

Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
REMOCIÓN DE ALUMINIO CON ÁCIDO SULFÚRICO EN LODOS GENERADOS
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS
SAN MIGUEL II, DISTRITO DE SAN MIGUEL – LIMA – 2022

Línea de investigación: Ecotoxicología y Química Ambiental

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Conco Mejía, Jandir Evaldo

Asesor:

Martínez Cabrera, Rubén

(ORCID: 0000-0002-4561-8627)

Jurado:

Aylas Humareda, María del Carmen

Gonzales Alarcón, Agelino Oscar

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2023

Dedicatoria

A mis padres, Mario Miguel Conco Cochachin y Elsa Mercedes Mejía Salvador; quienes fueron mi principal motivación y soporte emocional para el inicio, desarrollo y culminación de la tesis. A mi tía Reyna Conco Cochachin, que desde el cielo seguramente guía mi camino al éxito.

A mi novia, Katy Llamaza Pariguana quien fue la persona que impulsó el inicio de la tesis y que de manera incondicional me apoyó desde todas las formas posibles.

A mis amigos, Kurlant Benavente Silva y Michael Campos Huamaní, quienes me apoyaron y alentaron en todo momento.

A mis maestros Ing. Ahuber Omar Vasquez Aranda y la Dra. Rogelio Guillen Leon, quienes me apoyaron y aportaron desde su experiencia profesional.

A mi asesor Dr. Rubén Martínez Cabrera, de quien recibí el apoyo incondicional desde su experiencia en la interpretación de tesis experimentales hasta las recomendaciones en el manejo de información. Y a todas las personas de alguna manera u otra me apoyaron en el desarrollo de la presente tesis.

Agradecimiento

A Dios, por derramar sus bendiciones y lograr uno de mis principales objetivos, y sueño anhelado de mis padres.

A mi queridísima alma mater “Universidad Nacional Federico Villarreal” por brindarme la satisfacción de formarme como profesional en la especialidad de Ingeniería Ambiental.

A la Municipalidad Distrital de San Miguel, por permitirme el acceso y las facilidades en la toma de muestra de lodos de su Planta de Tratamiento de Agua Residual Doméstica San Miguel II, el cuál permitió justificar la presente investigación.

Al Ing. Ahuber Omar Vasquez Aranda por su apoyo en la asesoría de la parte experimental y a mi asesor Dr. Rubén Martínez Cabrera quien me brindó todo el soporte técnico necesario para la culminación de la tesis.

A todos ellos les debo mi total agradecimiento por su apoyo brindado.

ÍNDICE

Resumen.....	12
Abstract.....	13
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Descripción y Formulación del problema.....	16
1.1.1 Descripción del problema	16
1.1.2 Formulación del problema	19
1.1.2.1 Problema general	19
1.1.2.2 Problemas específicos.....	19
1.2 Antecedentes	20
1.2.1 Antecedentes Internacionales.....	20
1.2.2 Antecedentes Nacionales	26
1.3 Objetivos.....	30
1.3.1 Objetivo general.....	30
1.3.2 Objetivos específicos	30
1.4 Justificación de la investigación	31
1.4.1 Justificación teórica	31
1.4.2 Justificación práctica.....	31
1.4.3 Justificación metodológica.....	32
1.5 Hipótesis	32
1.5.1 Hipótesis General.....	32
II. MARCO TEÓRICO	33

2.1	Marco Teórico.....	33
2.1.1	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) San Miguel II.....	33
2.1.1.1	Ubicación de la PTAR San Miguel II.....	33
2.1.1.2	Parámetros de diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales .	34
2.1.1.3	Proceso de Tratamiento PTAR San Miguel II.....	36
2.1.2	Remoción de Metales.....	44
2.1.3	Lodos Residuales	45
2.1.4	Caracterización de los lodos generados en una PTAR	46
2.1.5	Cantidad de lodos generados en una PTAR.....	47
2.1.6	Tipos de Lodos Residuales	47
2.1.7	Aguas Residuales	49
2.1.8	El Aluminio en la Naturaleza.....	50
2.1.9	Características del Aluminio.....	51
2.1.10	Componentes de Aluminio en Tratamientos de Agua.....	53
2.1.11	Sulfato de Aluminio como Agente Coagulante	54
2.1.12	Sulfato de Aluminio presente en lodos	56
2.1.13	Acidificación con ácido sulfúrico	56
2.2	Marco Conceptual.....	57
2.2.1	Definición de Términos	57
2.3	Marco Legal Ambiental	60
III.	MÉTODO.....	66
3.1	Tipo de investigación	66
3.2	Ámbito temporal y espacial	68

3.2.1	Ámbito temporal	68
3.2.2	Ámbito espacial	69
3.3	Variables	69
3.4	Población y muestra.....	71
3.4.1	Población.....	71
3.4.2	Muestra	71
3.5	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos	72
3.5.1	Técnicas	72
3.5.2	Instrumentos.....	73
3.6	Procedimiento	74
3.6.1	Toma de Muestras de lodo (Etapa de campo).....	74
3.6.2	Identificación de las características fisicoquímica de los lodos.....	77
3.6.3	Determinación de la concentración inicial y final del Aluminio en los lodos.....	80
3.6.3.1	Determinación de la concentración inicial del Aluminio	80
3.6.3.2	Caracterización del reactivo ácido	81
3.6.3.3	Corridas con el Floculador Programable y tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico	81
3.6.4	Determinación de la concentración final de aluminio por absorción atómica.....	84
3.6.5	Análisis Final	85
3.7	Análisis de datos	85
3.7.1	Análisis estadístico.....	86

3.7.1.1 Pruebas de normalidad.....	86
3.7.1.2 Prueba de hipótesis	87
3.8 Análisis inferenciales según valor de pH de la muestra de lodo.....	91
3.8.1 Pruebas de normalidad.....	91
3.8.2 Prueba de hipótesis	92
IV. RESULTADOS.....	97
4.1 Determinación de la Eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción de Aluminio (Al+3).....	97
4.2 Determinación de las concentraciones de los parámetros físico químico de los lodos.....	99
4.2.1 Determinación de temperatura (T °C).....	100
4.2.2 Determinación del potencial de hidrógeno (pH).....	100
4.2.3 Determinación de la conductividad eléctrica (CE uS).....	100
4.2.4 Determinación del porcentaje de humedad del lodo (%).....	100
4.3 Determinación de la concentración inicial y final de Aluminio en los lodos	100
4.3.1 Determinación de la concentración inicial de Aluminio (Al+3).....	100
4.3.2 Determinación de la concentración final de Aluminio (Al+3)	102
4.3.2.1 Primer ensayo de laboratorio	102
4.3.2.2 Segundo ensayo de laboratorio	105
4.3.2.3 Tercer ensayo de laboratorio.....	107
4.3.2.4 Cuarto ensayo de laboratorio	109
4.4 Determinación del Tiempo óptimo de la concentración de ácido sulfúrico	111
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	113

VI. CONCLUSIONES	118
VII. RECOMENDACIONES.....	120
VIII: REFERENCIAS.....	121
IX. ANEXOS	129
Anexo 1: Ficha de Muestreo de Lodos.....	127
Anexo 2: Mapa de Ubicación de la PTAR San Miguel II.....	128
Anexo 3: Diagrama de Flujo del Proceso de Tratamiento PTAR San Miguel II	129
Anexo 4: Carta de Solicitud de Autorización para la Toma de Muestra a la Municipalidad Distrital de San Miguel.....	130
Anexo 5: Manual de operación y mantenimiento de equipos y materiales de laboratorio de la FIGAE.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales San Miguel II	33
Tabla 2 Parámetros de diseño de la PTAR San Miguel II	34
Tabla 3 Calidad del efluente tratado en la PTAR San Miguel II	35
Tabla 4 Valores característicos de los parámetros más frecuentemente estudiados en los lodos.....	47
Tabla 5 Los 10 elementos más abundantes en la corteza terrestre.....	50
Tabla 6 Matriz de operacionalización de variables.....	70
Tabla 7 Distribución de la muestra de estudio.....	72
Tabla 8 Prueba de normalidad	86
Tabla 9 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 15 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas	87
Tabla 10 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 30 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas	88
Tabla 11 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 45 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas	89
Tabla 12 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 60 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas	90
Tabla 13 Prueba de normalidad	91

Tabla 14 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 4, según prueba t de Student para muestras emparejadas	92
Tabla 15 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 3.5, según prueba t de Student para muestras emparejadas	93
Tabla 16 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 3, según prueba t de Student para muestras emparejadas	94
Tabla 17 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 2.5, según prueba t de Student para muestras emparejadas	95
Tabla 18 Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 2, según prueba t de Student para muestras emparejadas	96
Tabla 19 Porcentaje de eficiencia en la reducción del ácido sulfúrico de concentración de aluminio	98
Tabla 20 Resultados de la caracterización de parámetros físico químicos de los lodos .	99
Tabla 21 Comparativo del rango de valores permisibles respecto a la concentración de la muestra.....	101
Tabla 22 Resultados de la concentración final de Al^{+3} en el primer ensayo	103
Tabla 23 Resultados de la concentración final de Al^{+3} en el segundo ensayo.....	105
Tabla 24 Resultados de la concentración final de Al^{+3} en el tercer ensayo	107
Tabla 25 Resultados de la concentración final de Al^{+3} en el cuarto ensayo	109
Tabla 26 Determinación del tiempo óptimo para la remoción de aluminio.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de pretratamiento de materiales sólidos – Equipo Huber	36
Figura 2 Cámara de bombeo de aguas provenientes de la Red Pública	37
Figura 3 Sistema de Tanque de Homogenización	38
Figura 4 Cisterna de dosificación de Sulfato de Aluminio como coagulante.....	40
Figura 5 Clarificador tipo Lamellas.....	41
Figura 6 Cámara de almacenamiento de lodos residuales	42
Figura 7 Estación de bombeo de agua tratada	44
Figura 8 Gráfico del diseño experimental puro	67
Figura 9 Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 08:00 am	75
Figura 10 Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 10:00 am	76
Figura 11 Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 14:00 pm....	76
Figura 12 Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 16:00 pm....	77
Figura 13 Separación de la muestra para la medición de parámetros fisicoquímicos	78
Figura 14 Medición de la temperatura de la muestra con Multiparámetro Modelo 250 .	78
Figura 15 Medición del pH de la muestra con el analizador de pH o potenciómetro	79
Figura 16 Medición de la conductividad eléctrica con Multiparámetro Modelo 250	79
Figura 17 Medición de la concentración inicial del Aluminio con Espectrofotómetro de Absorción Atómica	80

Figura 18 Adición de muestras de lodos con ácido sulfúrico a las jarras del floculador programable	82
Figura 19 Aplicación del floculador programable a revoluciones de 100 rpm	83
Figura 20 Dosificación de las muestras de lodos a distintas concentraciones de pH	83
Figura 21 Determinación de la concentración final del aluminio por absorción atómica	84
Figura 22 Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el primer ensayo	104
Figura 23 Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el segundo ensayo.....	106
Figura 24 Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el tercer ensayo.....	108
Figura 25 Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el cuarto ensayo.....	110

RESÚMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar la eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción del Aluminio de los lodos generados por Aguas Residuales Domésticas en la Planta de Tratamiento “San Miguel II” en el distrito de San Miguel – Lima. la metodología que siguió fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, el diseño del estudio fue experimental preprueba-posprueba y grupo de control. Los tratamientos se realizaron mediante la técnica a la observación y la prueba de jarras en las porciones de lodos seleccionadas distribuidas en 4 grupos experimentales y uno de control. La muestra fue no probabilística e intencional, por lo cual se consideraron 15 litros. Se concluye que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio, con valor de pH 4, procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II”, y el tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico para la máxima remoción de Aluminio en los lodos generados en la mencionada planta de tratamiento es 60 minutos. Además, que los valores de pH y el tiempo son factores intervinientes en el proceso de remoción del aluminio.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the efficiency of sulphuric acid in the removal of aluminum from sludge generated by domestic wastewater in the physicochemical treatment plant "San Miguel II" in the district of San Miguel - Lima. The methodology followed was quantitative approach, applied type, the study design was experimental pre-test-post-test and control group. The treatments were carried out by means of the observation technique and the jar test on the selected portions of sludge distributed in 4 experimental groups and one control group. The sample was non-probabilistic and intentional, so 15 liters were considered. It is concluded that there are significant differences in the initial and final concentrations of aluminum, with pH value 4, from the sludge generated in the primary wastewater treatment plant "San Miguel II", and the optimum time of sulfuric acid concentration for the maximum removal of aluminum in the sludge generated in the treatment plant is 60 minutes. In addition, pH values and time are intervening factors in the aluminum removal process.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente los servicios de saneamiento urbano se han convertido en una situación preocupante debido a la cantidad limitada de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas para tratar sus desechos líquidos o bien conocido como aguas servidas, esto pone en peligro la salud humana y la alteración del medio ambiente. Por otro lado, en ciudades donde se han implementado sistemas de tratamiento de aguas domésticas, los cuáles son administradas por empresas privadas o municipalidades demandan de mayor número de rellenos sanitarios o celdas transitorias, debido a la generación de los volúmenes considerables de lodos a partir del proceso de tratamiento de las aguas residuales, por lo cual es necesario diseñar una estrategia para reducir o reaprovechar dichos lodos.

Los lodos generados a partir del proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas son ricos en nutrientes y materia orgánica, lo que confiere un potencial considerable en su reaprovechamiento como mejoramiento de suelo y/o fertilizante, sin embargo existen lodos que contienen altas concentraciones de metales por ejemplo el aluminio, lo cual restringe su reaprovechamiento de manera directa y requiere realizar una serie de investigaciones para eliminar dichos metales. Esto es el caso de la Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas San Miguel II que genera un volumen aproximado de $60 \text{ m}^3/\text{mes}$ de lodos los cuáles contienen altas concentraciones de Aluminio generados por la dosificación de Sulfato de Aluminio lo cual es inyectada como coagulante al proceso de tratamiento y que actualmente son evacuados a un relleno sanitario.

La presente investigación se diseña con el objetivo de establecer una metodología para determinar la eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción del Aluminio de los lodos generados por Aguas Residuales Domésticas en el ámbito municipal a fin de ser reaprovechado, este proceso

permitirá reducir costos en la operación por la disposición de los lodos y reducir los impactos ambientales que estos pudieran generar.

Para realizar una evaluación sistematizada, la presente investigación ha sido organizado de la siguiente manera:

- **Capítulo I: Introducción**, este capítulo realiza una descripción resumida sobre la descripción del problema, formulación del problema, los antecedentes, los objetivos, la justificación, Hipótesis e importancia.
- **Capítulo II: Marco Teórico**, este capítulo establece la base teórica y el marco el marco conceptual y legal.
- **Capítulo III: Método**, este capítulo describe el tipo de investigación, el ámbito temporal y espacial, variables, Matriz de operacionalización de variables, población y muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos y procedimiento.
- **Capítulo IV: Resultado**, en este capítulo se realiza la evaluación de parámetros físico químico de los lodos, concentración inicial y final de aluminio en los lodos, tiempo óptimo de la concentración de ácido sulfúrico, eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción de Aluminio y análisis estadístico.
- **Capítulo V: Discusión de Resultado**, en este capítulo se realiza una evaluación y análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior.
- **Capítulo VI: Conclusión**, en este capítulo se presentan las conclusiones respecto a los objetivos planteados.
- **Capítulo VII: Recomendaciones**, en este capítulo se proponen recomendaciones respecto a la aplicación y replica de investigaciones similares en diferentes ámbitos.

- **Capítulo VIII: Referencias**, en este capítulo se listan las referencias bibliográficas, tanto textuales como digitales.
- **Capítulo IX: Anexos**, En este capítulo se adjuntan la ficha de toma de datos, el plano de ubicación de la PTAR, El diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la PTAR San Miguel I, Carta de Solicitud de Autorización para la Toma de Muestra a la Municipalidad Distrital de San Miguel, Manual de operación y mantenimiento del laboratorio de la FIGAE y la Ficha de Muestreo de Lodos.

1.1 Descripción y Formulación del problema

1.1.1 Descripción del problema

El mundo está alarmantemente mal encaminado de cara a lograr el saneamiento para todos de aquí a 2030. Pese a los progresos, más de la mitad de la población mundial (4.200 millones de personas) utiliza servicios de saneamiento en los que no se tratan los desechos humanos, lo que pone en peligro la salud humana y ambiente (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF] y Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

Los asentamientos urbanos informales en todo el mundo también enfrentan desafíos particulares. Los servicios relacionados con las aguas residuales (por ejemplo, las compañías de desagüe de pozos y las de eliminación de lodos) pueden ser prestados por proveedores privados informales sin el control o el apoyo adecuados de las autoridades pertinentes. Si la gestión de la recolección y el transporte, o el reciclaje, de los lodos fecales no es adecuada puede tener repercusiones importantes en la salud humana (Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación [UNESCO], 2017).

En este mismo contexto, Rodríguez (2018) agrega que “Más de 1000 millones de toneladas de aguas residuales son vertidas anualmente al agua subterránea, a ríos, lagos y océanos del mundo,

contaminándolos con metales pesados, disolventes, aceites, grasas, detergentes, ácidos, sustancias radioactivas, fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos.” (párr. 18). Esta afirmación pone de manifiesto que este proceso de contaminación química del medioambiente se convierte desafortunadamente en uno de los problemas globales que requieren atención primordial.

En los países altamente industrializados como China y Estados Unidos, el nivel de contaminación producida por los desechos de aguas residuales ronda el 80%, significando un gran impacto para la economía en especial, para los recursos naturales que evidentemente reducen su calidad al punto de ser descartados para cualquier uso. En Latinoamérica, la situación se torna más crítica, al no existir políticas firmes que obliguen a los sectores industriales y demás, a realizar el correcto tratado de las aguas residuales para la eliminación de compuestos que puedan tener efectos dañinos (Rodríguez, 2018).

Uno de los subproductos del tratamiento de aguas residuales es el lodo residual. El lodo generado es rico en nutrientes y materia orgánica, lo que le confiere un potencial considerable como acondicionador del suelo y fertilizante. En muchos casos, sin embargo, no se percibe el valor beneficioso de los lodos residuales debido a las preocupaciones acerca de los patógenos, metales pesados y otros compuestos que puedan contener (Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación [UNESCO], 2017). El volumen de lodo que se produce depende principalmente de las características del agua residual, del grado de tratamiento previo, del tiempo de sedimentación, de la densidad de sólidos, del contenido de humedad, del tipo de equipo o método de remoción de lodos y de la frecuencia de remoción de estos (García, 2006).

Ahora bien, la realidad peruana dentro de este panorama queda reflejada en el informe (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014), el cual indica que “El Perú genera aproximadamente 2.217.946 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de

alcantarillado de las EPS Saneamiento. Solo el 32% de estas recibe tratamiento.” (p. 16). El mismo informe revela en cuanto a la capital que “Lima genera aproximadamente 1.202.286 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento. Solo el 20,5% de estas recibe tratamiento.” (p. 16). Estas malas prácticas de descarga directa de aguas residuales domésticas en las fuentes receptoras generan uno de los principales problemas de contaminación ambiental al ecosistema, principalmente a las fuentes de agua superficial y subterránea recursos que se ven afectados tanto en calidad como en cantidad poniendo en riesgo la salud de los ciudadanos y ambiente acuático.

Así mismo, según Eche & Santos de la Cruz, (2021) en las 7 plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico-PTAR, que administra el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima-SEDAPAL ubicadas en: Ventanilla y Ancón, al norte de Lima Metropolitana, y San Juan, Julio C. Tello, Cieneguilla, Huáscar y José Gálvez ubicadas al sur de nuestra ciudad capital. Se tratan 81630,72 m³/ día de aguas residuales y se generan 2537,85 Tn/día de lodos con alto contenido de humedad convirtiéndose en un problema dado que los espacios para su confinamiento son escasos y/o que las distancias existentes desde los centros de generación hasta los lugares de disposición final son significativas.

En opinión de Gamarra & Romero (2019) estos lodos, poseen además “concentración mayor de aluminio debido a que resultan de una adición y reacción de uno o más compuestos químicos que se mezclan directamente con la materia sólida presente en el agua.” (p. 2). Este es precisamente el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas San Miguel II, la cual trata aproximadamente 800 m³/día de aguas residuales o el correspondiente a un caudal de 9.26 l/s; generando al mes 60 m³ de lodos aproximadamente y que al recibir tratamiento en el proceso de clarificación previo a su ingreso al tanque de mezcla, se inyecta sulfato de aluminio

que actúa como coagulante generando altas concentraciones de aluminio, lo que no permite su reaprovechamiento de forma directa, por lo que son dispuestos como residuos peligrosos hacia un relleno sanitario provocando efectos indeseables desde la óptica ambiental y financiera.

Atendiendo a las implicaciones de lo enunciado hasta ahora en relación con los lodos generados en la mencionada planta de tratamiento, se formula el siguiente problema de investigación.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

¿Cuál es la eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción de Aluminio en los lodos generados por aguas residuales domésticas de la planta de tratamiento “San Miguel II” en el distrito de San Miguel – Lima?

1.1.2.2 Problemas específicos

¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros físico – químico de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel?

¿Cuál es la concentración inicial y final de aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel?

¿Cuál es el tiempo óptimo del ácido sulfúrico para remover el aluminio de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Basri et al. (2019) en su artículo científico sobre: “*Aluminium recovery from water treatment sludge under different dosage of sulphuric Acid*”, Universidad Tecnológica MARA – Malasia, investigan el proceso de acidificación con ácido sulfúrico para recuperar el aluminio de los lodos. El sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ conocido como alumbre es un químico que se añade al proceso de coagulación y floculación en plantas de tratamiento de agua; a pesar de su eficacia en el tratamiento del agua, produce un gran volumen de lodo de alumbre residual que se desecha en la laguna de lodos; es así que la eliminación de lodos es uno de los principales inconvenientes en las plantas de tratamiento de agua, porque necesita grandes huellas para almacenar los lodos residuales antes de ser arrojados a los vertederos. El lodo todavía presenta altas concentraciones de aluminio que se pueden recuperar para su uso posterior.

Dentro de la metodología se procedió a analizar diferentes dosis de ácido sulfúrico en rangos de 0,45 - 1,80 M a peso constante de lodo de alumbre 300 g para obtener los porcentajes máximos de recuperación de aluminio. Se utilizó espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) para analizar la concentración de aluminio recuperado. Además del elemento de aluminio, otros elementos como Hierro (Fe), Calcio (Ca) y Potasio (K) también se recuperaron mediante el proceso de acidificación, siendo el aluminio el que presenta mayor concentración. Concluyéndose que la recuperación óptima de aluminio se logró con un lodo de alumbre de 300 g y una dosis de ácido sulfúrico 1,35 M en el que la tasa mínima de recuperación de aluminio es del 93% y la tasa máxima de recuperación es del 98%. La concentración más alta de aluminio recuperado es 256,639 mg / L. Con base en estos hallazgos, la acidificación puede lixiviar el aluminio del lodo de alumbre. Se pueden derivar muchos beneficios, incluidas las

preocupaciones económicas, sociales y ambientales, donde el uso de aluminio recuperado puede fomentar el funcionamiento sostenible, especialmente en la industria del tratamiento de agua. Además, se recomienda que el aluminio recuperado de lodos de tratamiento de agua tenga el potencial de ser un elemento coagulante alternativo en el agua proceso de tratamiento.

Ruziqna et al. (2020), en su artículo científico sobre: “*Aluminium Recovery from Water Treatment Sludge as Coagulant by Acidification*”, desarrollado en la Universidad de Indonesia; mencionan que el aluminio en los lodos de tratamiento de agua se puede recuperar como coagulantes mediante el método de acidificación; sin embargo, existen factores que alteran la eficiencia en la recuperación del aluminio, como la velocidad de agitación durante la acidificación, el pH y las características del lodo. Esta investigación planteó como objetivo encontrar la velocidad de agitación de acidificación óptima para la recuperación de alumbre y evaluar el rendimiento del coagulante recuperado en comparación con un coagulante puro. En la metodología empleada la recuperación de aluminio se realizó mediante la adición de ácido sulfúrico hasta que el pH del lodo alcanzará un valor de 2,5; mientras que el lodo ácido se agitó durante 30 minutos, con la acidificación la velocidad de agitación se varía de 240 a 720 rpm y se deja sedimentar hasta que se forme el sobrenadante. El sobrenadante se usó como coagulante recuperado, se examinó usando una prueba de jarra para determinar la dosis óptima y se comparó con el coagulante puro. Concluyéndose que la velocidad de agitación de acidificación óptima se obtuvo a 540 rpm, donde el balance de masa muestra una eficiencia de recuperación de aluminio del 16,5%; y la dosis óptima para el coagulante recuperado fue de 25 ppm, con una reducción de turbidez del 93,38% en la prueba del vaso; mientras que la dosis óptima para el alumbre puro fue de 20 ppm, con una reducción de la turbidez del 93,26%. Aunque potencialmente reduce la turbidez más alta, el coagulante recuperado tiene una calidad ligeramente menor que el coagulante puro, que requiere

una dosis óptima más alta.

Cherifi et al. (2016), en su artículo científico sobre *“Effect of sludge pH and treatment time on the electrokinetic removal of aluminum from water potabilization treatment sludge”*, mencionan que las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales de Argelia generan alrededor de 106 m³ de lodos de depuradora anualmente, la expansión de las plantas de tratamiento de aguas residuales sin un eficiente tratamiento de los lodos producidos ha generado preocupaciones crecientes. Por lo general el lodo se incinera o se usa como fertilizante agrícola y puede contener numerosos nutrientes, también puede haber sustancias nocivas que complican la gestión de estos. Es así que la eliminación de contaminantes del lodo es necesaria antes de continuar su uso. Dentro de la metodología de esta investigación se procede a analizar las características de los lodos de tratamiento de agua potable que contienen un alto contenido de aluminio, para lo cual se propone un tratamiento electrocinético para eliminar el aluminio de este lodo variando el tipo de solución contenida en el compartimento del cátodo y modificando el tiempo de tratamiento para optimizar la eficiencia del proceso. Obteniéndose resultados exitosos donde se recogió el 60% del aluminio en el lado del cátodo con una energía consumida alrededor de 1000 e 2000 kWh kg⁻¹ de peso de lodo; y concluyendo que se produjo poca remoción de aluminio en el lodo de agua potable no acidificada cuando había agua del grifo en ambos depósitos de electrodos. Sin embargo, la eliminación de aluminio se produjo en el lodo cuando se controló el pH en el cátodo y las cámaras del ánodo, junto con la acidificación de los lodos; es así que la eficacia del proceso electrocinético puede aumentarse ajustando el pH del lodo usando tratamientos apropiados, tales como pre acondicionamiento químico y acondicionamiento de soluciones de electrolitos de ánodo y cátodo.

Carpio et al. (2016) en su tesis titulada “*Diseño de un proceso químico para la recuperación de aluminio contenido en los lodos provenientes de la Planta Potabilizadora de Agua Las Pavas*”, Universidad de El Salvador; plantearon como objetivo diseñar un proceso químico para la recuperación de aluminio, de tal forma que puedan establecerse los parámetros de funcionamiento óptimos para el desarrollo del proceso a nivel de laboratorio y una propuesta de diseño a escala de planta industrial haciendo uso de lodos vertidos por la planta potabilizadora de agua “Las Pavas”. La metodología aplicada fue que el tratamiento de lodos de plantas potabilizadoras es producir un lodo con una concentración de sólidos que pueda facilitar su manejo y disposición. Para reducir el volumen total de lodos a disponer se puede aplicar alguna de las alternativas de tratamiento. Los resultados generados con este proyecto son: Diseño de una planta a escala industrial para la recuperación de aluminio de los lodos provenientes de la PPA “Las Pavas”, Determinación de modelo cinético de la reacción involucrada en el proceso de recuperación del aluminio; Establecimiento de los valores fisicoquímicos óptimos de reacción para obtener el mejor rendimiento de recuperación de aluminio; Realizar proyecciones de los posibles beneficios ambientales y económicos que traería implementar la medida propuesta, en el proceso de la planta potabilizadora.

La reacción involucrada en el proceso de recuperación del aluminio desarrollado en el trabajo anterior, necesitó el análisis de las variables de mayor influencia en la reacción tanto en conjunto como su efecto por separado. Quedó demostrado en base a los resultados y tal como la naturaleza del elemento objeto de estudio lo refería, que la solubilidad del aluminio es ampliamente controlada por el pH, justamente siendo en el experimento expuesto la variable de mayor incidencia en los resultados obtenidos, de igual forma a la concentración de lodo utilizado en los ensayos. Los valores óptimos definidos para la obtención del mayor rendimiento de recuperación

de aluminio representaron el estudio de la reacción a un valor de pH de 2, concentración de sólidos totales disueltos de 2%, un tiempo de residencia de 40 min a una velocidad de mezcla estimada de 100 RPM. Diferentes estudios reflejan, a partir, del uso de ácido sulfúrico en lodos producidos en procesos de potabilización, que los índices de recuperación dependerán del agente químico usado en el proceso de coagulación, así como de la naturaleza del agua a tratar (Sandoval, et al, 1998). Al no contar con el dato inicial de aluminio en las muestras de lodo extraída de la planta potabilizadora Las Pavas, no se puede concluir respecto al porcentaje de recuperación, sin embargo, para muestras evaluadas al 2% de sólidos totales disueltos, bajo las condiciones de reacción óptimas, se obtuvo una recuperación de 107 g/l como sulfato de aluminio. El análisis de varianza reportó diferencias significativas en la concentración de aluminio recuperado en cuanto al pH de operación, tiempo de mezcla y sólidos totales siendo el pH el factor controlante. Establecidos los parámetros óptimos en los cuales se desarrolla la reacción, se evaluó a partir de los datos generados en el laboratorio, el modelo cinético involucrado en la reacción de recuperación de sulfato de aluminio, el cual representa el cambio del producto generado respecto al tiempo de reacción, con el cual se determinó para ser escalado a nivel de planta industrial, un volumen de 7.12 m³ para el reactor necesario para llevar a cabo la reacción de recuperación de sulfato de aluminio vía ácida haciendo uso de lodos como subproducto del proceso de potabilización desarrollado en la planta las pavas. Además, del tiempo de residencia requerido para dicha operación, de 40 min. Concluyendo que el uso de ácido sulfúrico en lodos producidos en procesos de potabilización y los índices de recuperación dependerán del agente químico usado en el proceso de coagulación, así como de la naturaleza del agua a tratar. Al no contar con el dato inicial de aluminio en las muestras de lodo extraída de la planta potabilizadora Las Pavas, no se puede concluir respecto al porcentaje de recuperación, sin embargo, para muestras evaluadas al

2% de sólidos totales disueltos, bajo las condiciones de reacción óptimas, se obtuvo una recuperación de 107 g/l como sulfato de aluminio.

