Integrative Medicine*, 1(1), pp. 53-62. [https://doi.org/10.1016/S1543-1150\(03\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S1543-1150(03)00005-X)
- Córdova, E. (2018). *Eficiencia del Aloe barbadensis miller en la reducción de Turbidez, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Totales en aguas residuales del matadero de aves "San Francisco" - Comas 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/18339>
- Cruzado, W. (2021). *Evaluación del crecimiento e incremento de las plantaciones forestales de Pinus Radiata D. Don, en el centro poblado Cobro Negro - San Silvestre de Cochán*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4440/TESIS%20WILLAN%20CRUZADO%20BARBOZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, A. y Tafur, I. (2020). *Análisis de la eficiencia de mucílagos y almidones naturales como coagulantes - floculantes en el tratamiento de agua*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24870/D%20%C3%20ADaz%20%20Aliaga%20%2C%20%20Stuart%20%20-%20%20Tafur%20%20Izquierdo%20%2C%20%20Victoria%20%20Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Duithy, G. y Arya, C. (2018). Coagulation Performance Evaluation of Papaya Seed for Purification of River Water. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS)*, 7(1), pp. 50-66.
<https://www.ijltemas.in/DigitalLibrary/Vol.7Issue1/50-66.pdf>

Eshun, K. y He, Q. (2004). Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. *Critical Reviews Food Science and Nutrition*, 44(2), pp. 91-96.
<https://doi.org/10.1080/10408690490424694>

Feria, J., Rodiño, J., y Gutierrez, G. (2016). Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú river raw Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú river raw. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 78(1), pp. 119-128.
<https://www.redalyc.org/pdf/430/43044783015.pdf>

Fernandez, M. y Flores, D. (2019). *Remoción de metales pesados de efluentes minero-metalúrgico mediante filtro bioadsorbente con fibras lignocelulósicas en Santa Rosa Quives, Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional Universidad Peruana Unión.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/items/9dba6414-0dcf-446d-aa3e-d479a3196275>

Gaete, H., Aranguiz, F., Cienfuegos, G., y Tejos, M. (2007). *Metales pesados y toxicidad de aguas del rio Aconcagua en Chile*, 30(4), pp. 885-891.
https://www.researchgate.net/publication/238146365_Metales_pesados_y_toxicidad_de_aguas_del_Rio_Aconcagua_en_Chile

- Galindo, G. (2018). *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado Tipo B en la planta de tratamiento de agua potable Yurajhuanca – EMAPA Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/347/1/TESIS%20GIANCARLO%20GALINDO%20YANTAS1.pdf>
- García, B. (2007). *Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo*. [Tesis de posgrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional Universidad Politécnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12458/Tesis%20de%20Master_BEATRIZ%20GARCIA%20FAYOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Giordani, S., Gonzales, L., Morales, A., Quijano, J., & Tejada, A. (2008). Factibilidad de Uso de Polímeros para la Clasificación del Agua Potable en la Ciudad de Mérida. *Revista Científica Juvenil*, 7(1), pp. 97-108. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/creando/article/view/1655/1617>
- Jara, P y Gómez, J. (2017). Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud.(Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. *Arnaldo*, 24(2), pp. 583-598. <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a10v24n2.pdf>
- Kirchmer, C. (1983). *Criterios y Normas de Calidad de Agua*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Lazarinos, R. y Ramos, D. (2022). *Filtro de Xilema de Pino (Pinus radiata) para Reducción de Carga Bacteriana en Aguas Superficiales, Distrito la Peca Departamento de Amazonas, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6854/Moreno_PSC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moreno, S. y Silva, P. (2011). *Estudio del alóe vera como inhibidor de decapado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3300>

Munavalli, G. y Amruta, G. (2017). Use of Aloe Vera as Coagulant aid in Turbidity Removal. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), pp. 314-317. https://www.ripublication.com/irph/ijert_spl17/ijertv10n1spl_60.pdf

Municipalidad distrital de Carabayllo (s.f.). *Ficha Técnica*. <http://www.municarabayllo.gob.pe/>

Ni, Y., Turner, D., Yates, K. y Tizard, I. (2004) Isolation and characterization of structural components of Aloe vera L. leaf pulp. *Int Immunopharmacol*, 4(14), pp. 1745-1755. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2004.07.006>

