

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE QUÍMICA INDUSTRIAL



**MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA EMPRESA INAL PANDA PARA CUMPLIR CON LAS NORMAS DEL RASIM**

Trabajo dirigido presentada para la obtención del Grado de Licenciatura

POR: DELMA JANETH CATAORA ACHILLO
TUTOR: INGENIERO LUIS JUVENAL CUEVAS MALDONADO

LA PAZ – BOLIVIA

Mayo, 2023

Dedicatoria

Este trabajo dedico inicialmente Dios, por habernos cuidado a mí y a mi familia, y levantarnos ante las adversidades; a mi papa Basilio Catacora, mi mama Juana Alejandra Achillo Pérez, a mis hermanos (Beymar y Alvaro), mi novio (Rubén Villalobos) y a mis tíos (Marcia, Edwin, Hugo y Vladimir); quienes siempre estuvieron ahí apoyándome.

Agradecimientos

A Dios y a mis padres, por su apoyo y comprensión, también agradecer a la empresa INAL PANDA por haberme brindado la oportunidad de realizar el trabajo dirigido, a la prestigiosa Universidad Mayor de San Andrés y a la carrera de química industrial para mi formación profesional, al Ing. Luis Juvenal Cuevas Maldonado por el apoyo y la confianza que me brindaron.

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
GRÁFICAS	IX
ANEXO	X
RESUMEN	XI
 CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN	12
ANTECEDENTES DE ESTUDIO	13
1.1 INTRODUCCIÓN	13
1.2 ANTECEDENTES.....	13
1.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA EMPRESA.....	13
1.2.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	14
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.3.1 ARGUMENTACION DEL PROBLEMA	15
1.4 OBJETIVOS.....	15
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	16
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.5.1 JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA.....	16
1.5.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	16
1.5.3 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1 CONCEPTOS GENERALES	19
2.1.2 AGUA RESIDUAL.....	19
2.2 FUENTES DE AGUAS RESIDUALES	20
2.2.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD).....	20

2.2.2. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	21
2.2.3 AGUAS RESIDUALES AGRÍCOLAS.....	21
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	21
2.3.1 CONDUCTIVIDAD	21
2.3.2 COLOR.....	22
2.3.4 OLOR	22
2.3.5 TURBIEDAD	23
2.3.6 TEMPERATURA.....	23
2.3.7 MATERIA SÓLIDA.....	24
2.3.8 DENSIDAD	25
2.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	25
2.4.1 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	25
2.4.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO).....	26
2.4.3 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV).....	26
2.4.4 CARBÓN ORGÁNICO TOTAL (COT)	27
2.4.5 pH.....	27
2.4.6 ACEITES Y GRASAS	28
2.5 CONTAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA LÁCTEA	29
2.5.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	29
2.5.2 RESIDUOS SÓLIDOS	30
2.5.3 RESIDUOS PELIGROSOS Y TÓXICOS	31
2.5.4 EFLUENTES LÍQUIDOS.....	31
2.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	32
2.6.1 PRE-TRATAMIENTO	33
2.6.2 TRATAMIENTO PRIMARIO	34
2.6.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO	38
2.6.4 TRATAMIENTO TERCARIO.....	44
CAPITULO III.....	46
MARCO PRÁCTICO	46
3.1 INAL PANDA.....	47

3.1.1 ESQUEMA ORGANIZACIONAL DE INAL PANDA.....	47
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	47
3.3 INFORME DE ENSAYO AL INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO.....	47
3.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE INAL PANDA	48
3.3 DISEÑO DE TRAMPA DE GRASAS Y REJAS REJILLAS	53
3.4 REJAS REJILLAS.....	58
3.4.1 REJAS	58
3.4.2 REJILLAS	59
3.4.3 CALCULO DE LOS FILTROS.....	64
3. 6 PRUEBA DE JARRAS	66
3.6.1 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ADECUADA DE COAGULANTE Y FLOCULANTE PARA EL AGUA RESIDUAL DE INAL PANDA MEDIANTE PRUEBA DE JARRAS.....	67
3.7 COSTO DE INSUMOS NECESARIOS	86
3.8 PRUEBA FINAL UTILIZANDO LOS EQUIPOS DISEÑADOS, Y LAS DOSIS OPTIMAS DE REACTIVOS QUIMICOS	88
3.9 ELECTROCOAGULACIÓN.....	89
CAPITULO IV	93
CONCLUSIONES Y	93
RECOMENDACIONES	93
4. 1 CONCLUSIONES	94
4.2 RECOMENDACIONES.....	98
CAPITULO V	99
ANEXOS	99
5.1.1 TIPOS DE MUESTREO.....	100
BIBLIOGRAFIA	118