Vasquez Aleman & Vargas Martinez, (2018) en su trabajo de investigación tecnológica denominado “*Aprovechamiento de los lodos de las planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Funza (Bogotá Colombia), como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo*”, plantearon como objetivo definir las propiedades fisicoquímicas de los lodos para ser utilizados como un posible abono orgánico para el cultivo de hortalizas y determinar el comportamiento de las especies vegetales seleccionadas para ser cultivadas bajo las propiedades de estos lodos, ello bajo la justificación de que los biosólidos obtenidos en el proceso de tratamiento, poseen unas características físicas, químicas, biológicas etc., que les permiten convertirse en un producto al que se le puede dar un mejor uso y mayor aprovechamiento y que no sea solamente desechado. La metodología experimental se encuentra basado en la selección del lugar, un insumo y alternativas a evaluar, se investiga y recoge información para que finalmente se interpreten los resultados, sobre los resultados obtenidos se realiza una comparación de las características y nutrientes de un cultivo de lechuga y zanahoria en condiciones normales, además de un cultivo de hortalizas utilizando como subproducto el lodo obtenido del proceso de tratamiento de aguas residuales. Las muestras de lodos pasan por un proceso de análisis de laboratorio donde se determinan las características físico químicos de dichas muestras, comparando estos resultados con el Decreto 1287 del 10 de julio de 2014 del Ministerio de Vivienda, donde establecen “criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales”, indica las consideraciones generales que debe tener el lodo para lograr darle un uso razonable a este subproducto; así mismo en la investigación se establece la determinación de metales pesados y nutrientes de los biosólidos, se realizaron ensayos para determinar el contenido de humedad y

solidos totales, basado en el método SM 2540 G, para determinar el pH en suelos a 18.9°C se utilizó el método EPA SW-846 9045D, para los metales pesados se basaron en los métodos EPA 3051A y EPA 6010C, para determinar el contenido de materia orgánica y nitrógeno total Kjeldahl se utilizaron los métodos MT-PRE-043 SSSA serie 5, MT-PRE-081 SSSA serie respectivamente, para el contenido de fósforo total se utilizó el método MT-PRE-038 SSSA serie 5 y SM-PC. La investigación permite demostrar que los lodos obtenidos del tratamiento de aguas residuales, son una alternativa viable para su utilización como subproducto para cultivo de lechuga y zanahoria, y mediante esta práctica reducen el impacto ambiental ocasionado por la mala disposición que se les da actualmente a estos lodos, además de la composición y contenido de materia orgánica en el lodo evaluado, arroja resultados positivos para su utilización para el mejoramiento del suelo ya que contrarresta los efectos nocivos de la salinidad, incrementa la actividad de los microorganismos nativos del suelo, lo que va a inducir a una correcta mineralización de los nutrientes del lodo que van a quedar disponibles para la realización de cultivos, por ello el aprovechamiento del lodo como insumo para cultivo de hortalizas se convierte en la mejor opción, ya que, debido a sus propiedades y características orgánicas, otorga a las prácticas agrícolas un manejo de nutrientes en sus cultivos que permiten la disminución del impacto ambientales que pueda generar la utilización de fertilizantes químicos.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Gamarra y Romero (2019), en su estudio realizado sobre: “Evaluación de la Recuperación de Aluminio en Medio Ácido de los Lodos Generados en una Planta de Tratamiento de Agua Potable”, Universidad del Centro del Perú, plantearon como objetivo general: Determinar la concentración de aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento de agua potable SEDAM HUANCAYO. La presente investigación se realiza por la falta de un adecuado

tratamiento de los lodos el cual presenta concentraciones altas de aluminio generado en la planta de potabilización SEDAM-HUANCAYO, los cuales son almacenados en el pozo de purga para posteriormente ser vertidos al río Shullcas. La metodología empleada para esta investigación inició con la toma de muestra realizada en el pozo de purga de la PTAP en 3 fechas diferentes, se tomó una muestra de 250 mL para su respectivo análisis en el laboratorio CERPER.S.A. y para los ensayos de tratabilidad (prueba de jarras) se tomó 250 mL de lodo para cada prueba experimental, con una dosificación de H_2SO_4 al 95 % para alcanzar el pH según el diseño experimental, y posteriormente sedimentar las pruebas experimentales durante 1 hora y tomar alícuotas de 10 mL para su respectivo análisis en el Laboratorio Químico Yauli. Este estudio, se trabajó con 2 variables independientes y se establecieron 3 niveles por variable, pH (2,0; 2,5; 3,0) con un tiempo de mezcla (15 min; 30 min; 45 min). Se realizó 3 réplicas para obtener mayor precisión con los datos obtenidos. Obteniéndose como resultados porcentajes de recuperación de aluminio entre 75 y 99% y soluciones con concentraciones entre 199,63 y 235,4 mg Al/L. La mayor recuperación de aluminio fue de 99,68% a un pH= 2 unidades y un tiempo de mezcla de 45 minutos, el menor valor alcanzado fue del 75,08% a un pH= 3 unidades y un tiempo de 15 minutos. Concluyéndose que el pH es un factor importante; puesto que se alcanzan valores mayores al 99% de recuperación de aluminio, cuando aumenta el pH, se reduce el % de recuperación de aluminio, el tiempo de mezcla influye en la recuperación de aluminio con menor efecto, según las pruebas realizadas en los primeros 15 minutos se alcanza una gran recuperación de aluminio y al transcurrir mayor tiempo la recuperación de aluminio es más lenta haciéndose constante.

Huamán & Huamán (2019), en su investigación realizada sobre: “Análisis y Tratamiento de Lodos Residuales generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cajabamba para la obtención de Compost y ladrillos combustibles”, en la Universidad Privada Antonio

Guillermo Urrelo; plantearon analizar y tratar los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba para la obtención de compost y ladrillos combustibles. Esta investigación se inició dando a conocer que tratamiento de aguas residuales de la provincia de Cajabamba produce lodos los cuales no presentan un tratamiento apropiado para su disposición final, convirtiéndose este en un foco de contaminación ambiental el cual afecta a la salud humana. Dentro de la metodología fue necesario conocer la planta de tratamiento de aguas residuales y los lodos generados lo cual se realizó mediante el levantamiento de información primaria y secundaria; luego se procedió a realizar análisis fisicoquímicos y biológicos para determinar tratamientos alternativos y realizar comparaciones entre ambos tratamientos; obteniéndose como resultado para SST= = 217.75 mg/L y Generación total de lodos = 200.452 kg/día, concluyéndose que se logró obtener compost y ladrillos combustibles a partir del análisis y tratamiento de lodo residual. Para la elaboración de compost se determinó la siguiente distribución: 60% de lodo como material base, acompañado del 30% de hojarasca de maíz y 10% de abono orgánico y para la elaboración de ladrillos combustibles se recomienda la siguiente distribución: 43% de lodo, 48% de aserrín, 6% de cola sintética y 3% de agua; esta distribución genera ladrillos combustibles con 77.5 kcal de poder calorífico y 16 minutos de eficiencia.

Vásquez & Bryand (2021), en su estudio sobre: “Impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo, Tarapoto, 2018”, desarrollado en la Universidad Nacional de San Martín, plantea como objetivo general, el determinar el impacto de vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de aluminio presente en las aguas del río Shilcayo. Dentro de la metodología aplicada en esta investigación se procedió a realizar el monitoreo y análisis de aluminio residual del vertido de lodos de la planta de tratamiento; dónde los resultados muestran que en los últimos 2 muestreos se

superó el valor referencial máximo 0.9 mg/L (D.S. 004- 2017 MINAM) que indica la normativa peruana, alcanzando 4.1 mg/L en la esorrentía del río Shilcayo. Concluyéndose que el 25% de los procesos de potabilización son óptimos, dentro de los cuales se encuentra los floculadores y decantadores; luego están el 37% de los procesos considerados regular y en ellos se encuentra la coagulación, el lugar donde se almacenan los coagulantes y la filtración; finalmente se consideró un 25% de estos procesos malos y un 13% muy malo, en ellos se encuentra la cloración y la dosificación, además del impacto ambiental por vertimientos produce olores, contaminación superficial del suelo por erosión, al agua, por la elevación química del aluminio y el aire por la emisión de gases.

Durán (2016), en su tesis realizada sobre: “Remoción del Aluminio, Manganeso y Hierro de las Aguas del Río auqui, para su Potabilización, en la planta de tratamiento de agua potable de Bellavista; Huaraz - Ancash, Julio 2014- junio 2015” desarrollada en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, planteó como objetivo general: Remover el Aluminio, Manganeso y Hierro de las aguas del río Auqui para obtener agua de consumo humano en la planta de tratamiento de Bellavista, Huaraz-Ancash, Julio 2014- Junio 2015. Dentro de la metodología empleada en esta investigación para el análisis de los parámetros físico-químicos y prueba de jarras se tomaron muestras de agua al ingreso de la planta, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de la E.P.S. Chavín S.A., las muestras se recolectaron en bidones de plásticos de aprox. 45 L. de volumen; luego se realizó 52 pruebas de jarras, de 4 a 5 por mes, durante un período de 12 meses; cubriendo un ciclo hidrológico completo (estiaje y creciente); de las muestras del resultado final del test de jarras, se tomó un volumen de cada vaso, para los respectivos análisis fisicoquímicos; se procedió a caracterizar las propiedades físico-químicas del agua (pH, alcalinidad, turbidez, Al, Mn y Fe) para conocer las condiciones iniciales del agua a tratar; luego se determinó las

propiedades físico-químicas del agua después del test de jarras (pH, alcalinidad, turbiedad, conductividad, Al, Mn y Fe) para saber las condiciones finales; tenido los resultados de la prueba de jarras se comparan de acuerdo a los ECA para Consumo Humano. Concluyéndose que se tiene una remoción de los componentes químicos de: 93.6% para el Al, 85.6% para el Mn, 93% para el Fe, 64.4% para la turbiedad y 7.1 para el Ph; con esta prueba con se encuentra la dosis óptima y la curva de dosificación del hidróxido de calcio, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio en función a la turbiedad del agua cruda que se presenta en el ciclo estacional (12 meses).; mientras que para los resultados obtenidos después del tratamiento de la planta piloto experimental, se obtuvo una remoción de 97.7% para el Al, 91.7% para el Mn, 97.8% para en Fe, 97.7% para la turbidez y 7.20 para el PH, lo que nos hace ver que se tiene una mejor remoción con la planta piloto experimental.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción del Aluminio de los lodos generados por Aguas Residuales Domésticas en la Planta de Tratamiento “San Miguel II” en el Distrito de San Miguel – Lima.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las concentraciones de los parámetros físico-químicos de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

Determinar la concentración inicial y final de aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito San Miguel.

Determinar el tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico para remover el aluminio de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación teórica

La importancia teórica de la investigación radica en el complemento a los diferentes estudios e investigaciones que se han realizado en el Perú basadas en el reaprovechamiento de lodos que se generan a partir del tratamiento de aguas residuales domésticas; puesto que dichos estudios e investigaciones se basaron principalmente en la remoción de parámetros cuyas concentraciones ya se encuentran definidas en la compatibilidad de ciertos cultivos y su reaprovechamiento se realiza de manera directa. Sin embargo, la presente investigación permite brindar una alternativa en el reaprovechamiento de lodos para plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas gestionados por las Municipalidades y que generalmente dosifican en su proceso de clarificación con Sulfato de Aluminio, y ello hace que se generen altas concentraciones de aluminio en los lodos resultantes y dificulten su reaprovechamiento.

1.4.2 Justificación práctica

Desde la perspectiva práctica, la importancia del estudio planteado se advierte en la posibilidad de establecer contrastes entre los fundamentos de orden teórico y los aspectos que configuran la dinámica real, surgiendo de esto, un interesante ejercicio reflexivo que se apunta como aporte sustancial tanto en el aspecto científico, como en el contexto seleccionado para el desarrollo de la investigación.

Seguidamente, se advierte una trascendencia de orden práctico en el proceso, por cuanto se aspira el contraste entre los preceptos de naturaleza teórica y los elementos que forman parte de la

praxis real. Por último, se aspira que la investigación represente en su esencia y práctica, un paso firme en el escenario metodológico del presente, apegándose a la rigurosidad del método científico y siendo un marco de referencia a investigaciones que de forma posterior se realicen en esta materia.

1.4.3 Justificación metodológica

A fin lograr el objetivo de la investigación, se han definido las variables independientes (Disolución de ácido sulfúrico) y la variable dependiente (Concentración de Aluminio en lodos), basadas en etapas de campo y laboratorio. La primera se justifica en el procedimiento metodológico para la toma de muestra de lodos cuyo protocolo se aprueba en la R.M N° 093-2018-VIVIENDA. Seguidamente se define el reactivo ácido que en este caso fue el ácido sulfúrico cuya justificación se basa en estudios de investigación de tipo de internacional. A fin de determinar el comportamiento de los niveles de remoción; se definen tiempos de floculación a diferentes concentraciones de pH en un medio ácido que varían de 2 a 4, logrando remover hasta en un 99,9% de concentraciones de aluminio. Así mismo las evaluaciones estadísticas realizadas a través de la prueba t de Student generan confiabilidad en los resultados obtenidos.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

H_0 = La remoción de aluminio es alta en lodos generados por aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento “San Miguel II” distrito de San Miguel – Lima.

H_1 = La remoción de aluminio no es alta en lodos generados por aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento “San Miguel” distrito de San Miguel – Lima.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) San Miguel II

2.1.1.1 Ubicación de la PTAR San Miguel II

La PTAR San Miguel II cuya superficie es de 1,210.30 m², se encuentra ubicado en el Distrito de San Miguel (Av. Costanera Cuadra 14), Región Lima. Su ubicación geográfica se emplaza entre las siguientes coordenadas UTM.

Tabla 1

Coordenadas de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales San Miguel II

Vértice	Este	Norte
A	X=273119.14	Y=8664332.61
B	X=273143.74	Y=8664326.98
C	X=273149.96	Y=8664328.10
D	X=273160.75	Y=8664325.63
E	X=273161.86	Y=8664323.84
F	X=273156.02	Y=8664308.20
G	X=273155.19	Y=8664307.54
H	X=273154.28	Y=8664303.54
I	X=273153.92	Y=8664302.61
J	X=273141.52	Y=8664298.98
K	X=273122.62	Y=8664303.09
L	X=273113.74	Y=8664311.10
M	X=273111.33	Y=8664320.74

Nota: Los valores mostrados representan coordenadas geográficas de los vértices que emplazan el área de la planta de tratamiento de agua residuales San Miguel II.

Así mismo en el Anexo 02, se presenta el Plano de Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Miguel II.

2.1.1.2 Parámetros de diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Los parámetros de diseño de la PTAR San Miguel II comprende en primer término el diseño estructural y en segundo término la calidad de los efluentes luego del tratamiento, los valores se han determinado a partir de indicadores poblacionales y consumos de agua potable, los mismos que representan en la Tabla 2.

Tabla 2

Parámetros de diseño de la PTAR San Miguel II

Parámetro	Unidad	Valor
Capacidad	m ³ /d	800
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	800
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	400
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	350
Nitrógeno Total	mg/l	50
Aceites y Grasas	mg/l	<40
PH	--	6 - 8
Coliformes Termotolerantes	Und.	40,000,000
Coliformes Totales	Und.	50,000,000

Nota: Los valores de diseño muestran especificaciones de la dimensión estructural de la PTAR y los niveles de concentración de los parámetros de afluentes a tratar. Estos valores se

encuentran en la Memoria Descriptiva del expediente técnico para la instalación del Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas San Miguel II - Distrito de San Miguel – Lima (2019).

En la Tabla 3, se presentan los parámetros de diseño proyectado del efluente luego del tratamiento.

Tabla 3

Calidad del efluente tratado en la PTAR San Miguel II

Parámetro	Unidad	Valor
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	10
Nitrógeno Total	mg/l	40
Coliformes Termotolerantes	Und.	1,000
Coliformes Totales	Und.	5,000

Nota: Los valores muestran las concentraciones de los parámetros luego del proceso de tratamiento. Estos valores se encuentran en la Memoria Descriptiva del expediente técnico para la instalación del Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas San Miguel II - Distrito de San Miguel – Lima (2019).

2.1.1.3 Proceso de Tratamiento PTAR San Miguel II

La planta de tratamiento de aguas residuales San Miguel II comprende un sistema de tratamiento biológico mediante tecnología de MBBR (biorreactores de lecho móvil), cuyos procesos se describen a continuación:

✓ *Captación de Aguas Residuales Domésticas*

La captación de las aguas residuales domésticas se realiza a partir de un empalme al buzón sobre el Colector Universidad la católica de DN 350, ubicado en la Av. Riva Agüero esquina con La Mar, desde donde se capta un volumen de agua de 800 m³/día. Las aguas residuales procedentes de la red pública de desagües domésticas deben ser pretratadas antes de ser introducidas en cualquier sistema de depuración. Este pre tratamiento se realizar mediante un equipo mecánico denominado Huber, el cuál separa sólidos, arena y materias con contenido de grasa; dicho sistema convencional lo podemos observar en la Figura 1.

Figura 1

Sistema de pretratamiento de materiales sólidos – Equipo Huber



✓ *Cámara de Bombeo*

Esta estructura permite almacenar el desagüe doméstico que ingresa a la PTAR para luego impulsarlo al sistema inicial de tratamiento. Estará conformado por una cámara de rejillas para sólidos gruesos, una cámara húmeda, donde ingresan los desagües, para su impulsión se cuenta con 2 electrobombas, que trabajan en forma alternada.

Figura 2

Cámara de bombeo de aguas provenientes de la Red Pública



✓ *Tanque de Homogenización*

Esta estructura hidráulica almacena y homogeniza las aguas pre tratadas por el Equipo Huber. El tiempo de retención es de 3 horas y la función principal es la de regular el caudal de abastecimiento a los reactores. Esta estructura cuenta con dos electrobombas sumergibles de 2 HP que impulsan las aguas pretratadas hacia los Reactores Biológicos. El sistema se puede observar

en la Figura 3.

Figura 3

Sistema de Tanque de Homogenización



✓ *Reactores Biológicos*

Los reactores biológicos son los sistemas más importantes de todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales, estas estructuras hidráulicas tratan las aguas residuales domésticas mediante tecnología de MBBR de lodos activados, específicamente son los reactores biológicos de Lecho Móvil con el proceso AGAR. Estos reactores se encuentran interconectados por un niple de tubería de 200 mm de Acero Inoxidable AISI 304 empotrada en el muro y a 1.0 m debajo del nivel de agua en la estructura hidráulica. Este niple cuenta en uno de sus extremos con una canastilla de F.G. que permite el paso del agua más no el paso de accesorios (carrier) necesarios para este proceso de tratamiento.

Los reactores biológicos están compuestos por tres zonas de igual capacidad (73.43 m³). Cada reactor biológico tiene un sistema de aireación que cuenta con un sistema de tuberías que inyectan aire al cuerpo de agua iniciándose así el proceso de degradación de la materia orgánica. El aire que es inyectado en cada zona de aireación proviene de dos (2) sopladores GD de 20 HP de capacidad.

El principio básico del proceso de lecho móvil es el crecimiento de la biomasa en soportes plásticos o bioportadores de biomasa (Carriers) que se mueven en el reactor biológico mediante la agitación generada por sistemas de aireación (reactores aerobios).

La biopelícula que se forma en las paredes del relleno se caracteriza por una mayor efectividad que los flóculos biológicos. A su vez, los soportes plásticos empleados contienen una elevada superficie específica por unidad de volumen. Estas dos particularidades hacen que los reactores de lecho móvil sean de volumen mucho menor que los de fangos activos.

Posterior al proceso de degradación, se cuenta con un efluente el mismo que por gravedad pasa desde el tercer reactor hacia una caja de reunión o caja de mezcla rápida. Este componente cuenta con un vertedero; el cual genera una caída de agua que contribuye a la formación de una pequeña turbulencia que permite que este punto sea aprovechado para la adición coagulante (Sulfato de Aluminio) previo a su ingreso al tanque de mezcla. En este tanque es donde se produce tal como su nombre lo indica la mezcla del agua proveniente de los reactores con el coagulante, para ello se cuenta con un motor de 0.5 HP de capacidad el cual acciona la paleta que permite la mezcla.

Figura 4

Cisterna de dosificación de Sulfato de Aluminio como coagulante



✓ ***Clarificador tipo Lamellas***

A diferencia de un clarificador convencional (circular) o simple que cuenta con una zona no turbulenta que brinda el tiempo suficiente a los sólidos suspendidos para que reposen y luego resbalen hacia el fondo de las estructuras. La PTAR San Miguel II cuenta con un nuevo sistema de clarificación que no solo es efectivo en cuanto a espacio, sino también en tiempo de clarificación. El Clarificador tipo Lamellas es un equipo que haciendo uso de un procedimiento físico separa los sólidos del agua en un espacio menor al que lo pueda hacer un clarificador convencional (tercera parte de lo normal), para ello cuentan con placas inclinadas que a su vez utilizan un mínimo de espacio en comparación a los clarificadores convencionales. Estos clarificadores son construcciones de acero al carbón con recubrimientos epóxicos internos y

externos, o bien de acero inoxidable, además tiene una capacidad de tratamiento de $35\text{m}^3/\text{h}$, asimismo en el fondo cuentan con una tubería para la salida de los lodos generados en el proceso de degradación y eliminación de la materia orgánica que los conecta hacia la cámara de bombeo de lodos. Desde este clarificador el agua tratada sale por gravedad hacia la cisterna de 50.0 m^3 que alimentara al sistema terciario.

Figura 5

Clarificador tipo Lamellas



Figura 6*Cámara de almacenamiento de lodos residuales*

Nota: La cámara de almacenamiento de los lodos residuales es denominado la estación de muestreo que comprende la presente investigación.

✓ ***Cisterna de 50 m³***

Esta cisterna cumple la función de poder almacenar el agua proveniente del clarificador, esta estructura es de concreto armado, desde donde por medio de dos electrobombas sumergibles de 4.0 HP de capacidad se impulsan las aguas hacia el sistema de filtros.

✓ ***Sistema de Filtros***

Es un sistema terciario de filtros, cuya finalidad es de lograr una mejor eficiencia en cuanto a los sólidos suspensión, bacterias, virus, endotoxinas y otros patógenos, y de esta manera lograr un efluente óptimo para la desinfección y que cumpla con la normativa vigente respecto a aguas

tratadas para riego de parques y jardines. El sistema de filtros implementado es denominado filtrado de anillas y está diseñado para un caudal de 35 m³/hora.

El agua filtrada es derivada mediante una tubería a presión hacia la cisterna de almacenamiento proyectada de 1200 m³, previa desinfección.

✓ ***Reservorio semienterrado***

Esta estructura hidráulica de concreto armado de 1,200.00 m³ almacena el agua residual tratada que es utilizada para el riego de parques y jardines.

✓ ***Estación de bombeo de agua tratada***

Estructura de albañilería confinada, en cuyo interior se alojan los equipos electromecánicos que permitan la succión e impulsión del agua almacenada en el reservorio semi enterrado, para el abastecimiento de los parques y bermas. La estación se encuentra equipada con 4 electrobombas de caudal constante de 7 L/seg y 35 HDT.

Figura 7

Estación de bombeo de agua tratada



2.1.2 Remoción de Metales

Los metales pesados se encuentran de manera natural en la corteza terrestre en concentraciones muy bajas asociados a otros minerales o como depósitos. Su expansión en la tierra y mantos acuíferos, es gracias a fenómenos naturales como alteraciones de rocas volcánicas y sedimentarias; pero también es gracias a actividades antropogénicas como: construcción de presas, industrialización y urbanización que están ligados a los desechos de efluentes contaminados. Diferentes industrias generan efluentes contaminados con metales.

La presencia de metales en el agua en concentraciones elevadas genera problemas de contaminación; la toxicidad de los metales se desarrolla cuando se acumulan en los organismos hasta llegar a niveles que causan trastornos fisiológicos y metabólicos.

Los métodos convencionales para la remoción de metales pesados en efluentes son por electrolisis, electrodiálisis, intercambio iónico, ultrafiltración; entre otros. Estos procesos son empelados para remover o recuperar elevadas concentraciones de metales de efluentes y en general son procesos muy costosos.

Un método alternativo para remover bajas concentraciones de metales es empleando microorganismos (bacterias, algas y hongos) quienes son capaces de fijar los metales.

La remoción de los metales puede ser por procesos ligados al metabolismo celular o independiente a este. En el primer caso los metales son removidos por células vivas (bioacumulación) y en el segundo caso se conoce como biosorción, en este caso los metales se fijan a la biomasa, que puede estar inactiva o no viable, es decir ya no puede reproducirse. La utilización de Biosorventes para la captación de metales es una opción por la diversidad y los bajos costos de estos materiales. (Kuyucak & Volesky, 1989)

2.1.3 Lodos Residuales

El D.S. 015-2017-VIVIENDA, decreto supremo que aprueba el reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, define los lodos como: residuos que provienen de procesos de tratamiento de aguas residuales, los cuales presentan elevadas concentraciones de materia orgánica, característica aplicada a los lodos primarios y secundarios, así como en las excretas de instalaciones sanitarias in situ.

Los Lodos residuales son aquellos residuos semisólidos resultantes de los procesos de tratamiento de aguas residuales, los cuales están compuestos de materia orgánica no descompuesta, microorganismos patógenos, compuestos no biodegradables y potencialmente tóxicos como metales pesados y sales inocuas las cuales han sido removidas de los procesos de tratamiento de aguas. (Huamán y Huamán, 2019).

2.1.4 Caracterización de los lodos generados en una PTAR

Los componentes principales del agua residual en las plantas de tratamiento presentan basuras, arena, espuma y lodo, es por ello que el lodo que se produce en las operaciones y procesos de tratamiento de aguas residuales depende fundamentalmente de las características del agua residual, de su edad y del proceso de tratamiento empleado en la planta que lo genera. Este residuo es importante ya que es fuente potencial de materia orgánica y energía, pero al no contar con un manejo adecuado, genera un problema gracias a su elevado contenido de patógenos y metales pesados, por lo que se requiere un proceso de estabilización. (Huamán y Huamán, 2019).

Para el adecuado manejo de lodos se debe evaluar la composición química (incluida la concentración de metales pesados), así como el contenido de patógenos y parásitos que posean; sin embargo, se ha establecido un grupo de indicadores que se debe cuantificar ya que este determina el grado de contaminación que poseen los lodos.

Hay un intervalo de valores Tabla 4 para cada indicador, lo cual nos permite elegir un adecuado tratamiento, desde el punto de vista económico y medioambiental, con la finalidad de lograr su reúso o disposición segura.

Tabla 4

Valores característicos de los parámetros más frecuentemente estudiados en los lodos

Indicadores	Máximo	Mínimo
Nitrógeno total (mg/L)	1500	200
Fósforo total (mg/L)	300	40
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	100000	7000
Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	60000	4000
pH	8,5	7

Fuente: (Huamán y Huamán, 2019)

2.1.5 Cantidad de lodos generados en una PTAR

La cantidad de lodo que se produce es variable y depende del proceso de tratamiento, de las características del agua residual, del grado de tratamiento previo, del tiempo de sedimentación, de la densidad de sólidos, del contenido de humedad, del tipo de equipo o método de remoción de lodos y de la frecuencia de remoción de los mismos. (Huamán y Huamán, 2019).

2.1.6 Tipos de Lodos Residuales

Gran parte de las sustancias contaminantes que son separadas en los procesos de tratamiento de aguas residuales, ya sea en tratamientos primarios como secundarios terminan en los lodos, por lo tanto, los lodos generados dependen principalmente del nivel de tratamiento de las aguas residuales. (Huamán y Huamán, 2019).

✓ ***Lodo crudo***

Es el que no se ha tratado ni estabilizado, y puede ser extraído de plantas de tratamiento de aguas residuales. Tiende a producir la acidificación en la digestión y olor. (Huamán y Huamán, 2019).

✓ ***Lodos primarios***

Son los lodos extraídos de la sedimentación primaria, en donde se remueven sólidos sedimentables, presentan fundamentalmente arena fina, sólidos inorgánicos y sólidos orgánicos.

Los lodos primarios presentan por lo general gran cantidad de material orgánico, vegetales, frutas, papel, etc. Su consistencia está caracterizada por ser un fluido denso con un porcentaje de agua que varía entre 93 % y 97 %, de color marrón a gris, volviéndose sépticos y generan mal olor con gran facilidad. (Huamán y Huamán, 2019).

✓ ***Lodo activo***

Es aquel lodo que se obtiene del tratamiento biológico de aguas residuales y se caracteriza por la interacción de diferentes tipos de microorganismos. El lodo se encuentra como flóculos que presentan biomasa y minerales absorbidos y almacenados. (Huamán y Huamán, 2019).

✓ ***Lodos secundarios***

Son aquellos que resultan del tratamiento secundario biológico de aguas residuales, que transforman residuos o substratos solubles en biomasa, también presentan material particulado que permanece en el agua luego de la sedimentación primaria y que se incorpora en la biomasa. (Huamán y Huamán, 2019).

Estos lodos son de color marrón, por lo general no producen olores con tanta rapidez, pero producen un olor tan fuerte como el lodo primario. (Valderrama, 2013, p. 16)

✓ *Lodo digerido*

Son los que se obtienen de procesos de digestión aeróbica y son de color negro, poseen grandes cantidades de gas, si está bien digerido no produce olor o produce un olor débil que no es desagradable. Presenta una proporción de materia orgánica entre el 45 a 60 %. (Valderrama, 2013, p. 17)

2.1.7 Aguas Residuales

Las aguas residuales resultan de la acción y efecto en la cual el hombre introduce materias contaminantes al agua de manera directa o indirecta; lo cual genera variaciones en su calidad con respecto a los usos posteriores o con su función ecológica.

Estas aguas que resultan del sistema de abastecimiento de agua de una población, luego de ser modificadas por diferentes usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

El agua residual está constituida por componentes físicos, químicos y biológicos; es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos. Las aguas residuales domésticas son aquellas que han sido usadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.), consisten en residuos humanos que terminan en redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación y también consisten en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Se estima que las aguas residuales domésticas están conformadas en un gran porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, esta mínima fracción de sólidos es la que representa los mayores problemas en su tratamiento y su disposición.

El tratamiento de aguas residuales domésticas consiste en eliminar los contaminantes hasta obtener valores máximos permisibles de acuerdo a las normas y estándares nacionales o

internacionales. Gracias a la variedad de contaminantes que presentan las aguas residuales, su tratamiento es muy complejo por lo que las técnicas empleadas en estos procesos son diversas. (Díaz, Alvarado y Camacho, 2012)

2.1.8 El Aluminio en la Naturaleza

El aluminio es el tercer elemento más abundante en la tierra (después del oxígeno y el silicio), que constituye un 8.1% de la corteza terrestre (Tabla 5). Se encuentra principalmente en las arcillas y bajo ciertas condiciones, se convierte en un elemento tóxico para las plantas. Esto ocurre particularmente en suelos con pH menor a 5 (Zapata-Hernández, 2004). La acidez por sí misma no constituye un factor limitante para el desarrollo de las plantas (Alam, 1981; Jansen et al, 2002; Ramírez et al., 1983), éstas sufren el efecto de la toxicidad del aluminio cuando la concentración de este catión, en la solución del suelo, es mayor de 1 o 2 ppm. El aluminio en la solución del suelo es generalmente menor de 1 ppm cuando el porcentaje de saturación con Al es menor del 60%.