Okamura, M., Asaia, M., Hine, N. y Yagi, A. (1996). High performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in Aloe. *Journal of Chromatography*, 746(2), pp. 225-231. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(96\)00342-1](https://doi.org/10.1016/0021-9673(96)00342-1)

Olivera, D. (2022). *Aplicación del coagulante natural alóe vera como tratamiento terciario en la PTAR - Jauja*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11493/1/IV_FIN_107_T_E_Olivera_Huaman_2022.pdf

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2006). *Guía para la calidad del agua potable*. (3a ed.). Ediciones OMS. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OMS%202006.%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20calidad%20dl%20agua%20potable.pdf

- Pawar, T. y Sagar, G. (2016). Jugo de Aloe Vera tratamiento de agua por coagulación proceso de floculación. *Revista Internacional de Tecnologías Emergentes de Investigación de Ingeniería (IJETER)*, 4(6), pp. 71-73. www.ijeter.everscience.org
- Peñaranda, N. (2016). *Análisis de Filtros Caseros como Técnica de Potabilización del Agua en el Sector Rural Colombiano*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/6228/27722899.pdf;jsessionid=D0226773C67F2DB052339637895C6D03.jvm1?sequence=1>
- Ramirez, G. (2013). *Estudio Técnico del Tratamiento de aguas acidas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Callao. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/402>
- Ramírez, H. y Jaramillo, J. (2015). Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11(2), pp. 136–153. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>
- Ramos, Y. (2018). *Evaluación de la planta de destrucción de cianuro y metales pesados*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/305003>
- Reena, M., Suman, L. y Sushila, S. (2015). Removal of heavy metal from waste water by the use of modified aloe vera leaf powder. *International Journal of Basic and Applied Chemical Sciences*, 5(2), pp. 6-17. <https://www.cibtech.org/J-CHEMICAL-SCIENCES/PUBLICATIONS/2015/Vol-5-No-2/02-JCS-003-REENA-REMOVAL-POWDER.pdf>
- Restrepo, H. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Universidad Nacional de Colombia.

https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2561/15372239_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reynolds, T. (2004). *The Genus aloe Medicinal and aromatic plants-industrial*. CRC PRESS.

https://www.aloeproductscenter.com/wp-content/uploads/Aloes_-The-Genus-Aloe-Reynolds-Tom_6240.pdf

Reynolds, T. y Dweck, A. (1999). Aloe vera leaf gel: a review update. *Journal Ethnopharmacology*, 68(1-3), pp. 3-37 [10.1016/S0378-8741\(99\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00085-9)

Richter, C., Pérez, J. y Cánepa, L. (1984). *Coagulación*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Rodríguez, L. (2006). *Estabilidad de los Sistemas Coloidales*. Universidad de Salamanca.

Rojas, E. (2015). *Optimización de la incorporación de aloe vera en yacón (Smallanthus sonchifolius Poepp. & Endl.) mediante impregnación a vacío*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2599/Q02-R628-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Romero, J. (1999). Tratamiento de aguas residuales. (3a ed.). *Ediciones Escuela colombiana de Ingeniería*.

https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Rojas

Saleem, M. y Bachmann, R. (2019). A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 72(1), pp. 281-297. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.12.029>

Sanchez, M. (2019). *Mejoramiento de la composición físico-química del suelo por la influencia de la forestación con pinus radiata en la comunidad de Yanamachay 2019*. [Tesis de

pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1374>

Silva, M. (2017). *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Marcos]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Marcos.

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/d11e34f4-cae2-4c69-b1d9-14d9176fa4d5>

Singh, k., Sharma, S., Jain, A., Mandal, M. y Pandey, P. (2017). La eliminación de cobre de iones de agua residual sintética utilizando Aloe Vera como adsorbente, *European Journal of Avances en Ingeniería y Tecnología*, 4(4), pp. 249-254.

https://www.researchgate.net/publication/319536558_Removal_of_Copper_Ion_from_Synthetic_Wastewater_using_Aloe_Vera_as_an_Adsorbent

Suárez, J., Jácome, A. y Ures, P. (2015). *Decantación lamelar*. Universidad de Coruña.