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO.....	47
TABLA 2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO.....	49
TABLA 3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO.....	50
TABLA 4. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO.....	51
TABLA 5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO.....	52
TABLA 6. TIEMPO DE ALMACENAJE DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE ALUMINIO.....	68
TABLA 7. LÍMITES DE DETERMINACIÓN PARA LA DOSIS ADECUADA DEL COAGULANTE.....	69
TABLA 8. VALORES INICIALES DEL AGUA RESIDUAL.....	70
TABLA 9. DATOS DE LABORATORIO. 20/05/2021.....	72
TABLA 10. DATOS DE LABORATORIO. 20/05/2021.....	73
TABLA 11. DATOS DE LABORATORIO 24/05/2021.....	74
TABLA 12. DATOS DE LABORATORIO 24/05/2021.....	75
TABLA 13. DATOS DE LABORATORIO 02/06/2021.....	76
TABLA 14. DATOS DE LABORATORIO 07/06/2021.....	78
TABLA 15. DATOS DE LABORATORIO 07/06/2021.....	80
TABLA 16. DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO.....	86
TABLA 17. DOSIS USADO ANUALMENTE DE SODA Y SULFATO DE ALUMINIO. ..	86
TABLA 18. COSTO TOTAL DE LOS INSUMOS.....	88
TABLA 19. COMPARACION CON EL RASIM.....	88
TABLA 20. VALORES DE LOS PARAMETROS AREA VOLTAJE Y AMPERAJE.....	90

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DEPARTAMENTOS DE BOLIVIA CON PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	20
FIGURA 2 VERTEDERO RECTANGULAR	48
FIGURA 3 IMAGEN DE LA TRAMPA DE GRASAS	53
FIGURA 4 REJAS	58
FIGURA 5 REJILLAS	59
FIGURA 6 FILTRO DE LECHO PROFUNDO	64
FIGURA 7 PRUEBA DE JARRAS	66
FIGURA 8 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE NAOH	81
FIGURA 9 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE $AL_2(SO_4)_3$	82
FIGURA 10 MUESTRA DEL AGUA RESIDUAL.	82
FIGURA 11 AJUSTE DE PH.	83
FIGURA 12 INCORPORACIÓN DEL $AL_2(SO_4)_3$	83
FIGURA 13 SEDIMENTACIÓN EN CONOS IMHOF.	84
FIGURA 14 TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS DE TURBIEDAD.....	84
FIGURA 15 MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE TURBIEDAD.	85
FIGURA 16 ANÁLISIS DE TURBIEDAD.	85
FIGURA 17 REACTOR TIPO BACH.....	90
FIGURA 18 MUESTRA INICIO DEL PROCESO.	91
FIGURA 19 FORMACIÓN DE COAGULANTE EN LA FASE ACUOSA.....	91
FIGURA 20 MUESTRA CLARA, DESPUÉS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN	92