Tabla 5

Los 10 elementos más abundantes en la corteza terrestre

Elemento	Abundancia (%)	Abundancia (ppm)
Oxígeno	46.1	461,000
Silicio	28.2	282,000
Aluminio	8.23	82,300
Hierro	5.63	56,300
Calcio	4.15	41,500
Sodio	2.36	23,600

Elemento	Abundancia (%)	Abundancia (ppm)
Magnesio	2.33	23,300
Potasio	2.09	20,900
Titanio	0.565	5,650
Hidrógeno	0.14	1,400

Nota. Tomado de Birkeland (1999)

El crecimiento de la población, las actividades agrícolas y la industrialización, generan la liberación del aluminio a partir de los minerales primarios a través de la acidificación del suelo, el cual tiende a aumentar con el tiempo. El proceso acelerado de acidificación que genera la actividad antropogénica en suelos forestales se ha considerado un tema de medio ambiente (Huang, 1990). Por otra parte, debe considerarse que, debido a la acción del hombre, el Al puede existir en altas concentraciones en los alrededores de los sitios donde se desechan residuos de ciertas industrias, refinerías, fundiciones, canteras y minas. Se ha calculado que un 70% de las tierras cultivables tienen suficiente acidez como para ocasionar problemas de toxicidad originada por la solubilización de Al (Camps-Arbestain et al., 2003).

2.1.9 Características del Aluminio

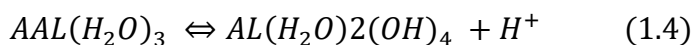
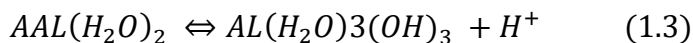
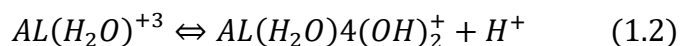
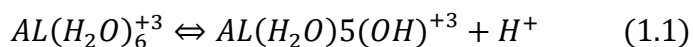
El Aluminio en su estado puro, es un metal relativamente ligero (densidad del sólido 2,700 kg m³) de color blanco-plateado (reflectividad 71%) que a temperatura ambiente es sólido (punto de fusión 660.32° C), cristalizando en forma cúbica. Presenta una alta conductividad térmica (235 W rrf1 K⁻¹) y una baja resistencia eléctrica (2.65 cm). Todas estas características, junto con su elevada resistencia a la corrosión, hacen que sea uno de los elementos con más usos actualmente.

El aluminio pertenece al grupo 13 período 3 de la tabla periódica, es un elemento anfótero con una configuración electrónica de $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$. Se encuentra en la naturaleza distribuido en tres grandes grupos: biomasa viva, en solución y en partículas sólidas inertes. En su mayor proporción se encuentra inmovilizado en el suelo en forma de silicatos de aluminio que no pueden ser absorbidos por las plantas. No obstante, si las condiciones cambian este elemento puede llegar a solubilizarse y ser incorporado a los ciclos bioquímicos.

El aluminio se obtiene principalmente de la bauxita, un mineral muy abundante, que fue descubierto en Le Baux, Francia, en el siglo XIX. El aluminio es liviano, fuerte en aleación con otros metales, maleable y muy dúctil, tanto que puede ser estirado hasta su transformación en alambre o ser extendido hasta constituir una lámina extraordinariamente delgada. Tiene una elevada conductividad eléctrica (conduce la misma cantidad de corriente eléctrica que el cobre con la mitad del peso) lo que lo hace apto para la fabricación de conductores para líneas de baja, mediana y alta tensión (Nesse et al., 2003).

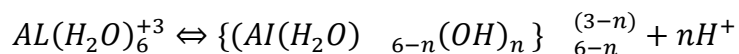
Es resistente a la corrosión atmosférica y química debido a que forma rápidamente una capa fina, densa, dura y translúcida de su óxido que impide el ataque posterior por el oxígeno. Como óxido de aluminio es soluble en ácidos minerales y álcalis fuertes, pero insoluble en agua, mientras que el cloruro, el nitrato y el sulfato de aluminio son solubles en agua. Los halogenuros, los hidruros y los alquilos más cortos de aluminio reaccionan violentamente con el agua.

El Al^{+3} es un catión con grado de hidrólisis moderada que perturba el equilibrio de disociación del agua y produce un aumento en la concentración de H^+ , quedando la solución ácida y sus reacciones de hidrólisis son las siguientes:



El hidróxido de aluminio $Al(OH)_3$ formado en la reacción de hidrólisis (1.3), puede reaccionar con H^+ u OH^- ; mostrando sus características anfotéricas.

En condiciones de pH ácido, este complejo acuoso permanece intacto, ya que la actividad de los H^+ es alta. Con otros cationes metálicos, los iones Al^{3+} solvatados pueden hidrolizarse según la reacción simplificada:



2.1.10 Componentes de Aluminio en Tratamientos de Agua

La mayoría de las autoridades del agua a nivel mundial emplean el sulfato de aluminio como agente floculante para el tratamiento de sus suministros de agua. Un agente floculante es una sustancia que se agrega al agua para atrapar las pequeñas partículas de materia inorgánica, bacterias, virus y otros organismos potencialmente peligrosos para los humanos para su posterior filtrado.

Algunos suministros de agua no requieren de tratamientos con floculantes mientras que otros no son potables sin tratamiento gracias a su contenido de lodos, compuestos químicos presentes de forma natural, bacterias y virus causantes de enfermedades.

No se ha establecido por parte de la OMS ninguna limitación del contenido de aluminio en agua potable basada en criterios sanitarios. Todas las aguas presentan aluminio. En aguas neutras

está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede encontrar en solución (Vásquez & Bryand, 2021).

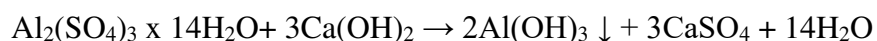
2.1.11 Sulfato de Aluminio como Agente Coagulante

Los coagulantes son materiales químicos de hierro o aluminio que se adicionan al agua para lograr la descarga de todas las partículas coloidales y suspendidas que se encuentran cargadas negativamente, dando origen a la formación de partículas más grandes (flóculos), que sedimentan con mayor rapidez. Estas partículas coloidales se dividen en hidrofóbicas e hidrofílicas, dada su afinidad con el agua. Las primeras no logran su dispersión espontánea en el agua por lo que requiere de reacciones físicas para su coagulación; y las segundas, reaccionan químicamente de forma espontánea con el agua y con los coagulantes formando suspensiones coloidales reversibles. También, existen ayudantes de coagulación, que son sustancias que producen poco o nada de floc cuando se usan solas, pero al unirse a los coagulantes, mejoran sus resultados.

Coagulantes metálicos (convencionales), son compuestos inorgánicos metálicos de aluminio o hierro, cuya polimerización se inicia cuando se pone en contacto con el agua dándose la adsorción por los coloides presentes en el agua y cuyo uso común está basado por su efectividad, disponibilidad y relativo bajo costo; se clasifican en coagulantes basados en hierro y en coagulantes basados en aluminio que incluyen: sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico, sulfato de cloruro férrico, sulfato poliférrico, sales de hierro con polímeros orgánicos; y, sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, aluminato de sodio, clorhidrato de aluminio, policloruro de aluminio, sulfato de cloruro de polialuminio, silicato de cloruro de polialuminio, formas de cloruro de polialuminio con polímeros inorgánicos respectivamente, las cuales al adicionar al agua, reaccionan con la alcalinidad de la misma y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y permiten la formación de los precipitados . Cada uno tiene un rango específico de pH donde tiene

la mínima solubilidad y ocurre la máxima precipitación dependiendo de las características químicas del agua cruda. Son, además sales ácidas que disminuyen el pH del agua y las cuales se les requiere agregar un álcali como cal o soda cáustica, dependiendo del agua a tratar.

Sales de Aluminio. Las sales de aluminio son las más empleadas porque permiten formar un floc pesado³⁰. Sulfato de Aluminio. El Sulfato de Aluminio, $Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$, aunque es una sustancia irritante, lesiona las mucosas y puede causar hemorragias severas, es el que se utiliza con mayor frecuencia en plantas de tratamiento de agua potable debido a su bajo costo y su manejo sencillo, encontrándose en presentación líquida y sólida, y en diferentes concentraciones de alúmina (Al_2O_3), parte reactiva del coagulante. Su propiedad como catión metálico está asociada con el agua en solución, actuando como ácidos y con las bases de la misma, ocurriendo un consumo y un descenso del pH al actuar también con las bases que constituyen la alcalinidad. La dosis de alumbre varía normalmente entre 5 a 50 mg/L para aguas naturales a pH efectivo de 5.5 a 8. Cuando se añaden soluciones de sulfato de aluminio al agua, las moléculas se disocian en Al^{+3} y SO_4^{-2} . El Al^{+3} puede combinarse con coloides cargados negativamente para neutralizar parte de la carga de la partícula coloidal, y también con los OH del agua para formar hidróxido de aluminio de carácter coloidal, que absorbe los iones positivos en solución neutralizando la carga de los coloides negativos permitiendo la coagulación y formación de las aglomeraciones. Además de disociarse, el coagulante reacciona con la alcalinidad natural del agua para formar floc de hidróxido de aluminio: $Al_2(SO_4)_3 \times 14H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 \downarrow + 3CaSO_4 + 14H_2O + CO_2$. Si el agua contiene poca o nula cantidad de alcalinidad natural para reaccionar, se debe añadir la alcalinidad necesaria, mediante cal o soda, siendo la cal más económica³²:



Policloruro de Aluminio. El Policloruro de Aluminio (PAC) es una sal polimérica derivada del aluminio que permite una mejor formación del floc a un rango de pH más amplio, con menor producto de lodos y poca o ninguna necesidad de usar en conjunto polielectrolitos, aunque tiene un costo mayor al sulfato de aluminio o el cloruro férrico.

2.1.12 Sulfato de Aluminio presente en lodos

En el proceso y tratamiento del agua residual doméstica se producen lodos como residuo. El volumen de dichos lodos representa del 0.3 al 1% del agua tratada, provenientes de la remoción de sólidos suspendidos presentes en el agua cruda y de reactivos adicionados (Sandoval et al., 1998). Los lodos que se producen a partir de sulfato de aluminio tienen una pobre capacidad de deshidratación. El proceso por el cual se producen los lodos durante la potabilización del agua cruda es el siguiente:

El primer paso es la mezcla rápida que consiste en la adición y mezcla de agentes floculante (sulfato de aluminio y catalizadores), después de la fase mezcla rápida, en la etapa denominada floculación, se consigue que las partículas en suspensión, que le dan turbiedad y color al agua, se agrupen formando unos cúmulos denominados "floc". Posteriormente se realiza el proceso de sedimentación, en el cual los flóculos son obligados a precipitarse en el fondo de unas piscinas de sedimentación. Este fenómeno se produce por la estructura de los sedimentadores y por el gran peso de los flóculos. En este proceso en el agua se elimina el 70% de sus impurezas biológicas y orgánicas (Vásquez & Bryand, 2021).

2.1.13 Acidificación con ácido sulfúrico

Gracias al carácter anfótero del hidróxido de aluminio este puede reaccionar con ácidos y bases, por ejemplo, con el ácido sulfúrico para solubilizar el metal (aluminio) de la sal iónica. Se

emplean en condiciones alcalinas para solubilizar el aluminio del hidróxido de aluminio, evitando otras reacciones con otros 5 metales

La acidificación es el método más efectivo para recuperar el sulfato de aluminio de lodos. Los requerimientos estequiométricos para el uso del ácido sulfúrico para la reacción con $\text{Al(OH)}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (hidróxido de aluminio) a Al^{+3} son de 1.5 moles de ácido sulfúrico por 1 mol de hidróxido de aluminio, lo que quiere decir 1.11 Kg de ácido de hidróxido de aluminio o 5,45 Kg. de ácido de aluminio.

La muestra es acidificada con H_2SO_4 al 25% y se agita por un lapso de 30 minutos a pH 1,5 a una velocidad de 100 rpm, después de la aplicación del tratamiento la solución se separa en dos fases, el aluminio se disuelve junto con el ácido sulfúrico y se separa de los residuos sólidos por gravedad. (Díaz, 2017)

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Definición de Términos

- **Ácido Sulfúrico (H_2SO_4):** Es un líquido claro denso y se utiliza para hacer fertilizantes, lixiviar minerales metálicos, refinar petróleo y fabricar una gran variedad de productos químicos y materiales. En todo el mundo se consumen alrededor de 200 millones de toneladas de ácido sulfúrico al año (Apodaca, 2012).

- **Aluminio:** Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm. El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a

sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles. El pH de oxidación del aluminio es en promedio de 8,5 (Durán, 2016).

- **Floculación:** Es un proceso químico que consiste en añadir sustancias denominadas floculantes, con la finalidad de que se aglutinan las sustancias coloidales existentes en el agua, para hacer más fácil la decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y sirve para el tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería.
- **Floculantes:** Es una sustancia que se utiliza en el proceso de floculación para la potabilización del agua, se caracteriza porque existe tipos de floculantes como catiónicos, aniónicos y sintéticos.
- **Concentración:** Relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia (MINAM).
- **Contaminación:** -Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud (MINAM).
- **Dosis Óptima:** Es la que produce la mejor desestabilización de las partículas coloidales que permite la formación de un: flóculo pesado y compacto que pueda ser fácilmente retenido en los decantadores y que no se rompa al pasar por los filtros, la dosis óptima se consigue por medio de la selección del coagulante, pH, gradientes, tiempos de mezcla, entre otros (Durán, 2016).
- **Eficiencia:** Es la capacidad de lograr lo deseado con el mínimo de recursos, es decir disponer de algo para conseguir lo que queremos.

- **Límites Máximos Permisibles:** El Límite Máximo Permisible (LMP) es la medida de concentración, grado de elementos, sustancias o parámetros físico-químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud humana. El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales; a falta de éstas, se toman en cuenta las Normas Internacionales. En nuestro caso se toma El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 03'1-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, se indican en el Anexo N° O 1. (Durán, 2016).
- **Parámetros Físicoquímicos:** ayudan a poder determinar y a evidenciar la alteración del estado de la calidad de agua en la presencia de contaminantes orgánicos, industriales, entre otros (Zhen, 2009).
- **Planta de Tratamiento de Agua Potable:** Una planta de tratamiento de agua es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes físico-químicos y microbiológicos presentes en el agua cruda, hasta obtener los parámetros dentro de los límites aceptables estipulados por las normas.
- **Procesos Físicoquímicos:** se caracterizan por los cambios que ocurren debido a la aplicación de fuerzas físicas que trabajan con reacciones químicas para obtener un efectivo tratamiento del agua residual cruda (Cerón, 2011).
- **Prueba de Jarras:** La prueba de jarras es una técnica usada para determinar la dosis óptima del floculante y otros parámetros para la potabilización del agua. En ella se tratan de simular los procesos de mezcla rápida, coagulación-floculación y sedimentación a nivel de laboratorio. Este Test de Jarras, consiste en un montaje de seis vasos de precipitado con sus respectivos

sistemas de agitación- de velocidad regulable y seis agitadores para homogenizar lo más posible el contenido de los seis vasos de precipitados en los que se varían las condiciones de operación analizándose luego los resultados en cada caso, para concluir cuales son los parámetros óptimos de depuración (Durán, 2016).

- **Metal Pesado:** Un metal pesado es un miembro de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos. Muchas definiciones diferentes han propuesto basarse en la densidad, otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad.
- **Remoción:** Es el proceso mediante el cual se eliminan los contaminantes fisicoquímicos y/o bacteriológicos del agua y dejar aptos para el consumo humano, este proceso se realiza en las plantas de tratamientos de agua potable acondicionadas para este fin (Durán, 2016).
- **Tratamiento:** Métodos, técnicas o procesos diseñados para la remoción de sólidos y/o contaminantes de efluentes o emisiones (MINAM).

2.3 Marco Legal Ambiental

- *La Constitución Política del Perú – Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales.* La Constitución Política del Perú de 1993, en su artículo 2º, inciso 22, establece que “Toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida”. Asimismo, los artículos 66º, 67º, 68º y 69º establecen que los recursos naturales, renovables y no renovables son patrimonio de la Nación, siendo el Estado el promotor del uso sostenible de éstos.

- *Decreto Legislativo N°635, Código Penal del año 1991*; En el título XIII sobre delitos ambientales, menciona las penas privativas de libertad a las personas que descarguen, comercialicen o viertan desechos industriales o domésticos en zonas no autorizadas, con mayor sanción si el causante es funcionario o servidor público.
- *Ley General de Salud N° 26842, del año 1997*. Se reconoce la responsabilidad del Estado frente al cuidado de la salud del ambiente. Así tenemos en el Artículo N° 96 del capítulo IV, se menciona que para la disposición de sustancias y productos peligrosos debe tener en cuenta todas las medidas y precauciones para evitar daños a la salud y el ambiente. Así también, los Arts. 99, 104 y 107 del Capítulo VIII, mencionan sobre los desechos y responsabilidad de las personas naturales o jurídicas a no realizar descargas de compuestos o sustancias contaminantes al aire, agua o suelo.
- *La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611*, Conforme al artículo N°1. Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente. así como a sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y desarrollo sostenible del país.

En su artículo N° 9, cuando se refiere a la Política Nacional del Ambiente que su objetivo es mejorar la calidad de vida de las personas y garantizar la permanencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales a largo plazo; y el desarrollo sustentable del país, mediante la preservación, cuidado y recuperación del ambiente y sus componentes, la

conservación y el aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales, de una forma responsable y congruente con el respeto a los derechos esenciales de la persona.

En su Artículo N° 31 trata sobre el Estándar de Calidad Ambiental, y lo define como: La medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Acorde al artículo N° 114. Cita que el acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población, y que le corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan para abastecimiento de la población, sin perjuicio de las responsabilidades que correspondan a los particulares. En caso de escasez del recurso hídrico, el Estado asegura el uso preferente del agua para abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

Acorde al artículo N° 120. Establece que el Estado, tiene el deber de la protección de la calidad del recurso hídrico del país. De esta manera el Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fine de su reúso, considerando como antecedente la obtención de la calidad necesaria para su reutilización, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizaran.

- *Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos, del 31 de marzo de 2009*, esta ley tiene por finalidad normalizar el uso y gestión integrada del agua, la participación del Estado y los privados en dicha gestión, basándose en los principios de valoración del agua, priorizar el acceso al agua, participación de los ciudadanos y cultura del agua, seguridad jurídica, el respeto de los usos de agua por las comunidades campesinas y nativas, sustentabilidad, descentralización,

prevención, eficiencia., gestión integrada y tutela jurídica; en este sentido se ha creado el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, siendo la Autoridad Nacional del Agua el ente rector y la máxima autoridad técnico normativa la cual está integrada por el Consejo Directivo, Jefatura, Tribunal de Resolución de Controversias Hídricas, Órganos Desconcentrados denominados Autoridades Administrativas del Agua y Administradores Locales del Agua; y Órganos de Apoyo.

Para el uso del agua y su vertimiento se ha fijado una retribución económica cuyas tarifas están de acuerdo al uso de infraestructuras hidráulicas mayores y menores, por el servicio de monitoreo y por la gestión de las aguas subterráneas.

La presente ley deroga el Decreto Ley N° 17752, Ley General de Aguas y su reglamento el Decreto Supremo N° 261-69-AP.

- *Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N° 001-2010 - AG*, en su Artículo 103 trata sobre la protección del agua, indica que, la protección del agua tiene como finalidad la prevención y deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de los cuerpos naturales y los ecosistemas acuáticos; implantar medidas; específicas para eliminar o minimizar progresivamente las causas que generan su contaminación y degradación.
- *D.L N° 1083-2008-ANA*. El presente decreto legislativo establece el marco normativo para promover el aprovechamiento racional y la conservación de los recursos hídricos motivando el desarrollo de una cultura de uso responsable entre todos los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, pública o privada. La Autoridad Nacional del Agua, fija los parámetros de eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos, los cuales son requisitos máximos y mínimos aplicables a cada tipo y forma de uso del recurso. La ANA

brinda Certificados de Eficiencia en la cual consta el uso eficiente, así como Certificados de Creatividad, Innovación e Implementación para la Eficiencia del Uso del Agua. Los incentivos institucionales que promueve la Autoridad Nacional del Agua son cursos de buenas prácticas, pasantías, premios, divulgación de experiencias exitosas e impulso del uso de equipos y tecnologías innovadoras. Para los usuarios y operadores que incumplan con los parámetros de eficiencia tendrán que presentar un Plan de Adecuación para el uso eficiente de los recursos hídricos hasta cumplir en un tiempo no mayor de 5 años con los parámetros solicitados. La ANA fomenta la reversión de los excedentes de los recursos hídricos, así como el reúso de los mismos.

- *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.* Compila las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N°002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N°023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo.

Las categorías establecidas para los estándares de calidad ambiental para agua son:

- ✓ Categoría 1: Poblacional y Recreacional.
 - ✓ Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
 - ✓ Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
 - ✓ Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.
- *Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.* aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, dejando sin efecto el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA

donde se Aprobaron los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

- *Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA Aprueban el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*; en su Artículo 1: menciona que este reglamento tiene como objetivo establecer las disposiciones para determinar las características de los lodos; así como la clasificación, los parámetros para la producción y el control de la aplicación de los biosólidos provenientes de la estabilización de lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) domésticas o municipales.

Artículo 2. Tiene como finalidad promover el reaprovechamiento de los lodos generados en las PTAR, que luego de ser transformados en biosólidos, puedan ser utilizados en actividades agrícolas, forestales, industria cerámica, entre otras, considerando los riesgos a la salud y el ambiente.

- *Resolución Ministerial N°093-2018-VIVIENDA, aprueba el Protocolo de Monitoreo de Biosólidos*, como la herramienta que establece los procedimientos y metodologías para determinar la calidad de los lodos provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales u otros sistemas de saneamiento para la disposición final o reaprovechamiento.

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

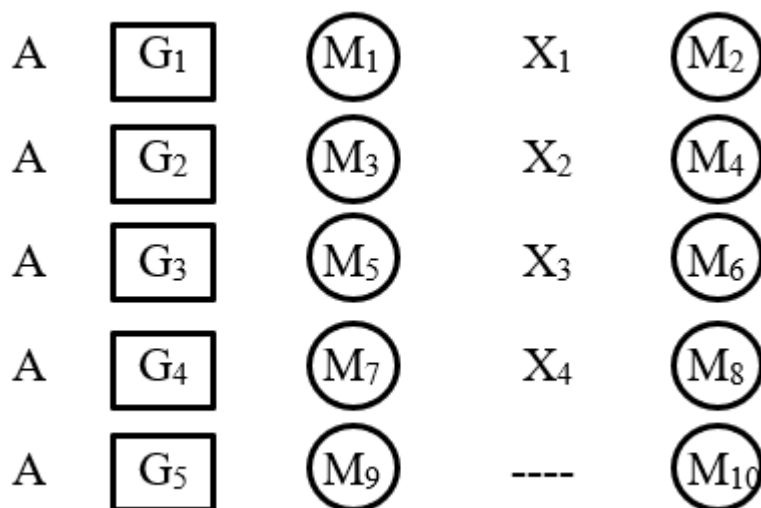
El estudio se orientó desde el enfoque cuantitativo, por el cual se planteó la medición de los cambios en la variable dependiente luego del experimento realizado con el apoyo de la estadística. El tipo de estudio fue aplicado, ya que se realizó la observación de la realidad y se intervino con el fin de buscar cambios en su naturaleza (Fernández, Baptista & Hernández, 2014), por lo cual se aplicó la solución de ácido sulfúrico a las muestras de lodo mediante ensayos experimentales hasta lograr la remoción del aluminio de los lodos de la planta de tratamiento.

El diseño de investigación fue experimental puro o verdadero. Es experimental puro con control dado que se evaluó los cambios en la variable dependiente a partir de la manipulación de la variable independiente y de subtipo diseño con preprueba-posprueba y grupo de control (Hernández y Mendoza, 2018), evidenciado en los tratamientos realizados mediante las técnicas de jarras o jarras test. Para ello, se manipuló la mencionada característica varias veces hasta lograr un alto grado de eficiencia y con mayor porcentaje de remoción de aluminio de los lodos. Es longitudinal, porque se mide la variable dependiente en sus diferentes grupos, que fueron preparados en tratamientos de jarras, según el valor del pH y el tiempo para la remoción, por lo implicó la medición antes del experimento para ver sus condiciones iniciales y la medición después del experimento para evaluar los cambios en la variable dependiente, esto es el porcentaje de remoción de aluminio de los lodos procedentes de la planta de tratamiento, así como la dosis óptima para tal proceso, que fue demostrado mediante la prueba de hipótesis la eficiencia del ácido sulfúrico en tal proceso de remoción.

El gráfico del diseño de investigación experimental puro y de subtipo diseño con preprueba-posprueba y grupo de control (Hernández y Mendoza, 2018) es el siguiente:

Figura 8

Gráfico del diseño experimental puro



Donde:

- Los G₁, G₂, G₃, G₄ y G₅ son los tratamientos que se realizaron en función al tiempo de remoción de aluminio de los lodos. A los 4 primeros se les aplicó la solución ácida, pero no al último, que actuó como grupo control o testigo.
- Cabe señalar que cada grupo estuvo integrado por cinco elementos, distribuidos en cinco jarras de lodo con concentración de aluminio de 251.43 mg/l, a los cuales se les alteró el pH en 4.0, 3.5, 3.0, 2.5 y 2.0, respectivamente.
- Los M₁, M₃, M₅, M₇ y M₉ son las prepruebas que se realizaron para verificar los valores iniciales del aluminio presente en los lodos.

- Los X_1 , X_2 , X_3 y X_4 son los tratamientos experimentales que se aplicaron a cada grupo, por lo cual a cada elemento se les aplicó la disolución ácida con ácido sulfúrico al 98% (H_2SO_4) y se consideró el tiempo en 4 periodos: 15 min (G_1), 30 min (G_2), 45 min (G_3) y 60 min (G_4), por cada grupo, respectivamente. Salvo en el G_5 , al cual no se le aplicó ningún experimento.
- Los M_2 , M_4 , M_6 , M_8 y M_{10} son las pospruebas que se realizaron para verificar los valores finales del aluminio presente en los lodos, con lo cual se determinó la eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción de tal metal.
- Por último, se compararon las pospruebas para ver si funcionó el tratamiento.

El método de investigación es el hipotético - deductivo, ya que durante el proceso de indagación se planteó comprobar hipótesis, por lo que a partir de caso particular se llegaron a conclusiones (Valderrama, 2013), respecto de los cambios manifestados en la remoción de aluminio de los lodos, luego de la experimentación con el ácido sulfúrico.

3.2 Ámbito temporal y espacial

3.2.1 *Ámbito temporal*

La investigación desarrollada al ser de tipo aplicada y de diseño experimental puro requirió de un tiempo que comprendió desde la búsqueda de la información, desarrollo experimental y redacción del informe final. La búsqueda bibliográfica comprendió el periodo 2015 a 2021. Así mismo, la etapa experimental o desarrollo de los ensayos se programaron entre los meses de agosto y diciembre del año 2021; y concluyendo con el informe final para marzo del 2022.

3.2.2 *Ámbito espacial*

Para el desarrollo de la presente investigación se trabajó en dos ambientes geográficos. El primero corresponde a la Planta de Tratamiento de Aguas residuales “San Miguel II” lugar donde se tomó la muestra patrón del lodo semisólido; el mismo que se encuentra ubicado en el distrito de San Miguel, en la región Lima entre las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator): 273155.19 E y 8664307.54 N y a una altitud aproximada de 141 m.s.n.m. El segundo ambiente corresponde al laboratorio de Geografía y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal, en donde se desarrollaron los ensayos experimentales bajo condiciones controladas a nivel de laboratorio, a fin de cumplir con los procedimientos requeridos por el diseño de investigación. La ubicación geográfica de este espacio experimental se registra con coordenadas UTM: 277097 E y 8 667 468 N.

3.3 Variables

✓ **Variable Independiente**

Disolución ácida de ácido sulfúrico

✓ **Variable Dependiente**

Concentración de aluminio en lodos de planta de tratamiento

✓ **Variables intervinientes**

pH

Tiempo de contacto

Tabla 6*Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente Disolución de ácido sulfúrico	La disolución de ácido sulfúrico es el método más efectivo para recuperar el de aluminio de lodos; el hidróxido de aluminio reacciona con ácidos y bases, por ejemplo, con el ácido sulfúrico para solubilizar el metal y se separa por gravedad. (Díaz, 2017)	La disolución ácida de H ₂ SO ₄ al 98% se agita por tiempos variados (15, 30, 45 y 60 minutos) a pH 2.0, 2.5, 3.0, 3,5 y 4.0 a una velocidad de 100 rpm en las muestras de lodo, después de la aplicación del tratamiento la solución se separa en dos fases, el aluminio se disuelve junto con el ácido sulfúrico y se separa de los residuos sólidos por gravedad.	Temperatura	Medición de temperatura en °C
			Velocidad de agitación	Determinación Velocidad de Agitación x rpm
			Concentración de H ₂ SO ₄ al 98%	Determinación de dosis en ml
Variable Dependiente Concentración de Aluminio en lodos	La concentración de aluminio se refiere a la cantidad de aluminio recuperada de los lodos residuales de la planta de tratamiento “San Miguel II”. La concentración de aluminio en los lodos será tratada mediante remoción con la disolución ácida de H ₂ SO ₄ al 98%, teniendo en cuenta el tiempo y los valores de pH preparados en cada uno de los tratamientos.		Concentración de aluminio	Determinación de Al x mg/l mediante instrumento
			Efecto del tiempo en la remoción de aluminio	Determinación del tiempo favorable en la remoción de aluminio
			Efecto del valor pH en la remoción de aluminio	Determinación del valor de pH favorable en la remoción de aluminio
			Tiempo máximo de remoción de aluminio	Determinación del tiempo de remoción de aluminio

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

En la presente investigación se ha considerado analizar las muestras de lodo procedentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas “San Miguel II”, las cuales generan un volumen total importante diario. La población total a considerar es de aproximadamente 60 m³/mes de lodo procedentes de la cámara de bombeo de lodos que pertenece al sistema de tratamiento de dichas aguas residuales. Las muestras de lodo en estado semisólido fueron tomadas en el mes de febrero de 2022.