<https://doczz.es/doc/311567/decantaci%C3%B3n-lamelar>

Subsecretaría de Economía Consejo Nacional de Producción Limpia (2002). *Gestión de Residuos Industriales Líquidos Mineros y Buenas Prácticas*. Subsecretaria de Economía.

http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/ProduccionLimpia/ampl_residuos_liquididos.pdf

Vargas, L., Barrenechea, A., Aurazo, M. y Maldonado, V. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. (1a ed.). *Ediciones Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*.

https://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1_tomo1_indice.pdf

- Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L., y Lemus, R. (2005). El aloe vera (aloe barbadensis miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 32(3), pp. 208-214. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000300005>
- Velásquez, R. y Imery, J. (2008). Fenología reproductiva y anatomía floral de las plantas aloe vera y aloe saponaria (Aloaceae) en Cumaná, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), pp. 1109-1125. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/5697>
- Weber, W. (1979). *Control de la calidad del agua- Procesos fisicoquímicos*. Editorial Reverté. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429191998_A41252059/preview-9788429191998_A41252059.pdf
- Yilmaz, Ş. (2022, 29-31 agosto). *Effectiveness of Aloe vera leaf extract as a bio-coagulant for the treatment of industrial effluent by coagulation-flocculation*. [Conferencia de ciencia] IV International Agricultural, Biological & Life Science Conference, Edirne, Turkeypp. <https://avesis.yyu.edu.tr/yayin/2fa75867-1fce-486d-873f-ba012b47d236/effectiveness-of-aloe-vera-leaf-extract-as-a-bio-coagulant-for-the-treatment-of-industrial-effluent-by-coagulation-flocculation>

IX. ANEXOS

Anexo A.
Matriz de consistencia

POBLADO HUATOCAY, CARABAYLLO, 2022

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODO	INDICADORES
Problema Principal	Objetivo General	La aplicación del <i>Aloe vera</i> y la rama de <i>Pinus</i> demuestran como flocculante natural y la rama de <i>Pinus</i> como filtro natural de tipo vegetal, ambos, son eficientes trabajando en conjunto para el tratamiento de efluentes mineros de tipo industrial, comparando de forma referencial las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con los límites máximos permisibles mediante decreto supremo N°010 – 2010 - MINAM, en el centro poblado Huatocay - Carabayllo.	Variable Independiente • Flocculante Natural, <i>Aloe vera</i> • Filtro natural, rama de <i>Pinus</i> Variable Dependiente • Tratamiento de efluentes mineros artesanales	Tipo investigación Aplicada Diseño Experimental Nivel Correlacional Ámbito temporal y espacial El presente proyecto tubo un periodo de nueve meses, donde se dio inicio en el mes febrero hasta en octubre (2019). El área de estudio o unidad de investigación corresponde al distrito de Carabayllo, centro poblado Huatocay. Muestra 80 litros de aguas de efluentes mineros artesanales Instrumento Pruebas de laboratorio Pruebas de jarras	Variable Independiente Dosis (mg/l) Tiempo (minuto) Velocidad de agitación (RPM) Eficiencia (%) Variable Dependiente Cantidad (Kg) Eficiencia (%) Parámetros Físicos pH (Unidades de pH) Turbidez (NTU) Conductividad Eléctrica (uS/cm) Temperatura (°C) Parámetros Químicos Plomo (mg/l) Cadmio (mg/l) Cobre (mg/l) Hierro (mg/l)
Problema Secundario	Objetivo Específicos				
¿Cuáles son las concentraciones de plomo, cadmio, hierro, cobre y turbidez de los efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo?	•Determinar las concentraciones de plomo, cadmio, hierro, cobre y turbidez en los efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo.				
¿Cuál es la dosis optima del <i>Aloe vera</i> como flocculante natural y el volumen de rama de <i>Pinus</i> requerido como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo?	•Estimar la dosis optima del <i>Aloe vera</i> como flocculante natural y el volumen de rama de <i>Pinus</i> requerido como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo.				
¿Cuál es la eficiencia del <i>Aloe vera</i> como flocculante natural y la rama de <i>Pinus</i> como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo?	•Determinar la eficiencia del <i>Aloe vera</i> como flocculante natural y la rama de <i>Pinus</i> como filtro en el tratamiento de efluentes mineros artesanales obtenidos del centro poblado Huatocay – Carabayllo.				