3.4.2 Muestra

La muestra se determinó mediante el muestreo no probabilístico, por lo que no se aplicó ninguna fórmula estadística, sino que fue intencional, es decir, por conveniencia del investigador, por ello optó considerar 15 litros para la realización de los tratamientos experimentales en cada uno de los grupos muestrales, teniendo en cuenta la capacidad de los floculadores. Por ello, teniendo en cuenta la técnica de jarras test se formaron 5 grupos, cuatro experimentales (GE) y uno de control (GC), cada uno integrado por 5 elementos, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 7*Distribución de la muestra de estudio*

Grupo	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Muestra (en litros)
	pH = 4.0	pH = 3.5	pH = 3.0	pH = 2.5	pH = 2.0	
GE ₁	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	1.250
GE ₂	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	1.250
GE ₃	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	1.250
GE ₄	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	1.250
GC ₅	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	0.25 l	1.250
			Total			6.250

De dicha muestra original, al realizarse los tratamientos, se realizaron dos repeticiones por cada tratamiento para valorar los promedios como resultados válidos, por lo cual a cada grupo de 1.250 l se le agregó dos valoraciones más (+ 2.50 l), con lo cual se tuvo 3.750 l, que multiplicado por 4 dan 15 litros, ya que en el grupo no se realizó ningún experimental, fue el grupo testigo. La muestra de lodo tomado en la cuarta semana de noviembre de 2021, el cual incluyó 4 tratamientos. El volumen mínimo trabajado fue de 0.25 litros por muestra, donde cada corrida experimental fue de 1.250 litros, el cual incluyó dos repeticiones, haciendo un total de 3.750 litros por tratamiento.

3.5 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

3.5.1 Técnicas

La técnica es el recurso que sirve para la aplicación del instrumento durante el proceso de recogida de datos en campo. En el estudio se consideró como técnicas a la observación y a la

prueba de jarras. La primera que permitió al investigador documentar los cambios realizados en los valores de aluminio en los lodos durante el proceso de experimentación. En el caso de la prueba de jarras, fue la técnica idónea para la evaluación de los cambios de la variable dependiente, según el tratamiento experimental que se le dio, luego los valores registrados en las fichas de muestreo sirvieron para elaborar los resultados exigidos en el estudio.

3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos son recursos que son útiles para el almacenamiento de la información recolectada en campo, que luego serán los insumos para la elaboración de los resultados exigidos en el estudio y planteados en los objetivos de investigación. Para el estudio, se consideraron los siguientes instrumentos:

- Fichas de recolección de muestra.
- Analizador de pH.
- Medidor multiparámetro
- Balanza analítica electrónica
- Refrigerador
- Agitador magnético con calentamiento
- Pipeta, probeta
- Matraz de Erlenmeyer
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Libretas de campo

3.6 Procedimiento

El desarrollo de la presente investigación, ha sido ejecutada en cinco etapas secuenciales, la primera desarrollada a nivel de campo y las otras cuatro fueron desarrolladas a nivel de laboratorio, estas etapas integran a los objetivos tanto específicos como general: Toma de muestras (etapa de campo), identificación de las características físico químicas de los lodos, determinación de la concentración inicial y final de aluminio en los lodos, determinación del tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico para remover el aluminio de los lodos y finalmente se determina la eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción del Aluminio de los lodos.

3.6.1 Toma de Muestras de lodo (Etapa de campo)

La muestra inicial del lodo fue tomada de la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” ubicado del distrito de San Miguel, específicamente de la cisterna de sedimentación o también conocido como decantador, tal y como se observa en las Figuras 2, 3, 4 y 5. El recojo de la muestra se realizó en 04 tiempos distintos durante un (01) día: a las 08:00 am, 10:00 am, 14:00 pm y 16:00 pm, ello con la finalidad de mantener una homogeneidad en los distintos tiempos y establecer una muestra patrón de 15 litros el mismo que fue preservado en una cámara cooler hasta su traslado al Laboratorio de Geografía y Medio Ambiente (LAGEMA) de la Universidad Nacional Federico Villarreal Anexo 8. El muestreo se desarrolló considerando las especificaciones del protocolo de monitoreo de Biosólidos aprobado mediante la R.M N° 093-2018-VIVIENDA, el cual indica que los lodos o los biosólidos deben ser monitoreados en la homogenización o tomar muestras compuestas de cada lodo o biosólido dentro de la producción total de estos. Además, considera que una situación ideal es asegurar que la toma de muestra del lodo o biosólido debe ser en proceso de movimiento, por ejemplo, descargas de máquinas procesadoras del lodo, fajas transportadoras, tubos y canales de transporte. En ese sentido, habiendo tomado la muestra en la

cisterna de sedimentación, componente donde se homogenizan los lodos y se encuentra en constante movimiento por el bombeo que se realiza, además de la preservación aplicada; se ha cumplido con las especificaciones según el protocolo de monitoreo de Biosólidos ante mencionada. En el Anexo 01. se presenta la Ficha de Muestro de lodos.

Figura 9

Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 08:00 am



Figura 10

Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 10:00 am

**Figura 11**

Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 14:00 pm



Figura 12

Toma de muestra del lodo en la cisterna de sedimentación a las 16:00 pm



3.6.2 Identificación de las características fisicoquímica de los lodos

Una vez trasladada la muestra patrón hacia Laboratorio de Geografía y Medio Ambiente (LAGEMA) de la Universidad Nacional Federico Villarreal Anexo 8, se procedió separar la muestra (Ver Figura 13) y medir las características fisicoquímicas de la muestra. En el caso de la Temperatura la medición se realizó con el Multiparámetro Modelo 250 (Ver Figura 14) , en el caso del pH la medición se realizó con el analizador de pH o también conocido como potenciómetro (Ver Figura 15), en el caso de la conductividad eléctrica la medición se realizó también con el Multiparámetro (Ver figura 16) y finalmente la medición del porcentaje de humedad del lodo, se realizó con la balanza analítica para calcular el peso inicial y final de la muestra así como el horno de secado para deshidratar la muestra hasta llega a condiciones de abono orgánico.

Figura 13

Separación de la muestra para la medición de parámetros fisicoquímicos

**Figura 14**

Medición de la temperatura de la muestra con Multiparámetro Modelo 250



Figura 15

Medición del pH de la muestra con el analizador de pH o potenciómetro

**Figura 16**

Medición de la conductividad eléctrica con Multiparámetro Modelo 250



En el Anexo 05, se adjunta el Manual de Operación y Mantenimiento de los equipos del Laboratorio de Geografía y Medio Ambiente, documento que describe la funcionalidad y precauciones a considerar de los equipos antes mencionado.

3.6.3 *Determinación de la concentración inicial y final del Aluminio en los lodos*

La concentración inicial y final del Aluminio en los lodos, fue determinado a nivel de laboratorio bajo criterios aplicabilidad en las referencias bibliográficas y recomendaciones de especialistas en tratamiento de aguas. En ese sentido a continuación se describe los procesos aplicados para determinar las concentraciones mencionadas:

3.6.3.1 *Determinación de la concentración inicial del Aluminio*

La concentración inicial del Aluminio, fue determinado en condiciones normales con ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica (Modelo S Series) tal y como se observa en la Figura 17.

Figura 17

Medición de la concentración inicial del Aluminio con Espectrofotómetro de Absorción Atómica



3.6.3.2 Caracterización del reactivo ácido

En el laboratorio de Geografía y Medio Ambiente (LAGEMA) de la FIGAE, se caracterizará el reactivo ácido, que en este caso fue el ácido sulfúrico, el cual fue de calidad QP, tuvo una concentración del 98% y una densidad del 1.84 g/cm³.

3.6.3.3 Corridas con el Floculador Programable y tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico

Las pruebas para el tratamiento por disolución ácida fueron desarrolladas mediante una prueba de jarras o Jar Test, donde se acondicionaron 5 jarras conteniendo las muestras de lodo con Aluminio para un volumen de 250 ml (Ver Figura 18), y la concentración inicial de Ácido Sulfúrico al 98%, para la disolución y remoción del Aluminio. Las pruebas se realizaron en el floculador programable, donde se consideró trabajar con una revolución rápida de 100 rpm, por tiempos programados de 15, 30 y 45 minutos, para posteriormente dar un tiempo de sedimentación de 60 minutos en todos los casos, y proceder a la toma de muestra del sobrenadante. La primera corrida experimental con las cinco jarras, fue trabajada con un tiempo de **15 minutos** a pH 2 para la primera jarra, pH 2.5 para la segunda jarra, pH 3 para la tercera jarra, pH 3.5 para la cuarta jarra y pH 4.0 para la quinta jarra. La segunda corrida experimental, fue trabajada con un tiempo de **30 minutos** a pH 2 para la primera jarra, pH 2.5 para la segunda jarra, pH 3 para la tercera jarra, pH 3.5 para la cuarta jarra y pH 4.0 para la quinta jarra. La tercera corrida experimental, fue trabajada con un tiempo de **45 minutos** a pH 2 para la primera jarra, pH 2.5 para la segunda jarra, pH 3 para la tercera jarra, pH 3.5 para la cuarta jarra y pH 4.0 para la quinta jarra; y finalmente la cuarta corrida experimental, fue trabajada con un tiempo de **60 minutos** a pH 2 para la primera jarra, pH 2.5 para la segunda jarra, pH 3 para la tercera jarra, pH 3.5 para la cuarta jarra y pH 4.0 para la quinta jarra (Ver Figura 20), todo ello con la finalidad de encontrar la dosis ideal hasta alcanzar el

límite máximo permisible para el caso de lodos generados en la PTAR, así como también conocer la eficiencia de remoción de Aluminio para cada uno de las pruebas.

Figura 18

Adición de muestras de lodos con ácido sulfúrico a las jarras del floculador programable



Figura 19

Aplicación del floculador programable a revoluciones de 100 rpm

**Figura 20**

Dosificación de las muestras de lodos a distintas concentraciones de pH



3.6.4 *Determinación de la concentración final de aluminio por absorción atómica*

Una vez terminado el tiempo de sedimentación de cada ensayo proyectado en 60 minutos, se procedió a filtrar el sobrenadante y dejar únicamente el lodo. La alícuota a tomar para la determinación de aluminio fue de 10 ml, quien previamente antes de su determinación fue digerida con agua regia en la plancha de calentamiento hasta llegar a un estado pastoso de la misma y adición de agua destilada para filtrar y enrasar finalmente a 100 ml, y llevado a lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica, tal y como se muestra en la Figura 21. Antes de la lectura en el equipo de absorción atómica, se procedió a la elaborar la curva de calibrado con estándares de 0.0, 0.5, 1.0 y 2.0 mg/l, quienes serán preparados a partir de soluciones patrones de aluminio de 1000 mg/l.

Figura 21

Determinación de la concentración final del aluminio por absorción atómica



3.6.5 *Análisis Final*

La etapa final del procedimiento consistió en evaluar los resultados finales de Aluminio, obtenidos en las pruebas de jarras luego de que fueran determinados en el equipo de Absorción atómica, por lo que se procedió a analizar cuáles fueron las dosis óptimas en cada uno de los ensayos en relación a cada una de las concentraciones iniciales y finales del metal en estudio. De la misma forma, se evaluaron las eficiencias obtenidas de acuerdo a las dosis del reactivo ácido aplicado en cada una de las muestras de lodo, y con ello finalmente proceder a elaborar las tablas y graficas respectivas a fin de observar el comportamiento de cada dosis óptima registrada y sus respectivas eficiencias. Con los resultados finales obtenidos, se contrastaron las hipótesis de investigación para verificar su cumplimiento, mediante análisis cuantitativo, después se realizó la discusión de acuerdo a otras investigaciones afines al nuestro, y se procedió finalmente con la redacción de las conclusiones del informe de investigación y recomendar de acuerdo a ello.

3.7 *Análisis de datos*

En el análisis de datos cuantitativos, se tomó en cuenta los niveles de medición de las variables dependiente e independiente y se aplica la estadística descriptiva e inferencial respectiva utilizando el software estadístico SPSS versión 26, el cual permitió elaborar los resultados a partir de los datos recogidos en relación con las variables estudiadas, también se llevó a cabo una descripción de cada una de las variables a través de tablas y gráficos de distribución de frecuencias, la prueba de normalidad de datos y las pruebas estadísticas, ya sean paramétricas o no paramétricas, según los resultados que se obtengan, todo ello a fin de comprobar las hipótesis del estudio.

A continuación, se procede a realizar una descripción de los análisis estadísticos y el análisis inferencial del pH de la muestra del lodo.

3.7.1 *Análisis estadístico*

3.7.1.1 Pruebas de normalidad

Regla de decisiones basada en el p-valor:

Si p valor es $> 0,05$, la distribución de datos es normal.

Si p valor es $< 0,05$, la distribución de datos no es normal.

Tabla 8

Prueba de normalidad

Cálculos	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	Estadístico	Grado de libertad	Significancia
Cálculo inicial	*	*	5	*
Cálculo final en 15min	,224	,926	5	,567
Cálculo final en 30min	,167	,962	5	,822
Cálculo final en 45min	,163	,967	5	,857
Cálculo final en 60min	,192	,958	5	,795

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

A partir de la Tabla 8, se observa que la concentración inicial de aluminio (pretest) y las concentraciones finales durante el tiempo de remoción 15 min, 30 min, 45 min y 60 min

respectivamente (postest) presentan distribución normal de sus datos conforme a la regla de decisiones, el p-valor es mayor que 0,05 (0,567; 0,822; 0,857 y 0,795). Por ello, se eligió y contrastó la hipótesis con la prueba paramétrica t de Student.

3.7.1.2 Prueba de hipótesis

H₀: No existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel, según el tiempo para la remoción.

H₁: Existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito San Miguel, según el tiempo para la remoción.

Tabla 9

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 15 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas					t	Grado de Libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Cálculo inicial (Pretest) Cálculo Final en 15 min (Postest)	72,17	59,32	26,53	,52	245,82	,490	4	,003

A partir de la Tabla 9, se puede observar que la diferencia de medias es 172,17, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest

conforme al valor de significancia 0,003 ($p < 0,05$), con valor de $t = 6,490$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito San Miguel, según el tiempo de 15 minutos para la remoción.

Tabla 10

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 30 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas					t	Grado de Libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 2 Cálculo inicial (Pretest) Cálculo Final en 30 min (Postest)	203,63	40,90	18,29	52,84	254,42	1,131	4	,000

A partir de la Tabla 10, se puede observar que la diferencia de medias es 203,63, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest conforme al valor de significancia 0,000 ($p < 0,05$), con valor de $t = 11,131$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel, según el tiempo de 30 minutos para la remoción.

Tabla 11

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 45 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos		Diferencias emparejadas					t	Grado de Libertad	Significancia (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 3	Cálculo inicial (Pretest)								
	Cálculo Final en 45 min (Postest)	205,84	41,18	18,42	54,71	256,97	1,177	4	,000

A partir de la Tabla 11, se puede observar que la diferencia de medias es 205,84, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest conforme al valor de significancia 0,000 ($p < 0,05$), con valor de $t = 11,177$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito San Miguel, según el tiempo de 45 minutos para la remoción.

Tabla 12

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio en 60 minutos, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas						t	Grado de Libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Cálculo inicial (Pretest)									
Par 4 Cálculo Final en 45 min (Postest)	31,65	18,44	8,25	08,76	254,55	8,094	4	,000	

A partir de la Tabla 12, se puede observar que la diferencia de medias es 231,65, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest conforme al valor de significancia 0,000 ($p < 0,05$), con valor de $t = 28,094$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito San Miguel, según el tiempo de 60 minutos para la remoción.

3.8 Análisis inferenciales según valor de pH de la muestra de lodo

3.8.1 Pruebas de normalidad

Regla de decisiones basada en el p-valor:

Si p valor es $> 0,05$, la distribución de datos es normal.

Si p valor es $< 0,05$, la distribución de datos no es normal.

Tabla 13

Prueba de normalidad

Cálculos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Grado de Libertad	Significancia
Cálculo inicial del pH	.	4	.
Cálculo final de pH 4	,952	4	,728
Cálculo final de pH 3.5	,955	4	,748
Cálculo final de pH 3	,921	4	,544
Cálculo final de pH2.5	,958	4	,764
Cálculo final de pH 2	,763	4	,051

a. Corrección de significación de Lilliefors

A partir de la Tabla 13, se puede observar que la concentración inicial de aluminio (pretest) y las concentraciones finales según los valores de pH, a saber, pH 4, pH 3.5, pH 3, pH 2.5 y pH 2 (postest) presentan distribución normal de sus datos conforme a la regla de decisiones, el p-valor es igual o mayor que 0,05 (0,728; 0,748; 0,544; 0,764 y 0,051). Por ello, se eligió contrastó la hipótesis con la prueba paramétrica t de Student.

3.8.2 Prueba de hipótesis

H_0 : Existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito San Miguel, según el valor de pH.

H_1 : Existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel, según el valor de pH.

Tabla 14

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 4, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas					t	Grado de libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Cálculo inicial del pH - (Pretest) Cálculo final del pH_4 (Postest)	47,91	45,18	22,59	76,01	219,81	6,547	3	,007

A partir de la Tabla 14, se puede observar que la diferencia de medias es 147,91, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest conforme al valor de significancia 0,007 ($p < 0,05$), con valor de $t = 6,547$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen

diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio, con valor de pH 4, procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

Tabla 15

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 3.5, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas					t	Grado de libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 2 Cálculo inicial del pH - (Pretest) Cálculo final del pH_3.5 (Postest)	81,61	34,65	17,33	26,47	236,75	0,482	3	,002

A partir de la Tabla 15, se puede observar que la diferencia de medias es 181,61, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest conforme al valor de significancia 0,002 ($p < 0,05$), con valor de $t = 10,482$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio, con valor de pH 3.5, procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

Tabla 16

Comparación de medias de pretest y posttest de concentración de aluminio con valor de pH 3, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas					t	Grado de libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 3 Cálculo inicial del pH - (Pretest) Cálculo final del pH_3 (Posttest)	06,75	28,22	14,11	161,85	251,65	4,654	3	,001

A partir de la Tabla 16, se puede observar que la diferencia de medias es 206,75, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el posttest conforme al valor de significancia 0,001 ($p < 0,05$), con valor de $t = 14,654$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio, con valor de pH 3, procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito San Miguel.

Tabla 17

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 2.5, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas					t	Grado de libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 4 Cálculo inicial del pH - (Pretest) Cálculo final del pH_2.5 (Postest)	34,47	6,66	3,33	23,88	245,06	0,445	3	,000

A partir de la Tabla 17, se puede observar que la diferencia de medias es 234,47, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest conforme al valor de significancia 0,000 ($p < 0,05$), con valor de $t = 70,445$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio, con valor de pH 2.5, procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales doméstica “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

Tabla 18

Comparación de medias de pretest y postest de concentración de aluminio con valor de pH 2, según prueba t de Student para muestras emparejadas

Cálculos	Diferencias emparejadas					t	Grado de libertad	Significancia (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 5 Cálculo inicial del pH - (Pretest) Cálculo final del pH_2 (Postest)	45,87	8,62	4,31	32,15	259,59	7,036	3	,000

A partir de la Tabla 18, se puede observar que la diferencia de medias es 245,87, asimismo, se demuestra que hay diferencias significativas en los resultados hallados en el pretest y el postest conforme al valor de significancia 0,000 ($p < 0,05$), con valor de $t = 57,036$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se cumple que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio, con valor de pH 2, procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales doméstica “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

IV. RESULTADOS

4.1 Determinación de la Eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción de Aluminio (Al^{+3})

La eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción de las concentraciones de aluminio de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales San Miguel II, materia de estudio, se determinarán mediante la fórmula de porcentaje de recuperación de aluminio, la cual se detalla a continuación:

$$\% \text{ de Recuperación de } Al^{+3} = \frac{C_0 Al - C_f Al}{C_0 Al} * 100\%$$

Donde:

C_0 = Concentración inicial de aluminio

C_f = Concentración final de aluminio

A partir de la fórmula detallada, se probará la eficiencia del mencionado ácido mediante la siguiente hipótesis general:

H₀: El ácido sulfúrico no remueve las concentraciones de aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento de Aguas Residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel – Lima.

H₁: El ácido sulfúrico remueve las concentraciones de aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento de Aguas Residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel – Lima.

Tabla 19

Porcentaje de eficiencia en la reducción del ácido sulfúrico de concentración de aluminio

Valor de pH	Concentración inicial de aluminio (C₀)	Tiempo de remoción	Concentración final de aluminio (C_f)	% de recuperación de aluminio
pH 4.0	251.43 ppm	15 min	157.67 ppm	37,3%
		30 min	105.60 ppm	58,0%
		45 min	103.67 ppm	58,8%
		60 min	47.06 ppm	81,3%
pH 3.5	251.43 ppm	15 min	113.04 ppm	55,0%
		30 min	70.09 ppm	72,1%
		45 min	67.92 ppm	72,9%
		60 min	28.22 ppm	88,8%
pH 3.0	251.43 ppm	15 min	83.28 ppm	66,9%
		30 min	40.91 ppm	83,7%
		45 min	39.04 ppm	84,5%
		60 min	15.48 ppm	93,8%
pH 2.5	251.43 ppm	15 min	24.05 ppm	90,4%
		30 min	18.72 ppm	92,6%
		45 min	17.04 ppm	93,2%
		60 min	8.04 ppm	96,8%
pH 2.0	251.43 ppm	15 min	18.26 ppm	92,7%
		30 min	3.61 ppm	98,6%
		45 min	0.28 ppm	99,9%
		60 min	0.08 ppm	99,9%

Nota. Los datos de los valores proceden de la ficha de recolección de datos

A partir de la Tabla 19, se pueden observar los porcentajes de recuperación de aluminio de las fracciones de lodos analizados en el laboratorio, los cuales van variando de manera ascendente

a medida que el tiempo se incrementa y el valor de pH es menor, por lo cual hay mayores porcentajes de eficiencia en el tiempo de 60 minutos y en los valores de pH 2.5 y 2.0. Llegando a remover hasta un 99,9% de concentraciones de aluminio. Por lo tanto, se cumple la hipótesis alterna indicando que el ácido sulfúrico remueve las concentraciones de aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel – Lima. Además, que los valores de pH y el tiempo son factores intervinientes en el proceso de remoción del aluminio.

4.2 Determinación de las concentraciones de los parámetros físico químico de los lodos

La evaluación de los resultados físico químico de la muestra de lodos que ingresarán al proceso de análisis experimental fueron caracterizados a un nivel de laboratorio siguiendo los procedimientos que establece la guía de métodos estandarizados de la APHA de EEUU. En la Tabla 20, se presentan los resultados de la caracterización de parámetros físicos de las muestras de lodos tomadas en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II”

Tabla 20

Resultados de la caracterización de parámetros físico químicos de los lodos

Muestra	Parámetros físico químico			
	T (°C)	pH	CE (uS)	Humedad (%)
Lodos semisólidos	21.5	7.5	5351	98.9%

Nota: Los valores mostrados son resultados de la muestra de lodo antes de ser ingresados al laboratorio.

4.2.1 Determinación de temperatura (T °C)

La medición de la temperatura en la muestra de lodo se realizó con el equipo Multiparámetro Modelo 250 el cuál alcanzó los **21.5 °C**. Este resultado se encuentra dentro de la temperatura de ambiente y los límites establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos de Norteamérica (EPA).

4.2.2 Determinación del potencial de hidrógeno (pH)

El pH representa el grado de iones del gas hidrógeno [H^+] sea ácido o alcalino en una disolución. Para determinar pH en la muestra de lodo en solución acuosa fue necesario acudir al analizador de pH o también conocido como potenciómetro el cuál arrojó como resultado 7.5 de pH.

4.2.3 Determinación de la conductividad eléctrica (CE uS)

Es un parámetro físico que determina la capacidad de conducir corriente eléctrica en un determinado material. Haciendo uso del equipo Multiparámetro Modelo 250 se determinó que la conductividad eléctrica de la muestra es de **5351 uS**.

4.2.4 Determinación del porcentaje de humedad del lodo (%)

El porcentaje de humedad de la muestra de lodo alcanza un **98.9%**, el mismo que fue determinado a nivel de laboratorio haciendo uso de la balanza analítica para calcular el peso inicial y final de la muestra. Así mismo fue necesario el uso del horno de secado a fin de deshidratar la muestra hasta llegar a condiciones de abono orgánico.

4.3 Determinación de la concentración inicial y final de Aluminio en los lodos

4.3.1 Determinación de la concentración inicial de Aluminio (Al^{+3})

Es el parámetro químico que actúa como indicador principal en los objetivos de la presente

investigación, puesto que la concentración de aluminio determinada a través del espectrofotómetro es de **251.43 mg/l** el cuál evidencia el exceso de dicha concentración de aluminio presentes en el lodo el cuál no permite su reaprovechamiento de forma directa tanto para fines agrícolas o de mejoramiento de suelo.

Se consideró además el límite máximo permisible de concentraciones de aluminio establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados de Norteamérica (EPA). En la Tabla 21 se presenta la comparación del valor permisible respecto al resultado obtenido del análisis de aluminio.

Tabla 21

Comparativo del rango de valores permisibles respecto a la concentración de la muestra

Límite máximo permisible de aluminio en lodos para reaprovechamiento, según EPA	Concentración de aluminio en lodos generados en la PTARD San Miguel II
0,05 – 0,2 ppm	251.43 mg/l (ppm)

Nota. Límite establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos de Norteamérica (EPA).

A partir de la Tabla 21, se puede observar que el parámetro químico de los lodos en relación con la concentración se encuentra elevado (251.43 ppm), conforme al rango de límite máximo permisible (0,05 – 0,2 ppm). Por ello, se acepta la hipótesis alterna los niveles de los parámetros físico-químicos de los lodos generados en la planta de tratamiento de Aguas Residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel se encuentran elevados por la concentración de aluminio.

4.3.2 Determinación de la concentración final de Aluminio (Al^{+3})

La caracterización para determinar la concentración final de aluminio en lodos fue desarrollada mediante el floculador programable donde se acondicionaron 5 jarras conteniendo las muestras de lodo con la concentración inicial de Aluminio ya determinado para un volumen de 250 ml, y la concentración inicial de Ácido Sulfúrico al 98%, además se consideró trabajar con una revolución rápida de 100 rpm, por tiempos programados de 15, 30 y 45 y 60 minutos, para posteriormente dar un tiempo de sedimentación de 30 minutos en todos los casos, y proceder a la toma de muestra del sobrenadante.

A fin de determinar la concentración final del aluminio en el lodo, fue necesario realizar la caracterización experimental en cuatro (04) ensayos; estableciendo pH que varían de 2.0 a 4.0 en estado ácido y a tiempos de agitación diferentes y proporcional en el floculador programable.

Se presentan los resultados descriptivos pretest y postest de las concentraciones de aluminio, según el tiempo de remoción con Ácido Sulfúrico al 98%.

4.3.2.1 Primer ensayo de laboratorio

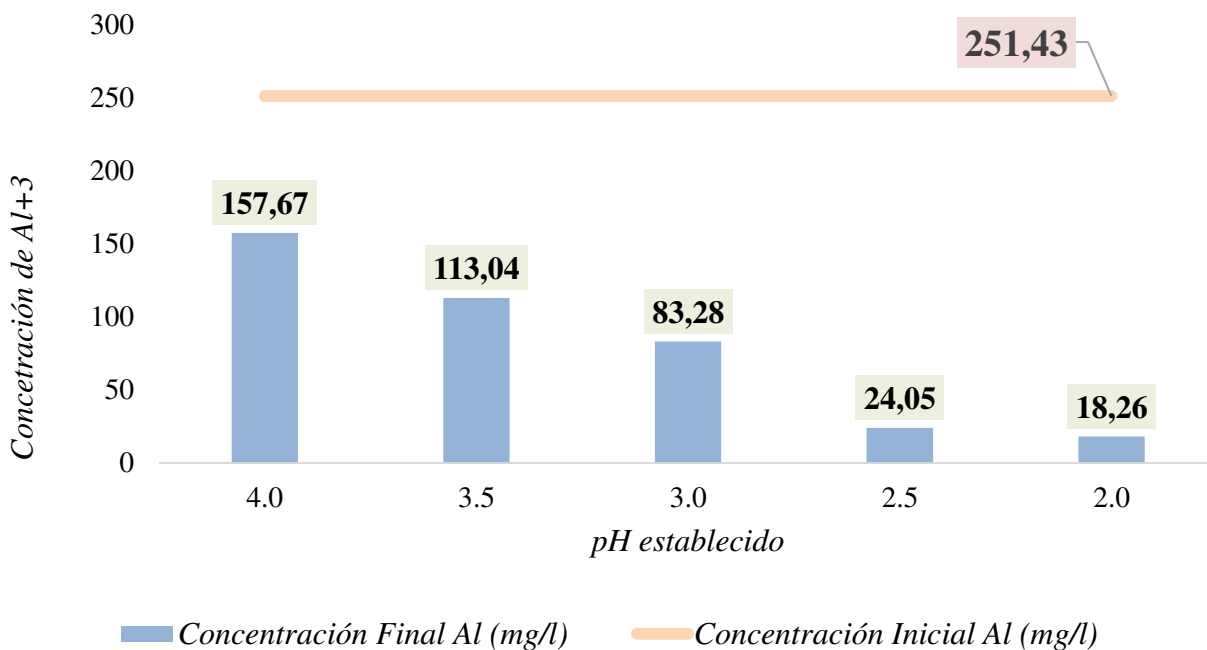
El primer ensayo consiste aplicar la agitación por un tiempo de 15 minutos a los lodos en los cinco (5) recipientes de forma paralela tomando en cuenta la concentración inicial de aluminio y considerando un pH de 4.0, 3.5, 3.0, 2.5 y 2.0. respectivamente para cada recipiente, el proceso se repite 3 veces a fin de obtener un resultado que garantice la remoción y determine la concentración final del aluminio. Los resultados del primer ensayo se muestran en Tabla 22.

Tabla 22*Resultados de la concentración final de Al⁺³ en el primer ensayo*

Concentración/pH		Evaluaciones				
Concentración Inicial Al ⁺³ (mg/l)		251.43	251.43	251.43	251.43	251.43
pH establecido de la muestra		4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
Resultados según el número de procesos de agitación (mg/l)						
Agitación 1: Concentración de Al ⁺³		157.33	112.62	83.15	24.17	18.32
Agitación 2: Concentración de Al ⁺³		158.12	113.13	83.78	24.21	17.95
Agitación 3: Concentración de Al ⁺³		157.56	112.38	82.91	23.78	18.5
Promedio: Concentración Final Al⁺³		157.7	113.04	83.28	24.05	18.26

Figura 22

Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el primer ensayo



A partir de la Figura 22, se puede apreciar que las concentraciones iniciales de aluminio (251.43) con diferentes valores del pH han variado del pretest al postest durante el periodo de 15 minutos de remoción con ácido sulfúrico. En el caso de la concentración con pH 4, se observa que se ha reducido a 157.67 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3.5, se observa que se ha reducido a 113.04 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3, se observa que se ha reducido a 83.28 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 2.5, se observa que se ha reducido a 24.05 mg/l. por último, en el caso de la concentración inicial con pH 2, se observa que se ha reducido a 18.26 mg/l.

4.3.2.2 Segundo ensayo de laboratorio

El segundo ensayo consiste aplicar la agitación por un tiempo de 30 minutos a los lodos en los cinco (5) recipientes de forma paralela tomando en cuenta la concentración inicial de aluminio y considerando un pH de 4.0, 3.5, 3.0, 2.5 y 2.0. respectivamente para cada recipiente, el proceso se repite 3 veces a fin de obtener un resultado que garantice la remoción y determine la concentración final del aluminio. Los resultados del segundo ensayo se muestran en Tabla 23.

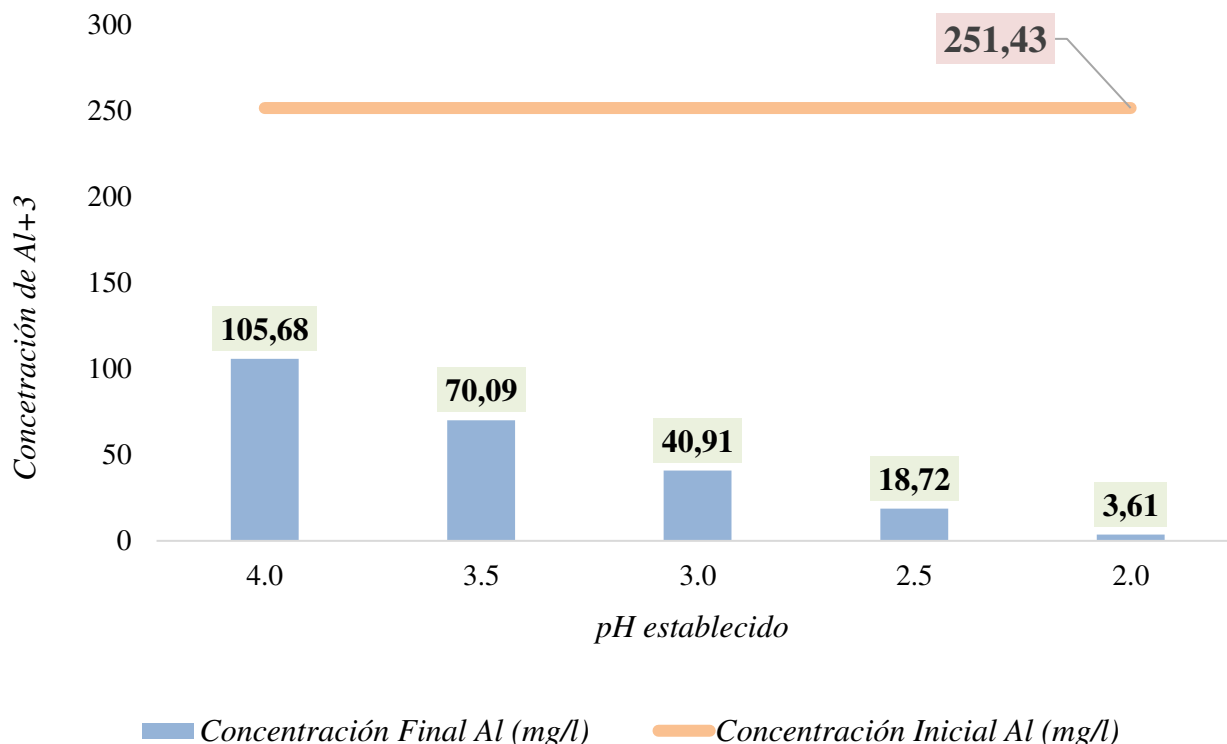
Tabla 23

Resultados de la concentración final de Al^{+3} en el segundo ensayo

Concentraciones/pH		Evaluaciones				
Concentración Inicial Al^{+3} (mg/l)		251.43	251.43	251.43	251.43	251.43
pH establecido de la muestra		4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
Resultados según el número de procesos de agitación (mg/l)						
Agitación 1:						
Concentración de Al^{+3}		105.28	70.36	40.32	18.23	3.28
Agitación 2:						
Concentración de Al^{+3}		106.31	70.57	41.52	18.49	3.48
Agitación 3:						
Concentración de Al^{+3}		105.47	69.36	40.88	19.43	4.07
Promedio:						
Concentración Final Al^{+3}		105.68	70.09	40.91	18.72	3.61

Figura 23

Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el segundo ensayo



A partir de la Figura 23, se puede apreciar que las concentraciones iniciales de aluminio (251.43) con diferentes valores del pH han variado del pretest al postest durante el periodo de 30 minutos de remoción con ácido sulfúrico. En el caso de la concentración con pH 4, se observa que se ha reducido a 105.68 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3.5, se observa que se ha reducido a 70.09 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3, se observa que se ha reducido a 40.91 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 2.5, se observa que se ha reducido a 18.72 mg/l. por último, en el caso de la concentración inicial con pH 2, se observa que se ha reducido a 3.61 mg/l.

4.3.2.3 Tercer ensayo de laboratorio

El tercer ensayo consiste aplicar la agitación por un tiempo de 45 minutos a los lodos en los cinco (5) recipientes de forma paralela tomando en cuenta la concentración inicial de aluminio y considerando un pH de 4.0, 3.5, 3.0, 2.5 y 2.0. respectivamente para cada recipiente, el proceso se repite 3 veces a fin de obtener un resultado que garantice la remoción y determine la concentración final del aluminio. Los resultados del tercer ensayo se muestran en Tabla 24.

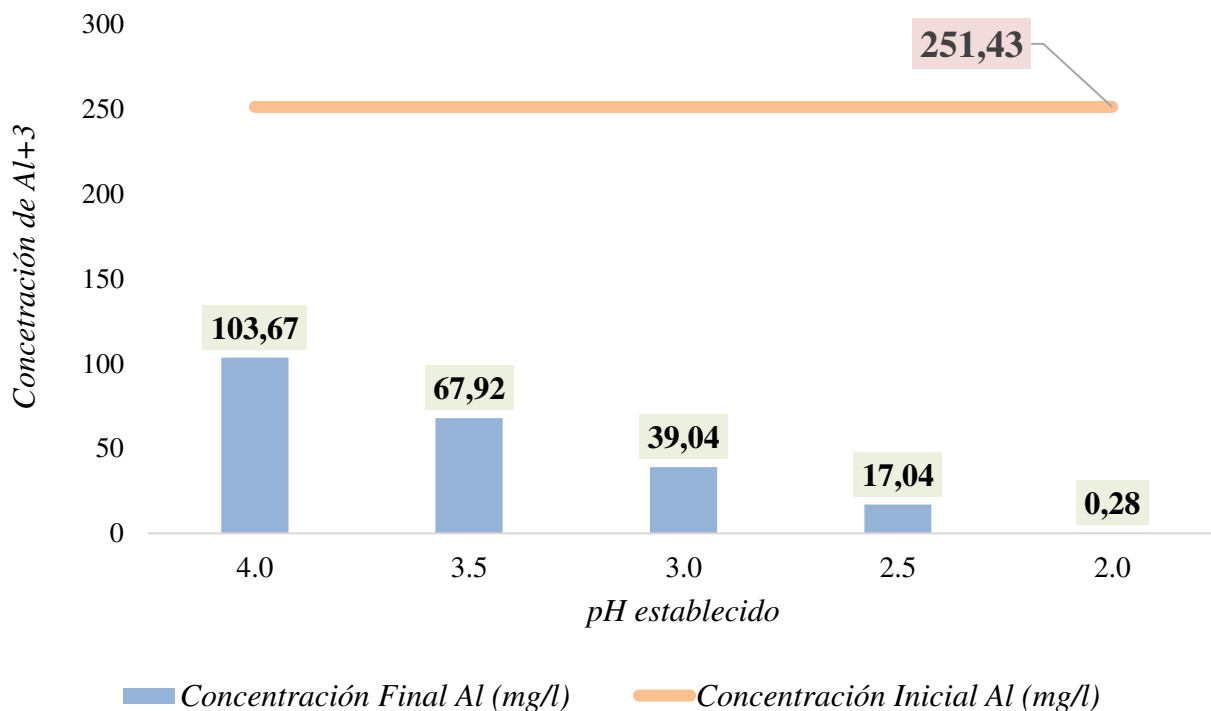
Tabla 24

Resultados de la concentración final de Al^{+3} en el tercer ensayo

Concentraciones/pH		Evaluaciones				
Concentración Inicial Al^{+3} (mg/l)		251.43	251.43	251.43	251.43	251.43
pH establecido de la muestra		4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
Resultados según el número de procesos de agitación (mg/l)						
Agitación 1: Concentración de Al^{+3}		103.33	68.42	39.18	17.13	0.27
Agitación 2: Concentración de Al^{+3}		104.14	67.22	38.18	16.83	0.29
Agitación 3: Concentración de Al^{+3}		103.55	68.13	39.76	17.15	0.28
Promedio: Concentración Final Al^{+3}		103.67	67.92	39.04	17.04	0.28

Figura 24

Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el tercer ensayo



A partir de la Figura 24, se puede apreciar que las concentraciones iniciales de aluminio (251.43) con diferentes valores del pH han variado del pretest al postest durante el periodo de 45 minutos de remoción con ácido sulfúrico. En el caso de la concentración con pH 4, se observa que se ha reducido a 103.67 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3.5, se observa que se ha reducido a 67.92 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3, se observa que se ha reducido a 39.04 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 2.5, se observa que se ha reducido a 17.04 mg/l. por último, en el caso de la concentración inicial con pH 2, se observa que se ha reducido a 0.28 mg/l.

4.3.2.4 Cuarto ensayo de laboratorio

El cuarto ensayo consiste aplicar la agitación por un tiempo de 60 minutos a los lodos en los cinco (5) recipientes de forma paralela tomando en cuenta la concentración inicial de aluminio y considerando un pH de 4.0, 3.5, 3.0, 2.5 y 2.0. respectivamente para cada recipiente, el proceso se repite 3 veces a fin de obtener un resultado que garantice la remoción y determine la concentración final del aluminio. Los resultados del cuarto ensayo se muestran en Tabla 25.

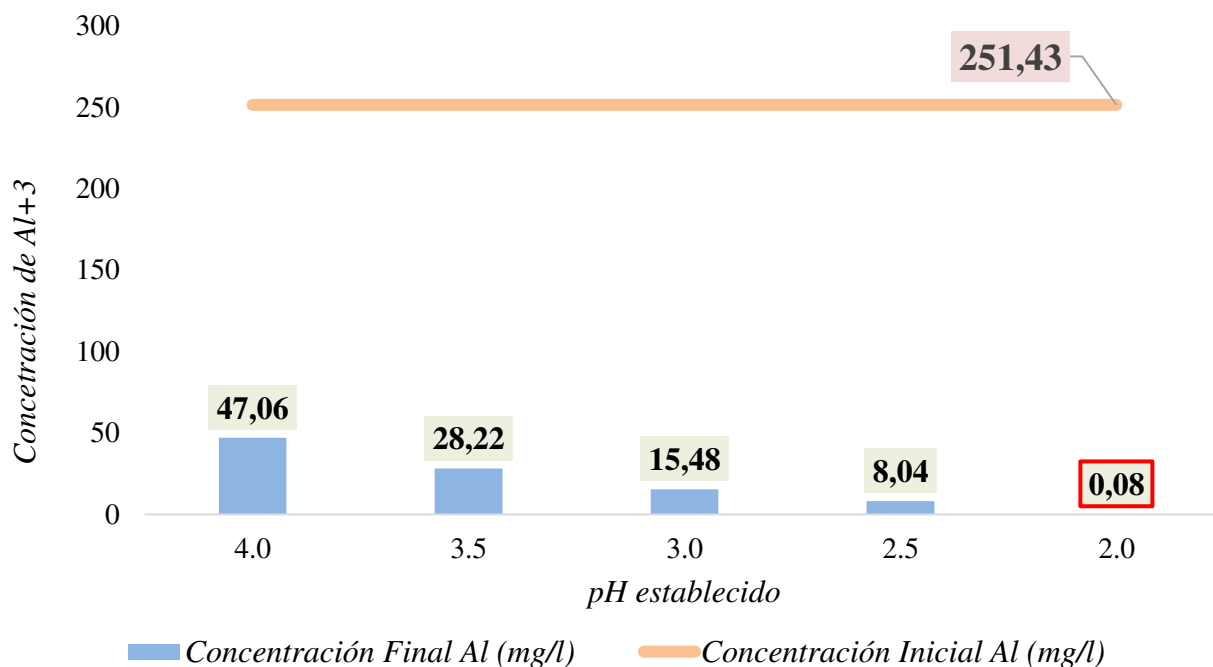
Tabla 25

Resultados de la concentración final de Al^{+3} en el cuarto ensayo

Concentraciones/pH		Evaluaciones				
Concentración Inicial Al^{+3} (mg/l)		251.43	251.43	251.43	251.43	251.43
pH establecido de la muestra		4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
Resultados según el número de procesos de agitación (mg/l)						
Agitación 1:						
Concentración de Al^{+3}		47.26	28.26	15.17	8.12	0.08
Agitación 2:						
Concentración de Al^{+3}		46.78	27.17	15.21	8.18	0.09
Agitación 3:						
Concentración de Al^{+3}		47.15	29.23	16.07	7.82	0.07
Promedio:						
Concentración Final Al^{+3}		47.06	28.22	15.48	8.04	0.08

Figura 25

Gráfico de la concentración final de Al^{+3} en el cuarto ensayo



A partir de la Figura 25, se puede apreciar que las concentraciones iniciales de aluminio (251.43) con diferentes valores del pH han variado del pretest al postest durante el periodo de 60 minutos de remoción con ácido sulfúrico. En el caso de la concentración con pH 4, se observa que se ha reducido a 47.06 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3.5, se observa que se ha reducido a 28.22 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 3, se observa que se ha reducido a 15.48 mg/l. En el caso de la concentración inicial con pH 2.5, se observa que se ha reducido a 8.04 mg/l. por último, en el caso de la concentración inicial con pH 2, se observa que se ha reducido a 0.08 mg/l.

4.4 Determinación del Tiempo óptimo de la concentración de ácido sulfúrico

La remoción de la concentración de aluminio de los lodos tratada mediante ácido sulfúrico requería un periodo o lapso para que se produzca el efecto, por lo cual en el estudio se consideraron 04 periodos diferentes: 15 min, 30 min, 45 min y 60 min. El detalle de los resultados, según los tiempos, se puede apreciar en la Tabla 26.

Tabla 26

Determinación del tiempo óptimo para la remoción de aluminio

Concentración de aluminio, según pH	Concentración inicial de aluminio, según pH	Tiempo de remoción de aluminio			
		15 min	30 min	45 min	60 min
pH 4.0	251.43 ppm	157.67 ppm	105.60 ppm	103.67 ppm	47.06 ppm
pH 3.5	251.43 ppm	113.04 ppm	70.09 ppm	67.92 ppm	28.22 ppm
pH 3.0	251.43 ppm	83.28 ppm	40.91 ppm	39.04 ppm	15.48 ppm
pH 2.5	251.43 ppm	24.05 ppm	18.72 ppm	17.04 ppm	8.04 ppm
pH 2.0	251.43 ppm	18.26 ppm	3.61 ppm	0.28 ppm	0.08 ppm

Nota. Resultados elaborados a partir de la información recolectada en cada tratamiento.

A partir de la Tabla 26 se pueden apreciar los resultados de la remoción de aluminio de las concentraciones según 4 periodos: 15 min, 30 min, 45 min y 60 min. De cada periodo, se puede observar que los resultados son variables, en todos se observa la reducción de aluminio de las fracciones de lodos. No obstante, se observa también que hay altos niveles de remoción de aluminio en el periodo de 60 min, teniendo en cuenta los 5 valores de pH en los tratamientos (47.06 ppm, 28.22 ppm, 15.48 ppm, 8.04 ppm y 0.08 ppm). Por consiguiente, se cumple la hipótesis

alterna indicando que el tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico para la máxima remoción de Aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel es 60 minutos.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación al objetivo general, la eficiencia del ácido sulfúrico en la remoción de las concentraciones de aluminio presentes en los lodos fue determinado luego de aplicar la fórmula de porcentaje de recuperación de aluminio (Pág. 84), dicha evaluación confirmó que el ácido sulfúrico remueve las concentraciones de aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento “San Miguel II” en el distrito de San Miguel – Lima. Además, que los valores de pH y el tiempo son factores intervinientes en el proceso de remoción del aluminio

Los hallazgos encontrados en los estudios se corroboran con los hallados por Basri, et al., (2019), quienes hallaron en los lodos generados en las plantas de tratamiento de agua con concentraciones de aluminio, las cuales luego del proceso de acidificación con ácido sulfúrico, se pudo advertir que luego del experimento los lodos presentan bajas concentraciones de tal sustancia metálica, con ello se favorecería a la mejora de las aguas tratadas. Así también, el estudio de Ruziqna et al. (2020) encontró altos niveles de eficiencia de recuperación de aluminio de los lodos, evidenciadas en los niveles de turbidez, que fueron mayores al 90%. Otro hallazgo fue el de Cherifi et al. (2016) en el cual demostró que la eliminación del aluminio es eficiente mediante el proceso electrocinética sobre todo al controlarse el pH, con lo cual se advierte que este es un factor interviniente en la remoción del aluminio. Así también, Carpio, Martínez & Ruiz (2016) encontró hallazgos en los cuales el pH tuvo alta intervención, además de la presencia del ácido sulfúrico, en los procesos de recuperación del aluminio. Por su parte, Gamarra y Romero (2019) halló resultados similares en la recuperación de aluminio de los lodos, ya que se advierte que el tiempo influye y sobre todo cuando el periodo es mayor, además de la función del pH de los lodos generados en una planta de tratamiento de agua potable. Resultados similares fueron hallados por Huamán & Huamán (2019), Vásquez & Bryand (2021) y Durán (2016).

Con lo explicado líneas arriba, se comprueba que el aluminio puede removerse de los lodos o recuperarse mediante procesos de acidificación con ácido sulfúrico y también con otras sustancias, siendo además elementos intervinientes en los procesos de remoción los valores del pH a los cuales fueron acomodados para el tratamiento, así como el tiempo de agitación y/o floculación. Asimismo, los fundamentos teóricos aseveran que el método para recuperar el aluminio de las aguas concentradas en la acidificación con sustancias diversas como es el caso del ácido sulfúrico que en porcentajes superables al 25% logran disolver al aluminio y separarlo de los residuos sólidos. Por otro lado, es importante señalar que los hallazgos se corroboran con los fundamentos teóricos existentes sobre los procesos de remoción aplicados en el tratamiento de aguas cuando sus propiedades físico-químicas se encuentran alteradas debido a las concentraciones de sustancias no permisibles o que superan los parámetros permitidos, por consiguiente, se favorece en la conservación del medioambiente.

En cuanto a las concentraciones de los parámetros físico-químicos de los lodos, se determinó que se encontraban elevados en función a los límites máximos permisibles de aluminio en lodos propuestos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados de Norteamérica (EPA). Ante ello fue necesario establecer la metodología adecuada para remover tal concentración y llevarlos a condiciones adecuadas para ser considerada como reaprovechamiento de los lodos.

Respecto a la concentración inicial y final del Aluminio presentes en los lodos, los resultados descriptivos de las concentraciones de aluminio varían en función al tiempo, determinando que la concentración inicial fue de 251.43 mg/l, la cual se vio tratada mediante la técnica de jarras en 5 corridas y de formar paralela se consideró diferentes valores de pH en los lodos que tenían alta concentración de aluminio, a los cuales se les añadió el ácido sulfúrico

considerando el tiempo a fin de evaluar los cambios en las concentraciones de tal sustancia metálica.

En cuanto a las concentraciones de aluminio, luego de 15 minutos de aplicar el ácido sulfúrico, se encontró que existen diferencias significativas ($M = 172,17$; $p < 0,05$; $t = 6,490$) en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel. Por otro lado, teniendo en cuenta el tiempo de 30 minutos, se encontró que existen diferencias significativas ($M = 203,63$; $p < 0,05$; $t = 11,131$) en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel. Asimismo, en torno al tiempo de 45 minutos, se halló que existen diferencias significativas ($M = 205,84$; $p < 0,05$; $t = 11,177$) en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel. Finalmente, en el tiempo de 60 minutos, se pudo apreciar que existen diferencias significativas ($M = 231,65$; $p < 0,05$; $t = 28,094$) en las concentraciones inicial y final de aluminio procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

En cuanto a las concentraciones de aluminio, en función al valor de pH, luego de aplicar el ácido sulfúrico, se encontró que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio, con valor de pH 4, procedentes de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel. En cuanto al valor de pH 3.5, se encontró que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “San Miguel II”

en el distrito de San Miguel. Asimismo, en cuanto al valor de pH 3, se halló que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel. Por su parte, en torno al valor de pH 2.5, se halló que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel. Finalmente, en cuanto al valor de pH 2, se encontró que existen diferencias significativas en las concentraciones inicial y final de aluminio de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales “San Miguel II” en el distrito de San Miguel.

En cuanto a la determinación del tiempo óptimo para la remoción del aluminio, se halló que es variable, ya que incide el valor de pH de la concentración, como se realizaron varios tratamientos, se halló que el tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico para la máxima remoción de Aluminio en los lodos generados en la planta de tratamiento “San Miguel II” en el distrito de San Miguel es de 60 minutos.

El estudio desarrollado generó implicancias tanto a nivel teórico, como práctico y metodológico. En cuanto a lo teórico, se constituye en un aporte al conocimiento científico en función a los cambios generados por el ácido sulfúrico en las concentraciones de aluminio, así como los factores intervinientes que resaltaron, como son el valor del pH de los lodos, así como el tiempo de remoción. Por otro lado, en atención a lo práctico, resulta ser de gran impacto para la población que vive en los alrededores y también para el medioambiente por los resultados obtenidos, ya que, frente a tales situaciones, se podría aprovechar y aplicar esta modalidad de tratamiento y obtener resultados favorables que favorezcan en la disminución del impacto en el

medioambiente. En torno a lo metodológico, es relevante el estudio por el modo de abordaje desde una perspectiva experimental, dado que los tratamientos realizados mediante la técnica de jarras, contribuyen a conocer las diversas variaciones o fluctuaciones de los elementos analizados, así como los elementos experimentales que ayudan en el conocimiento de su poder de generación de cambios en las sustancias alteradas o contaminadas. Por consiguiente, la investigación desarrollada se constituirá en un estudio útil como antecedente previo, así como modelo orientador para el desarrollo de indagaciones similares.

Entre las limitaciones que se advirtieron en el estudio, se evidenció en la falta de estudios directamente relacionados con la investigación propuesta, lo cual permitiría realizar el contraste natural con los hallazgos de la presente indagación.

VI. CONCLUSIONES

1. La eficiencia del ácido sulfúrico que representa el porcentaje (%) de recuperación de concentraciones de aluminio presentes en el lodo, fue determinado aplicando la diferencia de la concentración inicial (C_o) y concentración final (C_f) dividido entre la concentración inicial (C_o) por el 100 % tal y como se muestra en la página 95. Los porcentajes de recuperación de aluminio de las fracciones de lodos analizados en el laboratorio van variando de manera ascendente de medida que el tiempo se incrementa y el valor de pH es menor en medio ácido, la concentración de aluminio desciende, por lo mismo existen mayores de porcentajes de eficiencia en el tiempo de 60 minutos y en los valores de pH 2.5 y 2.0 llegando a remover hasta un 99.9% de concentraciones de aluminio.
2. Las concentraciones físico químicas de la muestra de lodos fueron determinados a nivel de laboratorio con ayuda del Multiparámetro Modelo 250 en el caso de la temperatura y conductividad eléctrica; el analizador del pH o conocido como potenciómetro para determinar el pH; y el horno de secado para determinar el porcentaje de humedad de la muestra del lodo. Los resultados obtenidos de las características físico química de la muestra de lodo fueron de 21.5° C de temperatura, el pH de 7.5, conductividad eléctrica de 5351 uS y un porcentaje de humedad de 98,9% tal y como se muestra en la página 97.
3. La concentración de Aluminio (Al^{+3}) fue determinado a nivel de laboratorio haciendo uso del espectrofotómetro y obteniendo una concentración inicial de 251,43 mg/l lo cual evidencia un indicador excesivamente por encima de los valores permitidos por la EPA. (página 98). Haciendo uso del método de acidificación se determinó una relación inversamente proporcional entre el tiempo de agitación y la concentración inicial del

aluminio, puesto que a medida que el tiempo de agitación aumenta de 15 min, 30 min, 45 min y 60 min respectivamente la concentración final se reduce, llegando hasta los 0.08 mg/l de Al^{+3} , aceptando así la hipótesis alterna. Además, el pH cumplió un papel fundamental en la remoción del aluminio determinando así que la reacción efectiva se da en un medio ácido a un pH de 2.

4. El tiempo óptimo de la concentración del ácido sulfúrico para remover el aluminio de los lodos son aquellos períodos o intervalos de tiempo donde la reacción se va haciendo presente llegando hasta a la mayor eficiencia de remoción de dicho metal. La remoción del Aluminio se realizó con el apoyo del Flocular Programable el cuál consta de 5 jarras donde se añadieron 250 ml de muestras de lodo y la concentración inicial del ácido sulfúrico al 98% para la disolución y remoción de Aluminio. A fin de establecer la proporcionalidad en los tiempos de agitación se consideró iniciar con un tiempo de agitación de 15 minutos, donde a un pH de 2 la concentración de aluminio se reduce a 18.26 mg/l; luego se aplicó un tiempo de agitación de 30 minutos, donde a un pH 2 la concentración de aluminio se reduce a 3.61 mg/l; seguidamente se aplicó un tiempo de agitación de 45 minutos , donde a un pH 2 la concentración del aluminio se reduce a 0.28 mg/l y finalmente a un tiempo de agitación de 60 minutos y un pH de 2 la concentración de aluminio se reduce a 0.08 mg/l el cual hace que se determine el tiempo óptimo puesto que a esas concentraciones de aluminio en el lodo ya podrían ser reaprovechados.

VII. RECOMENDACIONES

1. Considerando los resultados obtenidos, se recomienda realizar una evaluación del procedimiento y metodología descrita en la presente investigación a fin de determinar la viabilidad en la remoción de otros parámetros concentrados en los lodos en las mismas condiciones. Es decir, realizar pruebas a concentración distintas del ácido sulfúrico y en tiempos mayores a los 60 minutos el cual permitiría remover otros parámetros del grupo de sulfatos.
2. Se recomienda proponer dispositivos legales que determinen valores de concentraciones físico químicas y/o biológicas máximas que permitan definir una línea de partida para el reaprovechamiento de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. A ello se debe complementar protocolos, procedimientos y/o metodologías específicas.
3. Se sugiere que las entidades que administran plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en los tres niveles del estado implementen estrategias o herramientas de innovación que permitan complementar dicho sistema, incluyendo tecnología de tratamiento de los lodos resultantes que generalmente son evacuados por una empresa operadora de residuos sólidos como residuo peligroso.
4. Se recomienda que las empresas operadoras del manejo de plantas de tratamiento de aguas residuales opten por insumos químicos (coagulantes o floculantes) ecológicos o el tratamiento biológico, ello con la finalidad de que el lodo o residuo generado no presenten concentraciones contaminantes altos. Además, es importante que dichas empresas operadoras propongan en el diseño de la planta, el tratamiento de lodos.

VIII: REFERENCIAS

- Alam, S. M. (1981). Effects of solution pH on the growth and chemical composition of rice plants. *Journal of Plant Nutrition*. 4, 247-260.
<https://doi.org/10.1080/01904168109362916>
- Amador, A., Veliz, E., & Bataller, M. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 46(1), 16-25.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003>
- Apodaca, L. E. (2012). *Sulfur*. Mining Engineering, 64(6), 91-92.
- Basri, M. H., Don, N. M., Kasmuri, N., Hamzah, N., Alias, S., & Azizan, F. A. (2019). Aluminium recovery from water treatment sludge under different dosage of sulphuric acid [Recuperación de aluminio a partir de lodos de tratamiento de agua bajo diferentes dosis de ácido sulfúrico]. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1), p. 012005.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012005>
- Camps-Arbestain, M., Barreal, M.E., Mourenza, E., Alvarez, P. Kidd & Macias F. (2003). Rhizosphere chemistry in acid soils that differ in their degree of Al-Saturation of organic matter [Química de la rizosfera en suelos ácidos que difieren en su grado de Al-Saturación de materia orgánica]. *Soil Science*. 168. 267-279.
<https://doi.org/10.1097/01.ss.0000064890.94869.a8>
- Carpio, C., Martínez, A., & Ruiz, R. (2016). *Diseño de un proceso químico para la recuperación de Aluminio contenido en los lodos provenientes de la planta potabilizadora de agua las*

- Pavas* [Tesis de Pregrado, Universidad de el Salvador]. Repositorio Institucional - Universidad de el Salvador.
- Carreño, A. & Chaparro-Giraldo, A. (2013). Tolerancia al aluminio en especies vegetales: Mecanismos y genes. *Universitas Scientiarum*, 18(3), 283-310.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC18-3.taev>.
- Cherifi, M., Boutemine, N., Laefer, D. F., & Hazourli, S. (2016). Effect of sludge pH and treatment time on the electrokinetic removal of aluminum from water potabilization treatment sludge [Efecto del pH del lodo y el tiempo de tratamiento en la remoción electrocinética de aluminio del lodo del tratamiento de potabilización de agua]. *Comptes rendus chimie*. 19(4), 511-516. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2016.01.010>
- Cerón Chafla, P. (2011). *Estudio de un sistema físico-químico a escala prototipo de tratamiento de aguas residuales provenientes de una curtiembre* [Tesis pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1248/1/101733.pdf>
- Díaz-Cuenca, E., Alavarado-Granados, A. R., & Camacho-Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 14(1), 78-97.
<https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
- Díaz Muñoz, D. A. (2017). *Aprovechamiento del sulfato de aluminio extraído a partir de los lodos generados en la planta de potabilización de agua "Casigana" de la EP-EMAPA-A, para la clarificación de agua* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional - Universidad Técnica de Ambato.

- Durán Morales, J. C. (2016). *Remoción del Aluminio, Manganeso y Hierro de las aguas del río Auqui, para su potabilización en la planta de tratamiento de agua potable de Bellavista, Huaraz–Ancash julio 2014–junio 2015* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Eche, J. J. E., & de la Cruz, E. G. S. (2021). Innovación en la gestión de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en Lima-Perú. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(48), 205-215. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21773>
- Fernández-Maestre, R. (2014). Aluminio: ingestión, absorción, excreción y toxicidad. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 23(2), 111-116.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292014000200003&script=sci_arttext
- Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., & Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia & Organización Mundial de la Salud. (2020). *Estado Mundial del Saneamiento*. UNICEF y la OMS.
<https://www.unicef.org/media/102811/file/Estado%20Mundial%20del%20Saneamiento.pdf>
- Gamarra Román, L. G., & Romero Lanasque, J. C. (2019). *Evaluación de la recuperación de aluminio en medio ácido de los lodos generados en una planta de tratamiento de agua potable* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Centro del Perú.