Anexo B.
Panel Fotográfico

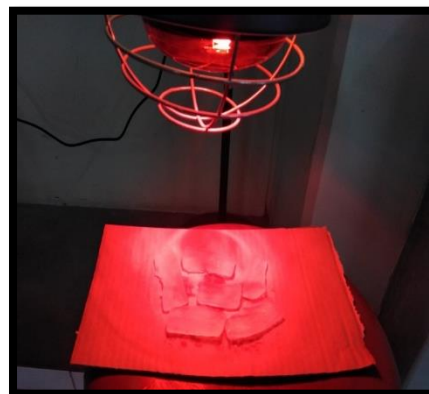
FOTOGRAFÍA N° 01

MAPA DE UBICACION DE LA ZONA IMPACTADA POR LA MINERA ARTESANAL DE CARABAYLLO



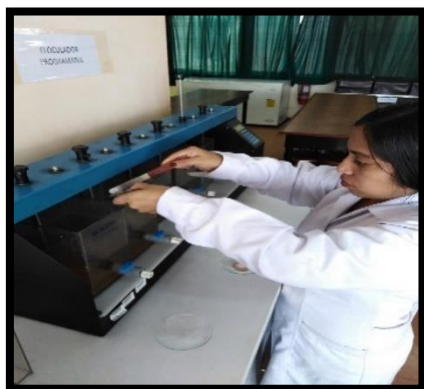
Toma de muestras del efluente minero artesanal

FOTOGRAFÍA N° 02



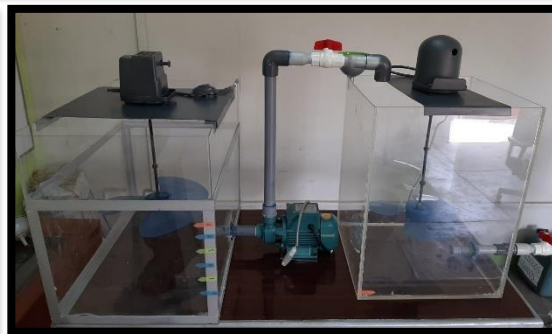
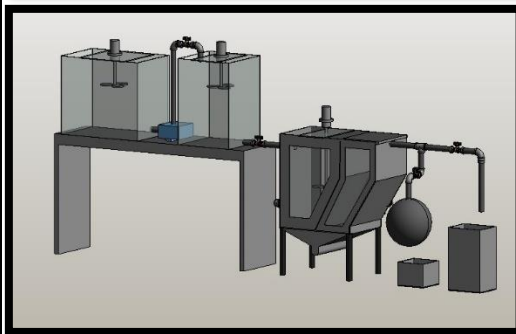
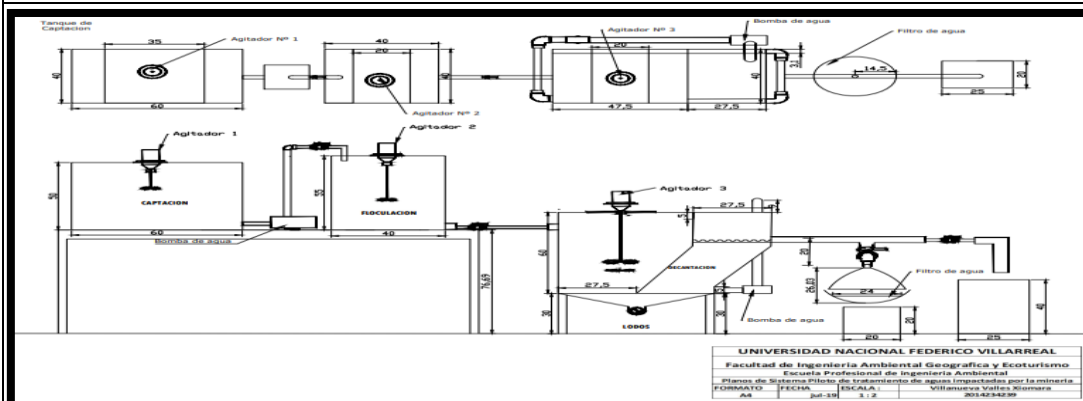
Obtención del Aloe vera como floculante y la rama de Pinus como filtro

FOTOGRAFÍA N° 03



Prueba de jarras del tratamiento I y II

FOTOGRAFÍA N° 04



Diseño de prueba