- García, O. N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. *Caos conciencia*, 1(1), 51-58.
http://dci.uqroo.mx/RevistaCaos/2006_Vol_1/Num_1/NO_Vol_I_21-30_2006.pdf
- Gutiérrez-Rosero, J. A., Ramírez-Fajardo, Á. I., Rivas, R., Linares, B., & Paredes, D. (2014). Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(25), 13-27.
<http://hdl.handle.net/11407/1839>
- Hernandez-Sampieri, R. Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education
- Huamán Alfaro, J. D., & Huamán Campos, H. M. (2020). *Análisis y tratamiento de lodos residuales generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba para la obtención de compost y ladrillos combustibles* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio Institucional - Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Huang, P. M. (1990). Organo-alumino polymer associations and their significance in soil and environmental sciences. In: Soil colloids and their associations in aggregates [Asociaciones de polímeros organoaluminosos y su importancia en las ciencias ambientales y del suelo. En: Coloides del suelo y sus asociaciones en agregados] (Eds.), M.F. De Boot et al., *Plenum Press*. 179-237.
- Jansen, S., Broadley, M. R., Robbrecht, E., & Smets, E. (2002). Aluminium hyperaccumulation in angiosperms: A review of its phylogenetic significance [Hiperacumulación de aluminio en angiospermas: una revisión de su significado filogenético]. *The Botanical Review*. 68(2). 235-269. <https://www.jstor.org/stable/4354421>

- Kuyucak, N. & Volesky, B. (1989). Accumulation of gold by algal biosorbent [Acumulación de oro por biosorbente de algas]. *Biorecovery*, 1, 189-204.
<https://eurekamag.com/research/002/018/002018043.php>
- Municipalidad Distrital de San Miguel (2019). *Memoria Descriptiva del expediente técnico para la instalación del Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas San Miguel II - Distrito de San Miguel – Lima (2019)*.
- Nesse, A., G. Garbossa, G., Perez, D. & Vittori, N. (2003). Aluminio, culpable o inocente. *Química Viva*. 2(1) abril 2003. <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/>
- Núñez Zarur, J & Peña Castro, M. (2011). *Recuperación de sulfato de aluminio a partir de lodos generados en la planta de potabilización de la empresa aguas de Cartagena S.A E.S. P y estudio de la viabilidad económica de su reutilización como coagulante* [Tesis de Pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional - Universidad de Cartagena.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. OEFA. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017: Aguas Residuales El Recurso Desaprovechado*. UNESCO. <https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/04/Informe-Mundial-de-las-Naciones-Unidas-sobre-el-Desarrollo-de-los-Recursos-Hidricos-2017.pdf>
- Ortiz, L., Gutiérrez, M. & Sánchez, E. (1995). Propuesta de manejo de los lodos residuales de la

planta de tratamiento de la ciudad industrial del valle de Cuernavaca, estado de Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 11(2), 105-115.

<https://www.redalyc.org/pdf/370/37011206.pdf>

Pérez Beltrán, J. P. (2017). *Evaluación de la sustitución del agente coagulante-sulfato de aluminio-en el proceso actual de coagulación-floculación de agua potable en la empresa EAF SAS ESP* [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Institucional - Fundación Universidad de América.

Ramírez, R., Coraspe C. & Ramirez N. (1983). Efecto del pH en el medio del enraizamiento del mani (*Arachis hypogaea* L.) sobre el peso seco y acumulación de nutrientes. *Agronomía Tropical. Centro de Investigaciones Agronomicas*, 36(1). 191-211.

Rodríguez, H. (2018). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. *Iagua*.

<https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

Ruziqna, D. P., Suwartha, N., Moersidik, S. S., & Adityosulindro, S. (2020). Aluminium Recovery from Water Treatment Sludge as Coagulant by Acidification [Recuperación de Aluminio de Lodos de Tratamiento de Agua como Coagulante por Acidificación]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 448(1), p. 012045. IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/448/1/012045>

Salas, R. (1996). *El Aluminio en la relación Suelo-Planta*. X Congreso Nacional de Agrónomo y II Congreso Nacional de Suelos. Volumen III. EUNED/EUNA. 109-113.
http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-III_109.pdf

Sandoval, et al., (1998). Tratabilidad de los lodos producidos en la potabilización del agua.

CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, XXVI.

https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-03-24_01-49-56140448.pdf

Supo Condori, F. & Cavero Aybar, H. (2014). *Fundamentos Teóricos Procedimentales de la*

Investigación Científica en Ciencias Sociales: Como Diseñar y Formular Tesis de

Maestría y Doctorado. FELIPE SUPO. [https://www.felipesupo.com/wp-](https://www.felipesupo.com/wp-content/uploads/2020/02/Fundamentos-de-la-Investigaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica.pdf)

[content/uploads/2020/02/Fundamentos-de-la-Investigaci%C3%B3n-](https://www.felipesupo.com/wp-content/uploads/2020/02/Fundamentos-de-la-Investigaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica.pdf)

[Cient%C3%ADfica.pdf](https://www.felipesupo.com/wp-content/uploads/2020/02/Fundamentos-de-la-Investigaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica.pdf)

Valderrama Pedraza, M. L. (2013). *Factibilidad de aprovechamiento de los lodos de la PTAR del municipio de Chinavita (Boyacá)* [Tesis de Pregrado, Universidad de Manizales].

Repositorio Institucional - Universidad de Manizales.

Vásquez Alemán, J., & Vargas Martinez, G. (2018). *Aprovechamiento de los lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento de suelo* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia].

Repositorio Institucional - Universidad Católica de Colombia.

Vásquez, G., & Bryand, K. (2021). *Impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo, Tarapoto, 2018*

[Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional -

Universidad Nacional de San Martín.

Villegas, J., Castaño, J. & Paredes, D. (2005). Recuperación de Sulfato de Aluminio a partir de lodos generados en plantas de potabilización de agua. *Scientia et Technica*, 2(28). 223-228. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6847>

Zapata Hernández, R. D. (2004). *Química de la acidez del suelo*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia.

Zhen Wu, B. Y. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada victoria Curubande, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008* [Tesis de posgrado, Universidad Estatal a Distancia Costa Rica]. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad%20f%C3%ADsico%20y%20bateriol%C3%B3gica%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20de%20la%20microcuenca.pdf>

IX. ANEXOS

- 9.1 Anexo 1: Ficha de Muestreo de Lodos
- 9.2 Anexo 2: Mapa de Ubicación de la PTAR San Miguel II
- 9.3 Anexo 3: Diagrama de Flujo del Proceso de Tratamiento PTAR San Miguel II
- 9.4 Anexo 4: Carta de Solicitud de Autorización para la Toma de Muestra a la Municipalidad Distrital de San Miguel
- 9.5 Anexo 5: Manual de operación y mantenimiento de equipos y materiales de laboratorio de la FIGAE

ANEXO N° 1

Ficha de Muestreo de Lodos

FICHA DE MUESTREO DE LODOS

DATOS GENERALES

Nombre del sitio en estudio:	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas San Miguel II	Departamento:	Lima
Propietario del sitio:	Municipalidad Distrital de San Miguel	Provincia:	Lima
Uso Principal:	Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas	Dirección del Predio:	Av. La Mar Av. Riva Agüero

DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO

Nombre del tomador de muestra:	Jandir Conco Mejía	Estación de Muestreo	M - 1
Técnica de muestreo:	Aleatorio simple	Temperatura (°C):	18,5
Datos de la superficie:	Concreto armado - sección trapezoidal con vegetación	Precipitación	No
Coordenadas UTM:	X: 273121,79 Y: 8664334,51 ALTURA: 141 m.s.n.m	Instrumentos usados:	Balde de 25 Lts Cuerdas Pala manual GPS Cámara fotográfica

DATOS DE LA MUESTRA

Código de la muestra:	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1
Fecha:	26/11/2022	26/11/2022	26/11/2022	26/11/2022
Hora:	8:00 AM	10:00 AM	2:00 PM	4:00 PM
Volumen (Lts):	25	25	25	25
Color:	Café	Café	Café	Café
Olor:	Materio Orgánica	Materio Orgánica	Materio Orgánica	Materio Orgánica
Textura:	Blando	Blando	Blando	Blando
Compactación/Consistencia:	Semiliquido	Semiliquido	Semiliquido	Semiliquido
Medida de conservación:	Refrigeración	Refrigeración	Refrigeración	Refrigeración
Tipo de muestra:	Simple	Simple	Simple	Simple

Fotografía



MAPA GEOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO



ANEXO N° 2

Mapa de Ubicación de la PTAR San

Miguel II

MAPA DE UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS SAN MIGUEL II

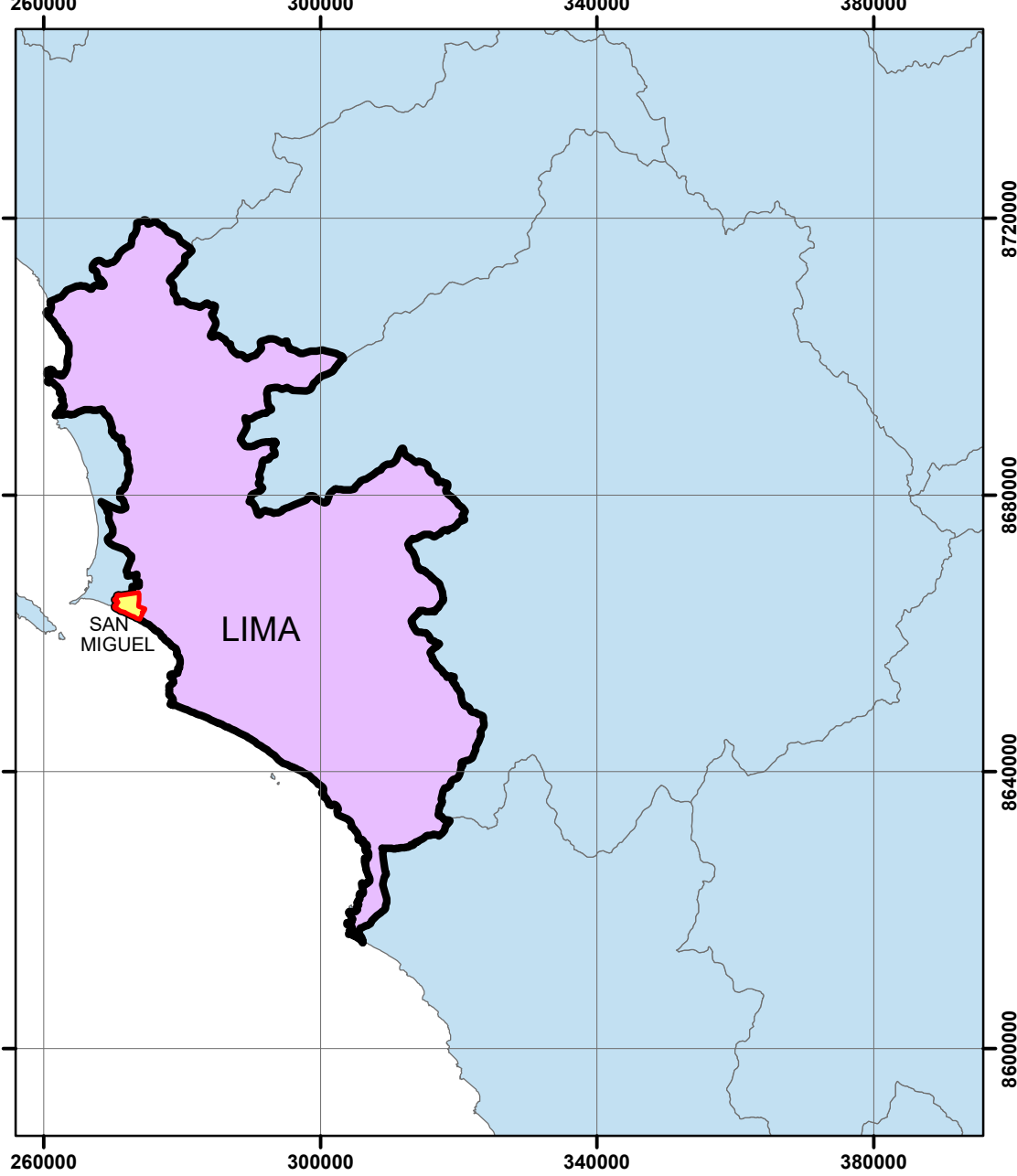
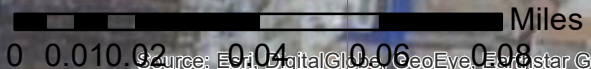


PTAR "SAN MIGUEL II"



LEYENDA

- PTAR SAN MIGUEL II
- PERÍMETRO PTAR



**UNIVERSIDAD NACIONAL
FEDERICO VILLAREAL**

PROYECTO:

"REMOCIÓN DE ALUMINIO CON ACIDO SULFÚRICO EN LODOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS SAN MIGUEL II"

ESCALA:

1:2000

DATUM:

WGS84

PROYECCION:

UTM 18 S

MAPA:

01

FECHA:

16/07/2022

ELABORADO:

JANDIR E. CONCO MEJIA

ANEXO N° 3

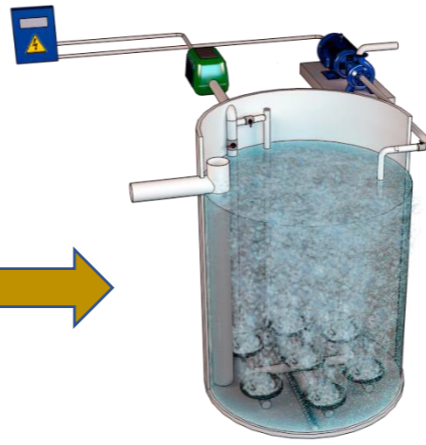
**Diagrama de Flujo del Proceso de
Tratamiento PTAR San Miguel II**



Cámara de Recolección de Aguas Crudas



Tanque Ecuador



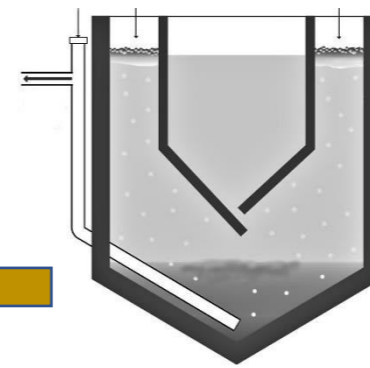
Reactor Biológico



Cámara de Mezcla



Clarificador Lamella



Cámara de Lodos



Evacuación de Lodos por una EO-RRSS



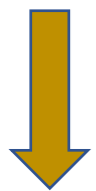
Reservorio de Agua Tratada



Ultrafiltración



Cisterna de Agua Clarificada



Riego de áreas Verdes

Flujo de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR San Miguel II

ANEXO N° 4**Carta de Solicitud de Autorización
para la Toma de Muestra a la
Municipalidad Distrital de San Miguel**



San Miguel, 17 de diciembre 2021

SOLICITO:

AUTORIZACIÓN PARA TOMA DE
MUESTRAS DE LODOS CON FINES DE
INVESTIGACIÓN ACADÉMICA,
DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES SAN MIGUEL II

SEÑOR:

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE SURCO

Pte.-

ATENCIÓN: GERENTE DE SERVICIOS A LA CIUDAD

Yo, **Jandir Evaldo Conco Mejía**, identificado con DNI N° **46914148**, Bachiller de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Ante Ud. Respetuosamente solicito **Autorización para la toma de Muestras de Lodos Sedimentados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Aguas Residuales Domésticas San Miguel II, con fines de investigación académica.**

Sin otro en particular, me despido de usted.

Atentamente,

.....
Nombre: Jandir Evaldo Conco Mejía

DNI: 46914148

E-mail: concojandir@gmail.com

Celular: 996781860

Anexo:
Adjunto Plan de Investigación

ANEXO N° 5

Manual de operación y mantenimiento de equipos y materiales de laboratorio de la FIGAE



Universidad Nacional

Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería

Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

***MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE LOS
EQUIPOS DEL LABORATORIO DE
GEOGRAFIA Y MEDIO
AMBIENTE***



ÍNDICE

	PÁG
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	4
ALCANCE	4
1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO	5
1.1. ANALIZADOR DE pH	5
1.1.1. PRÓPOSITO DEL EQUIPO	5
1.1.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	5
1.1.3. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y OPERACIÓN	6
1.1.4. CALIBRACIÓN	7
1.1.5. MANTENIMIENTO GENERAL	7
1.2. MEDIDOR MULTIPARÁMETRO	10
1.2.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO	10
1.2.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	10
1.2.3. MANTENIMIENTO GENERAL	11
1.3. BALANZAS	12
1.3.1. PROPÓSITO DEL EQUIPO	12
1.3.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	12
1.3.3. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO	12
1.3.4. BALANZA GRANATARIA	13
1.3.4.1. OPERACIÓN DE LA BALANZA GRANATARIA	13
1.3.5. BALANZA ANALÍTICA	14
1.3.5.1. OPERACIÓN DE LA BALANZA ELECTRÓNICA	14
1.3.6. CALIBRACIÓN	14
1.3.7. MANTENIMIENTO GENERAL	15
1.4. MICROSCOPIO	16
1.4.1. PROPÓSITO DEL EQUIPO	16
1.4.2. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y ALMACENAMIENTO	17
1.4.3. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	18
1.4.4. MANTENIMIENTO GENERAL	19
1.4.5. CUIDADOS ESPECIALES EN CLIMAS CÁLIDOS	22
1.4.6. CUIDADOS ESPECIALES EN CLIMAS HÚMEDOS	23
1.4.7. REMOCIÓN DE LA PELÍCULA DE HONGOS	24
1.5. INCUBADORA	24
1.5.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO	25
1.5.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	26
1.5.3. CALIBRACIÓN	27
1.5.4. MANTENIMIENTO GENERAL	28
1.6. BAÑO MARIA	



Universidad Nacional

Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería

Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

1.6.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO	30
1.6.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	30
1.6.3. CALIBRACIÓN	32
1.6.4. MANTENIMIENTO GENERAL	32
1.8. REFRIGERADOR	37
1.8.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO	37
1.8.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	38
1.8.3. MANTENIMIENTO GENERAL	39
1.9. AGITADOR MAGNETICO CON CALENTAMIENTO	
1.9.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO	41
1.9.2. SERVICIOS DE OPERACIÓN	41
1.9.3. MANTENIMIENTO GENERAL	42
1.12. ESTUFA DE SECADO	48
1.12.1. PROPOSITO DEL EQUIPO	48
1.12.2. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACION Y USO	49
1.12.3. PRINCIPIOS DE OPERACION	49
1.12.4 MANTENIMIENTO GENERAL	52
2. DISPOSICIONES GENERALES DEL PRESTAMO Y USO DEL EQUIPO	53
3. FUNCIONES DEL ENCARGADO DEL MANEJO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	53
4.BIBLIOGRAFIA	54



INTRODUCCIÓN

El presente manual está dirigido a todo aquel personal que opera o proporciona mantenimiento preventivo a los equipos del laboratorio LABGEMA; y ha sido desarrollado con el fin de apoyar en la comprensión de los requerimientos técnicos relacionados con la instalación, uso y mantenimiento de un grupo de equipos que resultan de gran importancia para la realización de las prácticas de laboratorio y en actividades de investigación.

En el manual se describen algunos de los equipos más comúnmente usados y sus principales funciones. Algunos de estos son de funcionamiento sencillo tales como: Microscopio, Balanza Analítica, Baño María, Incubadora; y otros que requieren de sistemas más sofisticados como: el potenciómetro, medidor múltiparametro pH, mV, Temp, ISE, conductividad.

Es importante hacer notar que este manual no pretende ser un sustituto del manual del fabricante, sino por el contrario un complemento de él.

OBJETIVOS

- ✓ Describir la operación de los equipos usados en el laboratorio.
- ✓ Mostrar al operador el uso, mantenimiento y cuidado adecuado de los equipos, fomentando el seguimiento de las recomendaciones del fabricante.
- ✓ Describir las disposiciones generales para regular el uso y préstamo de los equipos en el laboratorio.

ALCANCE

El presente manual aplica a todo aquel personal que opera o proporciona mantenimiento preventivo a los equipos del laboratorio.



1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO

1.1. ANALIZADOR DE pH



El analizador de pH se utiliza para determinar la concentración de iones del gas hidrógeno $[H^+]$ en una disolución. Este equipo permite realizar mediciones de la acidez de una solución acuosa, siempre que el mismo sea utilizado de forma cuidadosa y se ajuste a procedimientos plenamente comprobados. A los analizadores de pH se les denomina, además, *pHmetros*, *monitores de pH* o *potenciómetros*.

1.1.1. PROPÓSITO DEL EQUIPO

El analizador de pH es un instrumento de uso común en cualquier campo de la ciencia relacionado con soluciones acuosas. Se utiliza en áreas como la agricultura, el tratamiento y purificación de agua, en procesos industriales como los petroquímicos, fabricación de papel, alimentos, metalmecánica, farmacia e investigación y desarrollo, entre otros. En el laboratorio de salud, las aplicaciones del instrumento están relacionadas con el control de medios de cultivo, controlar y/o medir la alcalinidad o acidez de caldos y *buffer*.

En equipos especializados de diagnóstico de laboratorio, se usan los mismos principios utilizando microelectrodos para medir la acidez o alcalinidad de los componentes líquidos de la sangre, en donde la sustancia más importante es el agua que contiene gran cantidad de sales y sustancias orgánicas disueltas.

1.1.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

El analizador de pH mide la concentración de iones $[H^+]$, utilizando un electrodo sensible a los iones. En condiciones ideales dicho electrodo debería responder ante la presencia de un único tipo de ión, pero en la realidad siempre se presentan interacciones o interferencias con iones de otras clases presentes en la solución. Un electrodo de pH



es generalmente un electrodo combinado, en el cual se encuentran integrados un electrodo de referencia y un electrodo de vidrio, en una misma sonda. La parte inferior de la sonda termina en un bulbo redondo de vidrio delgado.

El tubo interior contiene cloruro de potasio saturado (KCl), invariable y una solución 0,1 M de ácido clorhídrico (HCl). También, dentro del tubo interior, está el extremo del cátodo del electrodo de referencia. El extremo anódico se envuelve así mismo en el exterior del tubo interno y termina con el mismo tipo de electrodo de referencia como el del tubo interno. Ambos tubos, el interior y el exterior, contienen una solución de referencia, pero únicamente el tubo exterior tiene contacto con la solución del lado externo del electrodo de pH, a través de un tapón poroso que actúa como un puente salino.

Dicho dispositivo se comporta como una celda galvánica. El electrodo de referencia es el tubo interno de la sonda analizadora de pH, el cual no puede perder iones por interacción con el ambiente que lo rodea, pues como referencia debe permanecer estático –invariable– durante la realización de la medida. El tubo exterior de la sonda contiene el medio al que se le permite mezclarse con el ambiente externo.

Como resultado de lo anterior, este tubo debe ser llenado periódicamente con una solución de cloruro de potasio (KCl) para reponer la capacidad del electrodo que se inhibe por pérdida de iones y por evaporación. El bulbo de vidrio en la parte inferior del electrodo de pH que actúa como elemento de medición está recubierto, tanto en el exterior como en el interior, con una capa de gel hidratado.

Los cationes metálicos $[Na^+]$ se difunden en el gel hidratado fuera del vidrio y dentro de la solución, mientras que los iones $[H^+]$ de la solución se difunden dentro del gel hidratado. El gel hidratado es el que hace que el electrodo de pH sea un electrodo selectivo de iones. El ión $[H^+]$ no cruza a través de la membrana de vidrio del electrodo de pH, es el ión sodio $[Na^+]$ el que cruza y permite un cambio de la energía libre. Cuando un ión se difunde de una región de actividad a otra, se presenta un cambio en la energía libre y esto es lo que mide el analizador de pH.

1.1.3. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

1. Remover la cubierta protectora del electrodo.
2. Antes de usar el electrodo, se debe sumergir completamente dentro de una solución de KCl o en una solución para electrodos durante aproximadamente 20 minutos.
3. Conectar el cable BCN en la entrada para este. Instalar el electrodo conectando entrada en donde corresponde (se conecta y gira para que quede asegurado). Si se utiliza un electrodo de referencia aparte, se conecta dentro de donde dice ref.



- Entre cada medición se debe enjuagar y secar el electrodo. Es importante que el secado se haga con un pañuelo absorbente o trapo seco y nunca se debe agitar. El enjuagado se debe hacer con agua destilada, agua desionizada, o con un poco de la solución que se va a medir a continuación.
- Al finalizar se debe guardar el electrodo en una solución de KCl o en una solución de almacenaje de electrodos. Siempre debe permanecer abierto el seguro del llenado cuando se utiliza el electrodo y cerrado durante su almacenamiento. Cuando la solución interna del electrodo llegue a 1 pulgada de la punta se debe de llenar con una solución especial para el llenado.

1.1.4. CALIBRACIÓN

Debido a que el electrodo varía en su respuesta, se debe estandarizar el potenciómetro y compensar el electrodo con la variación que presente este. Mientras más frecuentemente se realiza la estandarización, mayor precisión se obtendrá en las mediciones.

- Introducir el electrodo dentro de la solución buffer, hasta que el electrodo presente un valor estable.
- Presionar el botón de Mode hasta que en el display indique el modo de pH.
- Borrar los valores medidos para proceder a estandarizar, utilizando los botones de setup y enter para borrar los valores.
- Presionar el botón de standardize. El potenciómetro reconocerá inmediatamente el contenido de hidrógenos del buffer. Cuando la señal es estable, se presiona enter el valor del pH del buffer se guardará.
- Enjuagar el electrodo y proceder del mismo modo para estandarizar el potenciómetro con el siguiente buffer.

1.1.6. MANTENIMIENTO GENERAL

Los analizadores de pH disponen de dos procedimientos generales de mantenimiento: los dirigidos al cuerpo del analizador y los dirigidos a la sonda detectora de pH (electrodos).

Procedimientos generales de mantenimiento al cuerpo del analizador de pH

Frecuencia: Semestral

- Examinar el exterior del equipo y evaluar su condición física general. Verificar la limpieza de las cubiertas y el ajuste de las mismas.



2. Probar el cable de conexión y su sistema de acoples. Comprobar que se encuentran en buenas condiciones y que están limpios.
3. Examinar los controles del equipo. Verificar que se encuentran en buen estado y que se pueden accionar sin dificultad.
4. Verificar el estado de brazo portaelectrodo. Examinar el mecanismo de montaje y fijación del electrodo, a fin de prever que el electrodo no se suelte. Comprobar que el ajuste de alturas opere correctamente.
5. Efectuar una prueba de funcionamiento midiendo el pH de una solución conocida.
6. Inspeccionar las corrientes de fuga y la conexión a tierra.

Mantenimiento básico del electrodo

Frecuencia: Cada cuatro meses

El electrodo detector requiere mantenimiento periódico de la solución conductora, para que pueda obtener lecturas precisas.

Los procesos recomendados para reponer la solución electrolítica son los siguientes:

1. Retirar el electrodo detector de la solución *buffer* de almacenamiento.
2. Enjuagar el electrodo detector con abundante agua destilada.
3. Retirar la cubierta superior del electrodo detector.
4. Llenar el electrodo detector con una solución saturada de cloruro de potasio (KCl). Utilizar la jeringa o aplicador que acompaña la solución de KCl. El llenado se efectúa a través del conducto que protege la tapa superior del electrodo. Verificar que la punta de la jeringa no toque el interior del electrodo. Envolver una pequeña parte de la tapa superior del electrodo para cubrir la apertura superior del mismo.
5. Usar la punta de la aguja de la jeringa para perforar el área de la tapa que cubre la abertura, a fin de permitir que exista un equilibrio de presiones entre el interior y el exterior del electrodo.
6. Enjuagar el electrodo con agua destilada.



7. Mantener el electrodo dentro de la solución *buffer* de almacenamiento, siempre que no esté en uso.

Limpieza del electrodo

La clase de limpieza requerida por el electrodo depende del tipo de contaminante que lo haya podido afectar. Se resumen a continuación los procedimientos más comunes.

Limpieza general. Remojar el electrodo de pH en una solución 0,1 M de ácido clorhídrico (HCl) o 0,1 M de HNO₃, durante 20 minutos. Enjuagar con agua corriente antes de usar.

Remoción de depósitos y bacterias. Remojar el electrodo de pH en una disolución 1:10 de blanqueador doméstico, durante 10 minutos. Enjuagar con agua abundante antes de usar.

Limpieza de aceite y grasa. Enjuagar el electrodo de pH con un detergente medio o con metil alcohol. Enjuagar con agua antes de usar.

Limpieza de depósitos de proteínas. Remojar el electrodo de pH en pepsina al 1 % en ácido clorhídrico 0,1 M, durante 5 minutos. Enjuagar con agua antes de usar. Después de realizar cualquier operación de limpieza, es conveniente enjuagar con agua desionizada y rellenar el electrodo de referencia antes de usar.

Otros cuidados

No golpear el electrodo. Dado que su estructura generalmente es de vidrio y este material es muy frágil –se rompe antes de que se deforme–, es necesario manipularlo de forma cuidadosa, evitando que sufra golpes, choques o caídas. Recordar que el electrodo es un elemento de consumo y que tiene una vida útil limitada. Mientras no esté en uso, mantener el electrodo dentro de la solución *buffer* de almacenamiento.



1.2. MEDIDOR MULTIPARAMETRO pH, mV, Temp, ISE, Conductividad Mod.250



1.2.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO

Al escoger la ubicación donde será instalado el medidor es necesario seguir las siguientes consideraciones para optimizar su uso:

1. Colocar el medidor sobre una superficie plana y firme.
2. Las temperaturas por arriba de 40°C o por debajo de 15°C pueden afectar la operación y exactitud del equipo.
3. Proteger al equipo de vapores químicos agresivos.
4. Evitar la exposición a excesivas condiciones de humedad por períodos prolongados.
5. La línea de voltaje a la cual el medidor este conectado debe ser constante y libre de fluctuaciones.

Ensamble del brazo de soporte del electrodo

Colocar el brazo de soporte atomillando éste al medidor, de acuerdo al manual de uso.

Conexión de los electrodos

pH, ORP O ISE (con el conector BNC): Conectar los electrodos en los canales requeridos A o B, localizado en la parte trasera del medidor. Empujar y rotar el conector BNC del electrodo hasta que encaje en el lugar; para desconectar girar en la dirección contraria. De igual manera realizar la misma operación con el electrodo de referencia y las celdas de conductividad, para cualquier duda consultar el manual del equipo.

1.2.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Conectar el adaptador AC en la parte trasera del medidor y luego conectar la clavija al contacto adecuado. El medidor automáticamente se encenderá.



El medidor tiene las siguientes opciones para acceder a los menús de operación:

1. Mode: Selecciona el modo pH, mV o ion para canal A o B, conductividad, resistividad, salinidad de NaCl, y TDS para canal C.
2. Standardize: Se usa para introducir estándares y permita acceder a la opción menú para cambiar otras características de selección.
3. CAL DATA: Presenta la información (tiempo y fecha) sobre los buffer usados para la calibración de los electrodos.
4. CHANNEL: Enciende o apaga el canal on/of.
5. SETUP: Selecciona las características generales que se requieren durante las mediciones tales como: fecha, hora contraste de la pantalla, sonido, puerto serial.
6. DATA LOG: Permite almacenar y consultar datos de las mediciones realizadas en el equipo.
7. CLEAR: Permite salir del menú actual y regresar al menú previo, cancelar operaciones y borrar datos numéricos.
8. ENTER/PRINT: Confirma valores numéricos, operaciones pendientes, seleccionar algún menú, imprimir o transferir información a la PC.

NOTA: Además de consultar la información presente en este manual, es necesario consultar el manual del fabricante si se presentara alguna duda durante su operación.

1.2.3. MANTENIMIENTO GENERAL

Su mantenimiento general se llevará a cabo al igual que el del analizador de pH.



1.3. BALANZAS

La balanza es un instrumento que mide la masa de un cuerpo o sustancia, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo. La palabra proviene de los términos latinos *bis* que significa *dos* y *linx, plato*.

1.3.1. PROPÓSITO DEL EQUIPO

La balanza se utiliza para medir la masa o peso de un cuerpo o sustancia, dado que entre masa y peso existe una relación bien definida. En el laboratorio se utiliza la balanza para efectuar actividades de control de calidad para preparar mezclas de componentes en proporciones predefinidas y para determinar densidades o pesos específicos.

1.3.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Las balanzas se diferencian entre sí por el diseño, los principios utilizados y los criterios de metrología que utilizan. En la actualidad podría considerarse que existen dos grandes grupos: las balanzas mecánicas y las balanzas electrónicas.

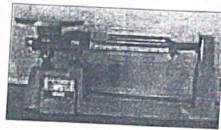
1.3.3. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO

1. Disponer de un ambiente que no presente corrientes de aire, cambios bruscos de temperatura y que esté libre de polvo.
2. Tener un mesón perfectamente nivelado. Es ideal una plataforma de alta inercia, aislada de las estructuras ubicadas en la vecindad, para reducir el efecto de las vibraciones que emiten ciertos equipos como centrífugas y refrigeradores. La misma debe tener un área suficiente para instalar la balanza y aquel equipo auxiliar con el que se interactúa en los procesos de pesado. De igual manera se debe prever el espacio requerido por los cables de interconexión, corriente eléctrica, conexión al sistema de información, a la impresora, etc.
3. Evitar que en la vecindad se encuentren instalados equipos que produzcan campos magnéticos elevados o vibraciones como centrífugas, motores eléctricos, compresores y generadores.
4. Evitar que se encuentre bajo la influencia directa de los sistemas de aire acondicionado –corrientes de aire y de la luz solar.



5. Disponer de una toma eléctrica en buen estado, dotada con polo a tierra provista de interruptores, que cumpla con la normatividad eléctrica vigente en el país o el laboratorio.

1.3.4. BALANZA GRANATARIA O MECÁNICA

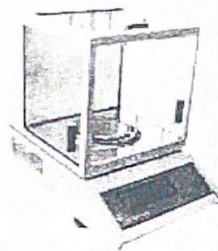


1.3.4.1. OPERACIÓN DE LA BALANZA GRANATARIA

1. Manejar con cuidado la balanza ya que es costosa.
2. No pesar sustancias químicas directamente sobre el platillo; usar papel para pesar, un vidrio de reloj o algún otro recipiente.
3. No derramar líquidos sobre la balanza.
4. Ajustar el cero de la balanza, solicitar instrucción al profesor o al técnico pues cada balanza tiene su modo de operar.
5. Después de pesar, regresar todas las pesas a cero (descargar la balanza).
6. Limpiar cualquier residuo de productos químicos que estén en la balanza o en el área de la balanza.



1.3.5. BALANZA ANALITICA ELECTRÓNICA



1.3.5.1. OPERACIÓN DE LA BALANZA ELECTRÓNICA

La operación de una balanza electrónica moderna está claramente definida en el manual de operación que suministran los fabricantes. En general se debe cumplir el siguiente procedimiento:

1. Permitir que la balanza equilibre sus condiciones con las del ambiente donde de encuentra instalada.
2. Permitir que la balanza se precaliente antes de iniciar las actividades. Normalmente basta que la misma se encuentre conectada al sistema de alimentación eléctrico. Algunos fabricantes sugieren que se deje transcurrir un período de tiempo de al menos 20 minutos, desde el momento en que se energiza hasta el momento en que se inicia la utilización de la misma.
3. Verificar que la balanza se encuentre calibrada.
4. Las balanzas electrónicas por lo general disponen de una calibración hecha en fábrica, almacenada en la memoria, la cual puede utilizarse si no se dispone de masas de calibración. Si se requiere realizar la calibración, se debe disponer de masas calibradas para poder efectuar el procedimiento que indique el fabricante.
5. Seguir las instrucciones que indica el fabricante en el manual de operación.

1.3.6. CALIBRACIÓN

El proceso de calibración de balanzas debe ser realizado por personal capacitado específicamente en esta actividad. Como aspecto fundamental se destaca que la calibración se debe realizar con base en los lineamientos de la OIML o de otra entidad



equivalente como puede ser la Sociedad Americana para Ensayo de Materiales (ASTM), instituciones que han desarrollado metodologías para clasificar las pesas o masas patrón, utilizadas en los procesos mencionados.

1.3.7. MANTENIMIENTO GENERAL

Balanza granataria.

El mantenimiento está limitado a las siguientes rutinas:

Frecuencia: Diaria

1. Verificar la graduación de cero.
2. Verificar el ajuste de sensibilidad.
3. Limpiar el platillo de pesaje.

Frecuencia: Anual

1. Calibrar la balanza y documentar el proceso.
2. Desensamblar y limpiar los componentes internos.
3. Se debe seguir el proceso definido por el fabricante, o contratarse una firma especializada para el efecto.

Balanza electrónica.

La balanza se caracteriza por ser un instrumento de alta precisión. Por tal motivo las rutinas de mantenimiento a cargo del operador son mínimas y se encuentran limitadas a las siguientes:

Actividades diarias:

1. Limpiar el platillo de pesaje, para que este se encuentre libre de polvo o suciedad. La limpieza se efectúa con una pieza de tela limpia que puede estar humedecida con agua destilada. Si es necesario retirar alguna mancha, se puede aplicar un detergente suave. También se puede usar un pincel de pelo suave para remover las partículas o el polvo que se hubiesen depositado sobre el platillo de pesado.
2. Limpiar externa e internamente la cámara de pesaje. Verificar que los vidrios estén libres de polvo.
3. Verificar que los mecanismos de ajuste de la puerta frontal de la cámara de pesaje funcionen adecuadamente.



NOTA: Nunca lubricar una balanza a menos que el fabricante lo indique expresamente. Cualquier sustancia que interfiera con los mecanismos de la balanza retarda su respuesta o alteran definitivamente la medida.

1.4. MICROSCOPIO

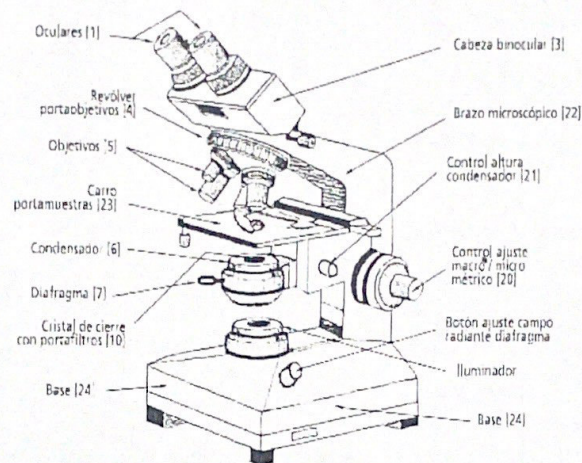


DIAGRAMA DEL EQUIPO

La palabra microscopio proviene de fusión de las palabras griegas *micros* que significa *pequeño* y *skopien* que significa *ver* o *examinar*.

1.4.1. PROPÓSITO DEL EQUIPO

El microscopio es un instrumento de precisión conformado por subsistemas ópticos –lentes, filtros, prismas, condensadores–; mecánicos –elementos para controlar la posición de la muestra en el espacio tridimensional X, Y, Z–; eléctricos –transformadores y sistemas de iluminación–, y electrónicos –cámaras, sistemas de televisión, etc.–, que interactúan entre sí para amplificar y controlar la formación de imágenes de objetos de tamaño reducido, cuyas características no alcanzan a ser detectadas por el ojo humano.

Por lo general, para observar las muestras se requiere que estas hayan sido preparadas de acuerdo con técnicas que permiten resaltar los detalles a observar. El microscopio constituye una ayuda diagnóstica de primer orden en el área de salud, en especialidades como hematología, bacteriología, parasitología y la formación de recursos humanos.



(Existen microscopios con aditamentos especializados para que los estudiantes efectúen las observaciones, dirigidos por un profesor).

El desarrollo tecnológico de estos equipos ha permitido fabricar una enorme cantidad de modelos de aplicación especializada en la industria y la academia, y ha sido fundamental para el desarrollo del conocimiento humano y para entender el funcionamiento de la naturaleza.

1.4.2. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y ALMACENAMIENTO

1. Asegurarse que el ambiente o área en que se instale el microscopio esté protegido o protegida del polvo y la humedad. El ambiente ideal debe disponer de un sistema de aire acondicionado que garantice aire libre de polvo o partículas, control de humedad y control de temperatura de manera permanente.
2. Verificar que el ambiente o área en que se instale el microscopio disponga de seguridad: puerta con cerradura para evitar su sustracción no autorizada.
3. Confirmar que el lugar seleccionado para ubicar el microscopio esté alejado de lugares como lavaderos o donde se trabajen sustancias químicas, para evitar que el equipo resulte afectado por un derrame o salpicadura. También deben evitarse sitios que tengan luz solar directa.
4. Verificar que el lugar seleccionado cuente con una toma eléctrica en buen estado, cuyo voltaje esté ajustado en magnitud y frecuencia con los códigos y normas eléctricas, y que resulte compatible con el del sistema de iluminación del microscopio. En caso de que el microscopio utilice espejo, debe estar ubicado cerca de una ventana que permita una buena iluminación, pero sin estar directamente expuesto a la luz solar.
5. Instalar el microscopio sobre una superficie nivelada de estructura rígida, bajo la cual exista espacio suficiente para que el usuario –microscopista– coloque sus piernas y como consecuencia pueda acercar el cuerpo hacia el microscopio y la cabeza hacia los oculares, sin forzar la columna vertebral: cuello y espalda.
6. Para facilitar la colocación del microscopista, proporcionar una silla de altura variable, que le brinde un buen soporte lumbar; si es del caso, también proveer un apoyo para los pies, situado al frente del sitio de trabajo, no en la silla. El propósito es lograr que la columna vertebral esté lo más recta posible y se reduzca la flexión de los hombros y el cuello.
7. Evitar que en sitios cercanos al lugar de instalación del microscopio haya equipos que produzcan vibraciones como centrifugas o refrigeradores.



8. Procurar no mover el microscopio de su sitio de instalación y con mayor razón si el mismo se utiliza intensamente cada día.
9. Cubrir el microscopio con un protector de polvo si no se usa por periodos de tiempo largos; tomar precauciones para que no lo afecten excesos de humedad. Mientras más seco el ambiente, menos probabilidad de que se presente crecimiento de hongos. El protector puede ser de plástico o de tela similar en calidad a la utilizada en la fabricación de pañuelos, que no suelte pelusa.
10. En zonas de humedad alta, guardar el microscopio durante la noche, en una cabina provista de un bombillo de máximo 40 W. Esto ayuda a mantener seco el entorno y reduce la probabilidad de que se presente formación de hongos. Si se utiliza esta alternativa, verificar que disponga de orificios que permitan la ventilación del interior.

1.4.3. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Para la manipulación de un microscopio, debemos de tomar en cuenta que es un equipo de coto elevado y que un mal uso puede llegar a desajustarlo o en definitiva echarlo a perder. Es por ello que debemos de seguir ciertas reglas al pie de la letra. Para que de esta forma obtengamos un buen resultado en todas las preparaciones a observar y lo más importante mantener el equipo en muy buenas condiciones.

Pasos a seguir para el uso del equipo:

1. El banco y la mesa deberán encontrarse a la altura que le permita al observador el uso del microscopio en posición vertical y de manera confortable.
2. Encender la fuente de iluminación.
3. Montar la preparación que desea observar.
4. Separar los binoculares ajustándolos a su propia distancia interpupilar.
5. Enfocar entre el ojo derecho y el izquierdo. Los tubos portaoculares son susceptibles de ajuste, esto se logra enfocando primero la imagen con el objetivo de menor aumento, usando los tornillos macro y micrométrico. Si la imagen no es clara, suba o baje el ocular izquierdo mediante el movimiento del anillo que rodea al tubo portaocular hasta obtener una imagen nítida, así el microscopio queda ajustado a su propia visión ocular.
6. Enfoque de imágenes: para enfocar cualquier objetivo, pero específicamente con el seco (40x) y con el de inmersión (100x), deberá acercarse el objetivo a la preparación, mirándolo de lado, para controlar el descenso hasta que la lente frontal de dicho objetivo quede dentro de la distancia focal. Solamente entonces



deberá mirar por el ocular alejando lentamente el objetivo hasta obtener el enfoque correcto, el cual se obtendrá moviendo el tornillo micrométrico.

- Objetivos de poco aumento (5x y 10x). Descender el condensador a fondo, bajar el objetivo sobre la preparación (sin tocarla), subir el objetivo con el tornillo macrométrico hasta ver la imagen a través de los oculares. Suba un poco el condensador en caso de que la iluminación sea insuficiente.
- Objetivo de gran aumento (40x). Colocar el condensador a la mitad de la distancia, bajar el objetivo sobre la preparación (sin tocarla). Subir el objetivo con el tornillo macrométrico muy lentamente hasta ver la imagen en el campo y perfeccionar el enfoque con el tornillo micrométrico. Mover el condensador hasta obtener iluminación suficiente.
- Objetivo de inmersión (100x). Colocar la preparación perfectamente seca, poner una pequeña gota de aceite de inmersión sobre la parte a examinar, subir el condensador al tope. Baje el objetivo hasta que toque el aceite, sin que ésta se vaya a romper, (obsérvese por el costado el descenso del objetivo). Observe por los oculares y enfoque con el tornillo micrométrico.

7. Los microscopios actuales son parafocales, es decir, se fabrican de modo que puedan pasar de un objetivo a otro girando el revolver casi sin perder el enfoque.

1.4.4. MANTENIMIENTO GENERAL

Ante todo es necesario enfatizar que el microscopio es un equipo de alta precisión. La integridad de sus componentes ópticos, mecánicos y eléctricos debe ser observada, a fin de conservarlo en las mejores condiciones.

Cada elemento del microscopio ha sido desarrollado utilizando las más avanzadas técnicas de fabricación. El ensamble de sus componentes y su ajuste se realiza en fábrica, utilizando equipos especializados que, mediante técnicas de medición avanzadas, controlan las tolerancias requeridas entre los diversos componentes del equipo.

La limpieza del ambiente en el que se utiliza, su instalación y uso cuidadoso resultan fundamentales para lograr una larga vida útil. La humedad, el polvo y las malas condiciones de alimentación eléctrica, el mal uso o instalación inadecuada resultan contraproducentes para su correcta conservación. El mantenimiento del microscopio implica mucho cuidado, paciencia y dedicación. Debe ser efectuado únicamente por personal que haya recibido capacitación en el equipo y que disponga de la herramienta



especializada que se requiere para intervenir. Se presentan a continuación las recomendaciones generales para la instalación y el mantenimiento necesarios para mantener un microscopio en buen estado de funcionamiento y que están al alcance del microscopista.

Frecuencia: Diaria (después del uso)

1. Limpiar el aceite de inmersión del objetivo 100X. Usar papel para limpieza de lentes o en su defecto algodón tipo medicinal.
2. Limpiar el carro portamuestras.
3. Limpiar el condensador.
4. Colocar el reóstato de control de intensidad luminosa en la posición mínima y luego apagar completamente el sistema de iluminación.
5. Cubrir el microscopio con una funda protectora –plástica o de tela–. Asegurar que queda ubicado en un lugar bien ventilado, en el cual estén controlados la humedad y la temperatura. Si se dispone de caja de almacenamiento ventilada dotada con bombillo para control de humedad, colocar allí el microscopio, encender la lámpara y cerrar la puerta de la misma.

Frecuencia: Cada mes

1. Remover las partículas de polvo que pueda tener el cuerpo del microscopio. Usar una pieza de tela humedecida con agua destilada.
2. Retirar las partículas de polvo de los oculares, objetivos y del condensador. Utilizar la pera para soplar aire. A continuación, limpiar la superficie de los lentes con solución limpiadora de lentes. No aplicar directamente esta solución a los lentes, sino en papel para limpiar lentes y luego frotar suavemente la superficie de los mismos con el papel mencionado.
3. Retirar el mecanismo de sujeción de las placas portamuestras; limpiar cuidadosamente y reinstalar.

Frecuencia: Cada seis meses

Como complemento a las rutinas mensuales de mantenimiento se realizara lo siguiente:

1. Efectuar una inspección visual general del microscopio. Verificar que cada componente se encuentre en buen estado, esté limpio y esté bien ajustado mecánicamente.



2. Verificar que en el lugar de instalación se conserven las condiciones de buena ventilación, control de humedad y temperatura.
3. Comprobar la calidad del sistema eléctrico que alimenta el microscopio. Verificar la integridad de los conectores, los fusibles y la lámpara incandescente.
4. Revisar la bitácora de uso para contabilizar el tiempo de luz utilizado y proveer la compra de lámpara.
5. Verificar el ajuste de la plataforma mecánica. La misma debe desplazarse suavemente, en todas las direcciones (X-Y) y debe mantener la posición que selecciona o define el microscopista.
6. Comprobar el ajuste del mecanismo de enfoque. El enfoque que selecciona el Microscopista debe mantenerse. No debe variar la altura asignada por el microscopista.
7. Verificar el funcionamiento del diafragma.
8. Limpiar todos los componentes mecánicos.
9. Lubricar el microscopio de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
10. Confirmar el ajuste de la uña fija láminas.
11. Verificar el alineamiento óptico.

PRECAUCIONES:

1. Evitar limpiar los componentes ópticos con etanol, debido a que estos líquidos afectan los elementos ópticos. Tampoco limpiar la base o la plataforma con xileno o acetona.
2. No utilizar papel ordinario para limpiar los lentes, dado que en sus componentes constitutivos podría haber elementos de alta dureza que podrían rayar la superficie de los lentes.
3. No tocar los lentes con los dedos, para evitar las huellas digitales.
4. No limpiar el interior de los lentes de oculares u objetivos con telas o papel, ya que los barnices de recubrimiento de los elementos ópticos podrían deteriorarse. Limpiar estas superficies con un pincel de pelo de camello o una pera para soplar aire.



5. Evitar dejar el microscopio sin los oculares. Colocar los tapones si requiere retirar los oculares para evitar el ingreso de polvo o partículas a la cabeza binocular.
6. No dejar el microscopio guardado en una caja, en ambientes húmedos.
7. Evitar presionar los objetivos contra las "Placas", ya que se podrían producir daños en la laminilla o el lente frontal del objetivo. Enfocar el microscopio de forma lenta y cuidadosa.
8. Mantener limpia la plataforma o carro portamuestras.
9. No desensamblar los componentes ópticos, ya que se pueden producir desalineamientos. Las superficies ópticas deben limpiarse en primera instancia con un pincel de pelo de camello; a continuación, con gamuza o papel especial para lentes.
10. Utilizar las dos manos para levantar el microscopio. Con una mano sostenerlo por el brazo, y con la otra sostener su base.
11. Evitar tocar con los dedos la superficie de la bombilla cuando se la cambia. Las huellas digitales disminuyen la intensidad luminica.
12. Verificar que el voltaje de alimentación es el correcto para prolongar la vida útil de la bombilla; siempre que sea posible, utilizar la menor intensidad luminosa que resulte útil para realizar las observaciones.
13. Conectar el microscopio a través de un estabilizador de voltaje, si el voltaje de alimentación no es estable.

1.4.5. CUIDADOS ESPECIALES EN CLIMAS CÁLIDOS

Tanto en climas cálidos como en secos el principal problema que afecta al microscopio es el polvo, ya que afecta las partes mecánicas y a los sistemas ópticos. Dicho problema se puede controlar mediante los siguientes procesos:

1. Proteger siempre el microscopio con una cubierta plástica, cuando no esté en uso.
2. Limpiar el microscopio con aire, utilizando una pera de caucho, al finalizar el turno laboral.
3. Limpiar los lentes con un pincel de pelo de camello o con un cepillo de aire. Si el polvo permanece unido a la superficie óptica, intentar removerlo con papel



especial para lentes, pero frotando la superficie de forma muy suave, para evitar rayones.

1.4.6. CUIDADOS ESPECIALES PARA CLIMAS HÚMEDOS

En climas húmedos, por lo general calurosos, los microscopios suelen ser afectados por hongos, que se forman principalmente sobre la superficie de los lentes, en las ranuras de los tornillos y bajo la pintura protectora. En caso de no protegerse el equipo de forma adecuada, podría quedar inservible en muy corto plazo. Los cuidados que se detallan a continuación ayudan a prevenir la formación de hongos:

1. Almacenar el microscopio durante la noche en una caja dotada de un bombillo eléctrico que no exceda los 40 W de potencia. El bombillo debe estar instalado en la parte superior de la caja, cerca de la cabeza binocular y debe estar encendido durante toda la noche. La caja debe disponer de orificios para permitir la circulación del aire. Se debe evitar que la temperatura del interior de la caja no exceda los 50 °C, para que no se afecten las propiedades de los lubricantes del microscopio.
2. Si no es posible utilizar la caja con el bombillo eléctrico, como alternativa se puede utilizar un material desecante como silica gel o arroz. Cuando use el agente desecante, verificar que el microscopio esté guardado en una caja o protegido con una cubierta protectora que puede ser fabricada en tela de características similares a la de los pañuelos. Verificar que el agente desecante esté en buenas condiciones; caso contrario, sustituirlo o regenerarlo.
3. Limpiar el microscopio de forma periódica. Usar guantes de látex si tiene que tocar los lentes. Esto evita que las huellas digitales se adhieran a la superficie y disminuye los riesgos o probabilidad de crecimiento de hongos donde quedaron impresas las huellas digitales.
4. Si ninguna de las alternativas mencionadas es factible, ubicar el microscopio en un lugar que tenga buena circulación de aire. Cuando el microscopio no esté en uso, podría colocarse bajo la luz solar de forma directa, por períodos cortos de tiempo. Esto reduce la humedad y el riesgo de que crezcan hongos en las superficies del equipo.
5. El aire acondicionado –control de temperatura y humedad- evita significativamente el crecimiento de los hongos en los microscopios.

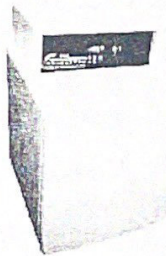


Sin embargo, esta no es una opción que disponga una gran cantidad de laboratorios. Si el servicio de aire acondicionado no es continuo en el área donde se encuentra instalado el microscopio, se deben tomar precauciones para controlar la humedad.

1.4.7. REMOCIÓN DE LA PELÍCULA DE HONGOS

1. Revisar y limpiar con frecuencia el microscopio, utilizando los procedimientos mencionados. Controlar las condiciones de humedad donde se usa y almacena el microscopio. Si se mantiene una ventilación adecuada, disminuye la posibilidad de que se inicie la formación de hongos en el microscopio.
2. Si se detecta un crecimiento de hongos, utilizar una mota de algodón humedecida en una solución limpiadora de hongos que normalmente es éter o xilol. Frotar suavemente siguiendo un movimiento circular, a lo largo de toda la superficie del lente. También puede realizar un movimiento oscilatorio, hacia adelante y hacia atrás o izquierda- derecha izquierda, ejerciendo sobre la superficie del lente una presión muy moderada. Si es necesario, repetir el procedimiento con una nueva mota de algodón.
3. Cuando se termine la remoción de la película de hongos, limpiar con una mota de algodón limpio.

1.5. INCUBADORA



La palabra *incubadora* proviene de la palabra latina *incubare* que significa *empollar*. Es un equipo diseñado para mantener una cámara a temperatura, atmósfera y humedad controladas, con el fin de conservar organismos vivos en un entorno que resulte adecuado para su crecimiento. Entre las aplicaciones más comunes, se citan las siguientes: incubación de cultivos bacteriológicos, virales, micológicos, celulares,



determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y conservación de biológicos.

1.5.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO

Esta unidad está diseñada para su uso en interiores, a temperatura ambiente entre 5° y 40° C, en condiciones de humedad relativa no mayor a 80%.

1. Debe mantenerse en posición vertical 24 horas antes de ser encendida lo que permitirá que el aceite se estabilice en el compresor de refrigeración.
2. El suministro de voltaje debe ser entre 50-60 Hz y no debe variar más del 10%.
3. El calor puede afectar su funcionamiento por lo que se debe evitar colocar cerca de radiadores a vapor, cocinas, hornos, autoclaves, etc. Evitar el sol directo, las corrientes de aire repentinas, ductos de calefacción y enfriamiento y zonas de alto tráfico.
4. Para asegurar la circulación del aire alrededor de la unidad, se debe dejar un espacio de por lo menos 20 cm entre la parte posterior y los laterales de la incubadora y cualquier tipo de pared o particiones que obstruyan la libre circulación del aire.
5. La incubadora debe permanecer nivelada y bien colocada. Para elevar el nivel se giran las patas de nivelado en sentido contrario a las manecillas del reloj. Si la unidad tiene que ser trasladada, se giran completamente las patas de nivelado para prevenir torceduras y daños.
6. La limpieza se debe realizar con un desinfectante adecuado para el uso que la incubadora tenga, no se deben utilizar abrasivos, ni limpiadores en aerosol que podrían filtrarse en las pequeñas aberturas o grietas y alcanzar componentes eléctricos. Se debe realizar periódicamente (máximo cada mes).
7. La incubadora controla la temperatura mediante la convección del aire interno por lo que el material a ser incubado debe distribuirse uniformemente y espaciado y no debe ocupar más de $\frac{3}{4}$ del volumen de la cámara para que el aire pueda circular libremente entre el material y por toda la cámara.



NOTAS:

1. Al mover la incubadora se debe tener cuidado de no dañar el ventilador ubicado en la parte inferior trasera y de inclinarla sólo por el lado permitido. Nunca se debe acostar la incubadora.
2. Antes de realizar cualquier labor de mantenimiento desconectar el cable de alimentación.
3. Para preservar en buen estado los elementos calefactores no derramar ninguna solución dentro de la cámara o introducir objetos metálicos que puedan hacer cortocircuito.
4. No cambiar de posición el sensor de temperatura.
5. Conectar siempre el equipo a un contacto tripolar y debidamente aterrizado.
6. Las variaciones de voltaje pueden dañar los componentes electrónicos.
7. No saturar la cámara con material: nunca cargar a más de $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad.

Si el cable de alimentación se daña, debe ser reemplazado de inmediato por personal capacitado.

1.5.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

1. Encender la incubadora con el switch piloto, el switch deberá iluminarse y en el display aparecerá por un segundo el número "8888" y a la vez se escuchará un beep, inmediatamente después se apaga el display y el sistema realiza la **auto-revisión**.
2. Si se detecta alguna falla una alarma auditiva se activará y el sistema presentará en el display el mensaje "Err(X)" donde la X puede ser un número del 0 al 7 según el error encontrado de acuerdo a la siguiente lista:

Código de fallas

Falla de sensor	Err (0 y 4)
Falla de elemento calefactor	Err (2)
Falla de memoria	Err (1 y 7)
Sobrecalentamiento	Err (3)

3. Oprimiendo el botón de incremento (), durante 3 segundos la alarma se apagará y el sistema vuelve a realizar la auto-revisión.



4. Si el mensaje de error persiste, entonces se debe apagar la incubadora y comunicarse con el Distribuidor.
5. Si todo es correcto aparecerá en le display la temperatura que en ese momento tiene la cámara e iniciará a controlar la temperatura según el **programa establecido**.

Programación del sistema

NOTA: EL INTERRUPTOR CON LLAVE ES NECESARIO SE ENCUENTRE EN POSICIÓN ABIERTA PARA PODER ACCEDER AL MENÚ DE PROGRAMACIÓN.

A) Selección de la temperatura de operación

1. Presionar la tecla de menú (■) y enseguida se presentará el mensaje "SP" (set point) por dos segundos y luego presentara la última temperatura programada.
2. Con las teclas de incremento (▲) y de decremento (▼), ajustar este valor para fijar la temperatura de operación requerida.
3. Oprimir (■) para guardar el valor y aparecerá en el display por unos segundos el mensaje "SPAH" y luego la temperatura de disparo de la alarma por sobrecalentamiento.

B) Programación de la alarma de sobrecalentamiento

1. Para modificar el valor usar las teclas de incremento (▲) y de decremento (▼), el valor deberá ser al menos 1°C mayor que la temperatura de operación.
2. Oprimir luego (■) para guardar el valor y aparecerá en el display por unos segundos el mensaje "SPAL" por dos segundos y luego la temperatura de disparo de la alarma por sobreenfriamiento.

C) Configuración de la alarma auditiva

1. El display presentará el mensaje "BEEP" por dos segundos y luego el estado actual de la alarma auditiva, "On" activado, "Off" desactivado.
2. Usar las teclas de incremento (▲) o de decremento (▼), para seleccionar el estado requerido de la alarma.
3. Oprimir luego (■), el sistema apagará el display y activará la alarma auditiva por un corto tiempo **indicando que la configuración del sistema fue terminada**.



1.5.3. CALIBRACIÓN

1. Programar la incubadora de preferencia a la temperatura de operación más frecuente.
2. Colocar un termómetro confiable dentro de la cámara.
3. Esperar a que se estabilice la temperatura. Al llegar por primera vez a la temperatura programada esperar aproximadamente 30 minutos.
4. Comparar las mediciones del display y del termómetro.
5. Si existe diferencia significativa apagar la incubadora con el switch piloto.
6. Después con la tecla de menú (■) oprimida encender la incubadora y en el display aparecerá brevemente "CAL".
7. Liberar la tecla y enseguida aparecerá la temperatura a la cual se encuentra la cámara.
8. Ajustar este número al valor de la temperatura indicada en el termómetro con las teclas de incremento (▲) o de decremento (▼).
9. Ajustado el valor, oprimir la tecla de menú (■) y la incubadora quedara calibrada contra su referencia.

1.5.4. MANTENIMIENTO GENERAL

Se presentan a continuación las rutinas generales de operación y mantenimiento que puede llegar a requerir una incubadora. Los procedimientos específicos deben realizarse siguiendo las recomendaciones de cada fabricante.

Recomendaciones de uso

1. No utilizar una incubadora en presencia de materiales inflamables o combustibles, debido a que en el interior del equipo existen componentes que en operación podrían actuar como fuentes de ignición.
2. Evitar el derrame de soluciones ácidas en el interior de la incubadora. Estas deterioran los materiales internos de la cámara de incubación. Procurar manejar sustancias cuyo pH sea neutro en lo posible. Evitar incubar sustancias que generen humos corrosivos.
3. Evitar colocar recipientes sobre la cubierta inferior que protege los elementos calefactores resistivos.



4. Emplear elementos de protección personal cuando se utiliza la incubadora: anteojos de seguridad, guantes, pinzas para colocar y retirar recipientes.
5. Evitar permanecer frente a una incubadora que se encuentre con la puerta abierta ya que algunas sustancias emiten humos o vapores no recomendables para respirar.
6. Calibrar la incubadora en el lugar de instalación para constatar su uniformidad y estabilidad.
7. Registrar en una bitácora la temperatura de operación de la incubadora en horas matutinas y vespertinas, con instrumentos certificados: termómetro, termo par, etc.
8. Registrar cada inconformidad detectada en la bitácora de la incubadora. Explicar si se tomaron acciones correctivas.
9. Verificar que la temperatura de la incubadora no varíe más de un grado centígrado (± 1 °C).
10. Añadir un agente inhibidor microbiano de carácter no volátil, si se requiere instalar dentro de la incubadora un recipiente con agua para mantener una determinada cantidad de humedad.

Recomendaciones de limpieza

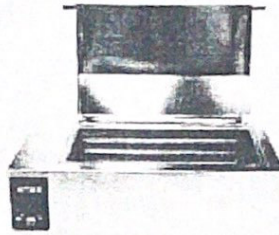
Frecuencia: Mensual

1. Desconectar la incubadora antes de iniciar los procesos de limpieza.
2. Usar agentes de limpieza no abrasivos: un trapo húmedo con detergente suave, para limpiar las superficies de fácil acceso, exteriores e interiores.
3. Evitar que los agentes de limpieza entren en contacto con elementos eléctricos.
4. Esperar a que la incubadora esté seca –libre de humedad- antes de proceder a reconexión.

NOTA: Una incubadora bien instalada y operada tiene muy pocas exigencias de mantenimiento y pueden pasar años antes de requerir alguna intervención técnica. Cuando se realice cualquier actividad de mantenimiento, deben seguirse las recomendaciones de los productores del equipo.



1.6. BAÑO MARIA



También conocidos como baño maría. El baño maría, es un método empleado en las industrias (farmacéutica, cosmética, de alimentos y conservas), en laboratorio de química y en la cocina, para conferir temperatura uniforme a una sustancia líquida o sólida o para calentarla lentamente, sumergiendo el recipiente que la contiene en otro mayor con agua que puede llevarse a ebullición o sólo mantenerse constante.

1.6.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO

El termobaño puede colocarse sobre cualquier superficie plana y firme dejando al menos un espacio de 10 cm entre él y cualquier superficie vertical o pared.

1. Disponer de un enchufe con un voltaje de 120 V, que no varíe más de un 10%.
2. Evitar colocar cerca de otros equipos que puedan dañarse con el agua en caso de existir derrames de esta.
3. Antes de operar el termobaño, es indispensable llenar de agua limpia (si es desmineralizada mejor) la tina hasta un máximo de 3 cm del borde superior y mínimo de 5 cm. El elemento calefactor siempre deberá estar inmerso en el agua. Es importante también que periódicamente y dependiendo de la continuidad en su uso, se reemplace el agua de la tina por agua limpia.

1.6.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Antes de usar el termobaño, se debe verificar que el mismo se encuentra limpio y que se encuentran instalados los accesorios que van a utilizarse. Los pasos que normalmente se siguen son estos:

1. Llenar el termobaño con el fluido que habrá de utilizarse para mantener uniforme la temperatura –agua o aceite–. Verificar que, colocados los recipientes



que van a calentarse, el nivel del mismo se encuentre entre 4 y 5 cm del borde superior del tanque.

2. Instalar los instrumentos de control que, como termómetros y agitadores, puedan ser requeridos. Utilizar los aditamentos de montaje que, para el efecto, suministran los fabricantes. Verificar la posición del bulbo del termómetro o de la sonda térmica, para asegurar que las lecturas sean correctas.
3. Si se utiliza agua como fluido de calentamiento, verificar que la misma sea limpia. Algunos fabricantes recomiendan añadir productos que eviten la formación de algas.
4. Colocar el interruptor principal en la posición de encendido.
5. Seleccionar la temperatura de operación, ajustando la perilla de control. Posteriormente se encenderá en breves intervalos el botón de ciclo, cuando el control aplique la energía al elemento calefactor.
6. Esperar un tiempo aproximado de 35 minutos a que el termobañó se estabilice antes de hacer los ajustes a la temperatura.
7. Verificar si la temperatura en el termómetro es la temperatura deseada, en caso contrario reajustar la perilla.
8. Registrar en la bitácora de uso de equipo cada vez que se utilice el termobañó y anotar el tiempo y la temperatura de uso, así como el nombre del usuario.
9. Evitar utilizar el termobañó con sustancias como las que se indican a continuación:
 - Blanqueadores.
 - Líquidos con alto contenido de cloro.
 - Soluciones salinas débiles como cloruro de sodio, cloruro de calcio o compuestos de cromo.
 - Concentraciones fuertes de cualquier ácido.
 - Concentraciones fuertes de cualquier sal.
 - Concentraciones débiles de ácidos hidroclicóricó, hidrobromicó, hidroiódicó, sulfúricó o crómico.
 - Agua desionizada, pues causa corrosión y también perforaciones en el acero inoxidable.



1.6.3. CALIBRACIÓN

Para realizar el proceso de calibración se debe contar con termómetro confiable o calibrado, para utilizarlo de referencia en el termobañero de la siguiente manera:

1. Se programa el termobañero a la temperatura más frecuente.
2. Se coloca el termómetro calibrado en el portatermómetro teniendo precaución que el sensor no toque el fondo. Esperar a que se estabilice la temperatura y que encienda el botón de ciclo.
3. Se comparan las mediciones del termobañero y el termómetro; si existe alguna diferencia se procede de la siguiente manera: se marca en la perilla la temperatura que registró el termómetro en la posición en que se encuentra en ese momento y se toma en cuenta para las siguientes programaciones de temperatura.

1.6.4. MANTENIMIENTO GENERAL

Los termobañeros son equipos que no son muy exigentes desde el punto de vista de mantenimiento. Las rutinas recomendadas están principalmente enfocadas a la limpieza de los componentes externos. A continuación, se señalan las rutinas más comunes.

Limpieza

Frecuencia: Mensual

1. Apagar y desconectar el equipo. Esperar a que el mismo se enfríe para evitar riesgos de quemaduras accidentales.
2. Extraer el fluido utilizado para el calentamiento. Si es agua, puede verterse a un sifón. Si es aceite, recolectar en un recipiente con capacidad –volumen– adecuada.
3. Limpiar el interior del tanque con un detergente suave. Si se presentan indicios de corrosión, existen en el mercado sustancias para limpiar el acero inoxidable. Frotar suavemente con esponjas sintéticas o equivalentes. Evitar la utilización de lana de acero para remover manchas de óxido, debido a que las mismas dejan partículas de acero que podrían acelerar la corrosión.
4. Limpiar con agua limpia el exterior y el interior del termobañero.



NOTAS:

1. Nunca operar el Baño María sin suficiente agua en la tina.
2. Retirar el agua de la tina si no se va a operar el termobañero por un largo periodo.
3. No llenar la tina por arriba del máximo nivel para evitar derrames y como consecuencia posibles fallas en los controles y oxidación en los componentes.
4. No cambiar de posición el sensor de temperatura.
5. Conectar siempre el equipo a un conector tripolar y debidamente aterrizado.
6. Las variaciones de voltaje pueden dañar los componentes electrónicos.
7. Si el cable de alimentación es dañado debe ser reemplazado de inmediato por personal calificado



1.8. REFRIGERADOR



El refrigerador los laboratorios es uno de los equipos más importantes. Su función consiste en mantener, en un ambiente controlado –espacio, refrigerado-, diversos fluidos y sustancias, para que los mismos se conserven en buenas condiciones- mientras más baja sea la temperatura, menor actividad química y biológica-. Para lograr esto se requiere que la temperatura interior del refrigerador sea inferior a la temperatura ambiente. En el laboratorio se utilizan diversas clases de refrigeradores que podrían agruparse dentro de los siguientes rangos:

1. Refrigeradores de conservación: funcionan en el rango de 0 °C a 8 °C.
2. Refrigeradores de baja temperatura: funcionan en el rango de 0 °C a -30 °C.
3. Refrigeradores de ultrabaja temperatura: funcionan en el rango de 0 °C a -86 °C.

1.8.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO

Para su funcionamiento, los refrigeradores requieren las siguientes previsiones:

1. Acometida eléctrica con polo a tierra adecuada a los requerimientos de voltaje y frecuencia del equipo. En general los refrigeradores, dependiendo de su capacidad, pueden conseguirse en versiones que funcionan con 115 V, 60 Hz; 208/230 V, 60 Hz. Debe preverse que las acometidas eléctricas cumplan con las normativas eléctricas nacionales o internacionales que utilice el laboratorio.
2. Si se instala más de un refrigerador que dependa de un mismo circuito eléctrico, se debe verificar que la capacidad –potencia eléctrica– y las seguridades del mismo sean adecuadas para suministrar la potencia que demandan los refrigeradores.



3. Conectar directamente el refrigerador a la toma eléctrica. Nunca instalar un refrigerador en una toma eléctrica sobrecargada o que presente deficiencias de voltaje. En lo posible, evitar el uso de extensiones eléctricas. La toma eléctrica no debe estar a más de 2 m del lugar seleccionado para instalar el refrigerador.
4. Instalar el refrigerador sobre una superficie nivelada, previendo que se disponga de un espacio libre alrededor del equipo. Los refrigeradores en la base disponen de un sistema de nivelación que permite ajustar las pequeñas diferencias de nivel que pudiera tener el piso. Se acostumbra dejar un espacio libre de 15 cm a los lados, y en la parte trasera para facilitar la ventilación del condensador.
5. Evitar instalar el refrigerador bajo la luz solar directa o cerca de fuentes de calor como radiadores o calentadores. Recordar que mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre el ambiente y el condensador, la transferencia de calor será más eficiente.

1.8.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

La operación de los refrigeradores de conservación en general es muy sencilla y se señala a continuación:

1. Conectar el cable de alimentación eléctrica del refrigerador a una toma eléctrica dotada de polo a tierra y capacitada para suministrar el voltaje y la potencia requeridos.
2. Accionar el interruptor de encendido.
3. Seleccionar la temperatura girando la perrilla a la temperatura deseada.
4. Esperar a que el refrigerador alcance la temperatura de operación, antes de almacenar cualquier producto.
5. Cargar el refrigerador de acuerdo con la capacidad establecida por el fabricante.
6. Distribuir las cargas de forma homogénea dentro del refrigerador. La uniformidad de la temperatura depende de la circulación libre de aire dentro del refrigerador.
7. Evitar abrir la puerta por períodos de tiempo largos, para evitar el ingreso de energía térmica y humedad –presente en el aire- al ambiente refrigerado, pues se forma hielo y se aumenta el tiempo de trabajo del sistema de refrigeración. Abrir únicamente para colocar o retirar los elementos almacenados.



1.8.3. MANTENIMIENTO GENERAL

Los refrigeradores son equipos que en general no son muy exigentes desde la perspectiva de mantenimiento, aunque sí son exigentes con relación a la calidad de los sistemas de alimentación eléctrica. Si se conectan a circuitos eléctricos de buena calidad y se verifica que tengan buena ventilación alrededor del equipo, pueden funcionar años sin demandar servicios técnicos especializados. El circuito de refrigeración es sellado en fábrica y no dispone de componentes que puedan requerir mantenimiento rutinario. Se describen a continuación las rutinas de mantenimiento más comunes.

Limpieza interior

Frecuencia: cada 3 meses

1. Desconectar el cable de alimentación eléctrica.
2. Verificar que los estantes interiores del refrigerador se encuentran limpios. Generalmente se fabrican en malla metálica, a la cual se le aplica un recubrimiento para evitar la corrosión. Para limpiarlos debe retirarse del refrigerador cualquier material que pudiera interferir la labor de limpieza. Mover los estantes vacíos hacia delante y desmontarlos. Aplicar un detergente suave con un trapo húmedo, frotar suavemente, las superficies superiores e inferiores. Secar y reubicar en la posición original.
3. Una vez desmontados los estantes, limpiar las paredes interiores del refrigerador, utilizando un detergente suave. Secar antes de montar los accesorios interiores.

Limpieza del condensador

Frecuencia: cada 6 meses

1. Desconectar el cable de alimentación eléctrica.
2. Verificar la posición donde se encuentra instalado el condensador. Los fabricantes lo colocan principalmente en la parte inferior y en la parte trasera del equipo. Algunos refrigeradores lo tienen instalado en la parte superior.
3. Retirar la rejilla de protección y el filtro de protección del condensador, (no todos los fabricantes proveen filtro).
4. Retirar la suciedad y el polvo depositados sobre la superficie del condensador. Utilizar una aspiradora dotada de un cepillo de succión. Recorrer toda la superficie del condensador para retirar la suciedad o el polvo acumulado.



5. Verificar que tanto la superficie de los tubos como la superficie de las aletas conductoras de calor queden limpias. Aspirar también el filtro (si se dispone de este elemento).
6. Reinstalar la cubierta.
7. Conectar el refrigerador a la acometida eléctrica.

PRECAUCION: Evitar el uso de lana de acero u otros abrasivos para efectuar la limpieza de los estantes o los cajones. Evitar el uso de gasolina, nafta o adelgazantes, porque estos dañan los plásticos, el empaque o la pintura de las superficies.

Verificar el empaque de la puerta

El empaque de la puerta es un componente que debe permanecer en buen estado para que el refrigerador opere correctamente. Para verificar su estado se procede como se explica a continuación:

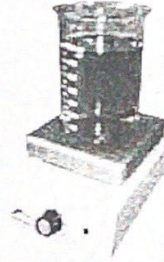
1. Abrir la puerta.
2. Insertar una tira de papel de unos 5 cm de ancho, entre el empaque de la puerta y el reborde del cuerpo del refrigerador donde se aloja el empaque.
3. Cerrar la puerta.
4. Halar suavemente el papel desde el exterior. El papel debe presentar una resistencia a ser desplazado hacia afuera. Si el papel puede retirarse sin presentar resistencia, el empaque debe ser sustituido. Efectuar este procedimiento cada 10 cm alrededor de todo el perímetro sobre el cual actúa el empaque.

Un empaque en malas condiciones produce varios inconvenientes en el funcionamiento del refrigerador:

1. Permite el ingreso de humedad, que se condensa y congela en el interior del evaporador.
2. Incrementa el tiempo de operación del compresor para mantener la temperatura seleccionada.
3. Afecta la conservación de la temperatura.
4. Incrementa los costos de operación.



1.9. AGITADOR MAGNETICO CON CALENTAMIENTO MODELO AREC.



El plato caliente ha sido desarrollado con el propósito de poder calentar y mezclar fluidos contenidos en recipientes de laboratorio como Erlenmeyers, tubos de ensayo y tubos de precipitado y esta compuesto por una plancha de aluminio que por ser un gran conductor del calor proporciona una excelente uniformidad térmica en toda la superficie del plato. Su elemento calefactor tipo blindado e integrado a presión en la plancha ofrece una eficiente transferencia del calor y una vida duradera; proporcionando una temperatura máxima de 400 ° C.

1.9.1. SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO

El plato caliente con agitador requiere ser conectado a una toma eléctrica con polo a tierra, en buen estado, dimensionada para suministrar potencia eléctrica requerida por el equipo y que cumpla con las normativas eléctrica nacionales o internacionales. Para su operación normal requieren de una superficie de soporte debidamente nivelada y con la resistencia suficiente para sostener el peso del plato caliente, junto con el peso del recipiente y los líquidos contenidos.

1.9.2. SERVICIOS DE OPERACIÓN

1. Conectar siempre el plato caliente a una toma de corriente eléctrica en buen estado que disponga de polo a tierra.
2. El control dispone de un botón giratorio que permite seleccionar la temperatura, a la que se requiere trabajar.

PRECAUCIONES:



1. Evitar utilizar el equipo en ambientes en los que haya presencia de materiales combustibles o inflamables. Evitar también la utilización del equipo en ambiente con vapores corrosivos.
2. Supervisar cuidadosamente si se requiere calentar sustancia con bajo punto de ignición. Podría iniciarse un incendio o explosión, si los vapores tocan la superficie de calentamiento a dicha temperatura.
3. Utilizar elementos de protección personal si se trabajan con líquidos inflamables (guantes, anteojos, batas, etc).
4. Tener en cuenta que la superficie del equipo puede permanecer caliente por un largo período, después del momento en que se ha sido apagado o desconectado.
5. Evitar colocar sobre la superficie calefactora: láminas metálicas, materiales con propiedades aislantes y elementos de vidrio de bajo punto de fusión.
6. Mantener un espacio libre alrededor del equipo para facilitar su conexión y la colocación de los elementos, materiales o sustancias que se requieren para utilizar el equipo.
7. Evitar colocar materiales combustibles cerca del equipo.
8. Evitar colocar recipientes cuyo peso exceda la capacidad definida por el fabricante.

1.9.3. MANTENIMIENTO GENERAL

El plato caliente es un equipo diseñado para trabajar en condiciones normales, sin que presente mayores exigencias de mantenimiento. Este equipo bien instalado y operado funciona sin problemas durante muchos años. En este documento se exponen las rutinas generales de mantenimiento que recomiendan los fabricantes. Procedimientos especializados deben realizarse siguiendo cuidadosamente las recomendaciones de los fabricantes. **Es importante desconectar el equipo antes de iniciar cualquier rutina de mantenimiento.**

Limpieza

Frecuencia: Mensual

1. Limpiar el equipo en una posición vertical, para evitar que los agentes de limpieza lleguen a los componentes internos.
2. Utilizar un detergente suave. Aplicarlo sobre las superficies externas, utilizando una pieza de tela de calidad similar a la de los pañuelos.
3. Verificar que el equipo se encuentre completamente seco antes de volver a conectar.



Reemplazo de fusibles

Frecuencia: Cuando se requiera

Si el plato está conectado y el interruptor principal en la posición de encendido, pero no hay efecto calefactor, es posible que sea necesario sustituir el fusible. El proceso es el siguiente:

1. Colocar el interruptor principal en la posición apagado y desconectar el cable de alimentación eléctrica.
2. Retirar, con un destornillador de pala, la tapa del compartimiento del fusible.
3. Reemplazar el fusible por uno nuevo de las mismas especificaciones del original.
4. Colocar la cubierta del compartimiento del fusible.



1.11 HORNO DE SECADO

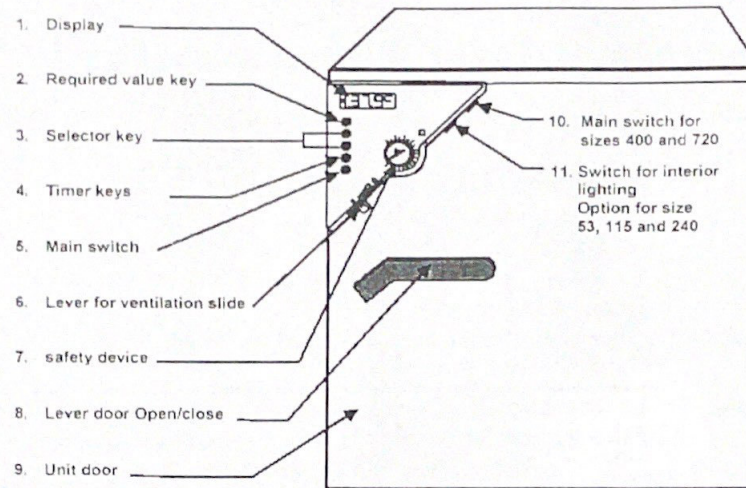


Figure 1. Drying oven with R3-controller

1.12.1 PROPÓSITO DE EQUIPO.

Los hornos de calentamiento y secado ED/FD son adecuados para el secado y el tratamiento con calor de materiales sólidos o pulverizados, así como material a granel, usando una fuente de calor. El contenido de solventes debe no ser explosivo o inflamable. En otras palabras no debe haber en ningún momento, sin tomar en cuenta la concentración de vapores en la habitación, ser capaz de formar una mezcla explosiva con el aire. Las temperatura de secado debe estar por debajo del punto de inflamación o debajo del punto de sublimación del material que está adentro.

El usuario debe estar informado sobre las propiedades físicas y químicas de los materiales que pone dentro de la cámara, así como la humedad constituyente contenida y su comportamiento en adición de energía calefactora.

El usuario se debe de informar sobre cualquier riesgo potencial a la salud causado por los materiales que introduce a la cámara la humedad constituyente contenida o por reacción de productos que pudieran ocurrir durante el proceso de secado. El usuario debe de tomar las medidas adecuadas para excluir esos riesgos antes de poner en



funcionamiento la cámara. El dispositivo puede ser operado dentro de un rango de +5°C sobre la temperatura ambiente hasta +300°C.

1.12.2 SERVICIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN Y USO.

Condiciones ambientales

Rango permisible de temperatura

Almacenaje -10°C ... 60°C

Operación 5°C ... 40°C

Nivel max. 2,000m sobre el nivel del mar

Humedad permisible

Operación y almacenaje 70 R.H. % sin condensación



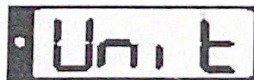
La temperatura ambiental no debe ser sustancialmente mayor a 32°C. Los datos técnicos especificados son con relación a una temperatura ambiente de 22°C. Los datos pueden modificarse en caso de condiciones ambientales diferentes. Fluctuaciones en la temperatura pueden ocurrir en caso de temperaturas ambientales excesivamente altas.

Para asegurar una operación óptima, la unidad debe ser alineada con un nivel. Si varias unidades del mismo tamaño son instaladas juntas se debe asegurar una distancia de al menos 160mm. Dos dispositivos con tamaño de hasta 240 pueden ser apilados una sobre la otra. Para este propósito se deben poner protecciones de goma debajo de los cuatro pies de la cámara superior para prevenir que resbalen.

1.12.3. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.

Presione el botón  por aprox. 5 seg...

- El display cambia al segundo nivel de operación
- El display muestra "Unit" por aprox. 1 seg...



- ... y después cambia al nivel de entrada

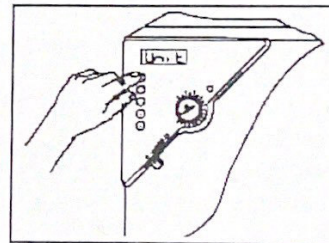
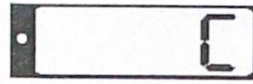


Figura: presione el botón X/W por aprox. 5 seg.



Use los botones  para ajustar la unidad requerida.

C= grados Celsius

F= Fahrenheit

0°C = 31°F

100°C = 212°F

Cuando se especifique el ajuste de la rampa este ajuste es tomado como base.

Conversión:

$$[\text{Valor en } ^\circ\text{F}] = 1.81 * [\text{Valor en } ^\circ\text{C}] + 31$$

- La unidad ajustada es automáticamente adoptada después de 2 segundos.

Ajuste de la rampa de temperatura

Las rampas de temperatura pueden ser programadas para extender el tiempo de calentamiento. Esto puede ser necesario en algunos casos en los que se requiera prevenir estrés por temperatura en el material durante la fase de calentamiento. Las rampas de temperatura solo deben ser usadas si se requieren. El uso de rampas de temperatura puede resultar en tiempos de calentamiento considerablemente más lentos.

La entrada [°C/min] significa el valor nominal del gradiente y limita el máximo incremento de temperatura a este valor. Debido a la energía de calentamiento y evaporación asumida por el material, pueden resultar gradientes de temperatura más pequeños.

La rampa debe ser ajustada solo si se

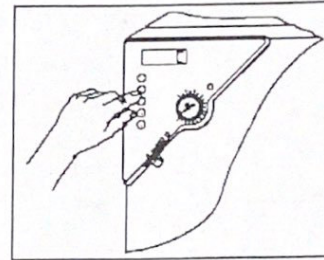


Figura: Seleccione la unidad con los botones flecha

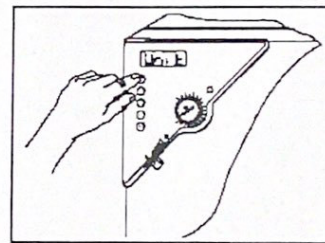
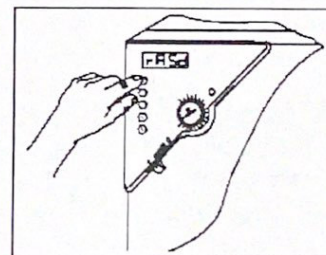


Figura: Presione el botón X/W por aprox. 5 segundos.






necesita. rASd 0 significa que la función de rampa esta apagada.

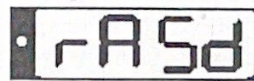
Presione el botón  por aprox. 5 segundos.

- El display al segundo nivel de operación.
- El display muestra "Unit" por aprox. 1 seg...

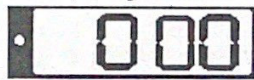


Presione el botón  otra vez.



- El display muestra rASd por aprox. 1 seg...



- ... y después cambia al nivel de operación



(el ajuste del gradiente en °F o °C depende del ajuste)

Use los botones   para ajustar el valor de rampa requerido.

- El valor de ajuste es automáticamente adoptado después de 2 segundos.

Direccionamiento

Si varias incubadoras u hornos están conectados en red a una PC vía el software APT-COM a cada unidad debe ser asignada una dirección única. El direccionamiento se lleva a cabo en el control R3 como sigue:

Presione el botón  por aprox. 5 segundos.

- El display cambia al segundo nivel de operación
- El display muestra "Unit" por aprox. 1 seg...

Figura: Presione el botón X/W otra vez

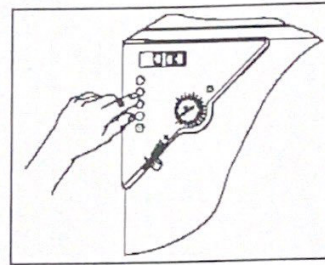


Figura : Ajuste el valor de la rampa con los botones flecha

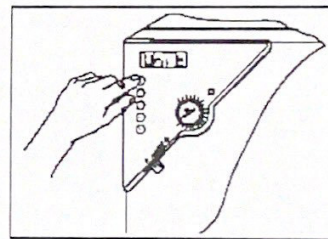


Figura: Presione el botón X/W por aprox. 5 segundos.



2. DISPOSICIONES GENERALES DEL PRÉSTAMO Y USO DEL EQUIPO DE LABORATORIO.

1. Primeramente el encargado de laboratorio deberá brindar la asesoría técnica (cuando el encargo considere necesario), al usuario respecto a la operación del equipo que solicite y registrar dicha asesoría en el formato F-AA-84.
2. El préstamo de equipo para el desarrollo del trabajo en el laboratorio se llevará a cabo de la siguiente manera:
 - Entrega de una identificación vigente (credencial de alumno o trabajador de la institución o en su defecto una identificación oficial como credencial de elector).
 - Llenado del formato F-AA-81 seleccionando la opción préstamo, cuando se solicite algún equipo del laboratorio.
3. Por ningún motivo se realizará el préstamo de equipo a los estudiantes para actividades fuera de los laboratorios.
4. El responsable del laboratorio regresará la identificación cuando se realice la entrega del equipo en las condiciones en que fue prestado.
5. Cuando el usuario no entregue el equipo completo y en las condiciones en que fue prestado, o cuando ocurra algún desperfecto durante el desarrollo de la actividad, los documentos se turnarán al jefe del área, para que se tomen las medidas administrativas correspondientes.

3. FUNCIONES DEL ENCARGADO DE LABORATORIO PARA EL MANEJO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.


1. Atender los requerimientos de los usuarios.
2. Preparar los equipos para el desarrollo de las prácticas de asignaturas 15 minutos antes del inicio de éstas.
3. Calendarizar y realizar el mantenimiento preventivo de equipos y llevar los registros en los formatos F-AA-79 y F-AA-82.
4. Informar al jefe del área y recursos materiales sobre los equipos o dispositivos que se encuentren dañados o requieran mantenimiento correctivo.



Unit

- Presione el botón  otra vez
- El display muestra rASd por aprox. 1 seg...

rASd

- Presione el botón  otra vez
- El display muestra Adr por aprox. 1 seg...

Adr

- ... y después cambia al nivel de entrada

01

(dirección 01-30)

- Use los botones   para ajustar la dirección requerida.

- El valor de ajuste es aceptado automáticamente después de 2 segundos.

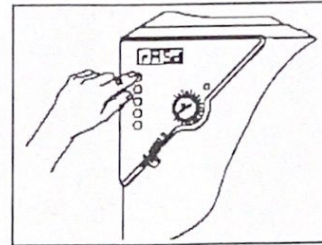


Figura: Presione el botón X/W otra vez.

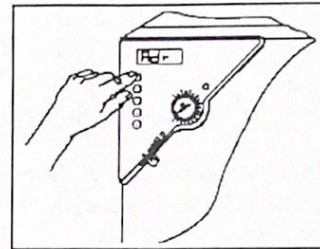


Figura: Presione el botón X/W otra vez.

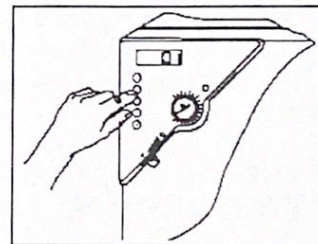


Figura: Ajuste la dirección 01-30

1.12.4 MANTENIMIENTO GENERAL

Todo trabajo de mantenimiento debe ser realizado por electricistas calificados o por técnicos autorizados por Binder. Antes de que algún trabajo de mantenimiento sea efectuado, la unidad deberá ser desconectada. Binder ha establecido un intervalo de mantenimiento de un año



5. Mantener actualizado el registro de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos.
6. Realizar el registro diario de la temperatura de los equipos que se encuentren funcionando, y anotarlos en el formato F-AA-85.

4. BIBLIOGRAFIA

Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio. Organización Panamericana de la Salud, Washington D. C., 2005.

Manual de operación del medidor multiparámetro. <http://www.denverinstrument.com>

Manual de operación del pH metro. <http://www.denverinstrument.com>

Manual de operación del Microscopio. <http://www.zeiss.de>

Manual de operación de la incubadora de baja temperatura. <http://www.felisa.com.mx>

Manual de operación del Bañomaria. <http://www.felisa.com.mx>