GRÁFICAS

GRÁFICA N° 1 CAUDAL VS TIEMPO	49
GRÁFICA N° 2 CAUDAL VS TIEMPO	50
GRÁFICA N° 3 CAUDAL VS TIEMPO	51
GRÁFICA N° 4 CAUDAL VS TIEMPO	52
GRÁFICA N.º 8. PH VS TURBIEDAD CON PH AJUSTADO	73
GRÁFICA N.º 9. PH VS TURBIEDAD SIN AJUSTAR PH.....	74
GRÁFICA N.º 10. PH VS TURBIEDAD CON UNA CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO DE 200 MG/L	75
GRÁFICA N.º 11. PH VS TURBIEDAD CON UNA CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO DE 400 MG/L	76
GRÁFICA N.º 12. PH VS TURBIEDAD CON 3 HORAS DE SEDIMENTACIÓN.....	77
GRÁFICA N.º 13. PH VS TURBIEDAD CON 6 HORAS DE SEDIMENTACIÓN.....	78
GRÁFICA N.º 14. PH VS TURBIEDAD CON 2 HORAS DE SEDIMENTACIÓN.....	79
GRÁFICA N°15. PH VS TURBIEDAD CON 18 HORAS DE SEDIMENTACIÓN.....	79
GRÁFICA N°9. PH VS TURBIEDAD CON 2 HORAS DE SEDIMENTACIÓN.....	80
GRÁFICA N°10. PH VS TURBIEDAD CON 18 HORAS DE SEDIMENTACIÓN.....	81

ANEXO

Anexo 1. MÉTODOS DE MUESTREO DE AGUAS	100
Anexo 2. INFORME DE ENSAYO INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO.	107
Anexo 3. SEGUNDO INFORME DE ENSAYO INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO.	108
Anexo 4. INFORME DE ENSAYO DESPUES DE LA TRAMPA DE GRASAS.....	109
Anexo 5. INFORME DE ENSAYO EN EL CARCAMO DE BOMBEO.....	110
Anexo 6. INFORME DE ENSAYO FINAL.....	111
Anexo 7. INFORME DE ENSAYO (LODOS DE DESCARGA).....	114
Anexo 8. FICHAS TECNICAS DE SODA CAUSTICA Y SULFATO DE ALUMINIO....	115
Anexo 9. ANEXO 13-C RASIM	117

RESUMEN

La principal problemática que se presenta en una actividad industrial, es la contaminación ambiental es la contaminación en cuerpos de agua, donde no solo las personas salen perjudicadas sino también de manera indirecta la vida acuática, como también otros seres vivos, debido a que el agua es una fuente principal para poder subsistir en el mundo.

A raíz de estas problemáticas surge la idea de tratar de manera adecuada, las cargas residuales industriales, para así poder reutilizar el agua tratada en distintas actividades industriales.

El presente trabajo dirigido, tiene por objeto reducir los contaminantes orgánicos que genera la industria INAL PANDA al medio ambiente, en función a la normativa del Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero “RASIM”, específicamente en el Anexo 13-C. Para ello se inicia con la caracterización de los contaminantes que contienen las descargas del efluente, se diseñó y readecuo equipos existentes para este propósito como trampa de grasas, rejas rejillas y los filtros de lecho profundo; además se relizaron pruebas de jarras para la determinación optima del coagulante-floculante, a utilizar en el futuro, para aglomerar los sólidos disueltos y mejorar a turbiedad de la descarga, a través de la filtración, previa una sedimentación.

Por último, se investigó una nueva alternativa para el tratamiento de descargas industriales, como es la electrocoagulación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



ANTECEDENTES DE ESTUDIO

1.1 INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales no tratadas, producen impactos ambientales negativos en los cuerpos de agua. La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación, que puedan generar sus descargas, motivo por el cual el Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM) en su capítulo 3, se involucra exclusivamente en la contaminación hídrica a nivel industrial.

La ley 1333 del 27 de abril 1992, relacionado con el medio ambiente, constituye un proceso dinámico, orientado a lograr una articulada y eficiente acción de la humanidad, con relación a la naturaleza. Es por esta razón, que se aprueba el 30 de julio del año 2002, la creación de un reglamento específico para el sector industrial manufacturero, denominado, Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM), que consta de VI títulos, 125 artículos, disposiciones adicionales, transitorias, finales y 16 anexos.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA EMPRESA

INAL Ltda. es una empresa creada en mayo de 1988 con el fin de producir helados. Tiene una extensión del terreno de 6.500 m²; comenzó con un capital de 400.000 dólares; inició sus actividades; conformado por tres socios, ocho trabajadores y un vehículo de distribución. Sus primeros productos fueron los helados, siendo la primera empresa que elaboró los famosos “bolos”, diversificando después con yogurt. En 1991 se realiza una inversión para la ampliación de las instalaciones y equipos, logrando mejorar la producción, el tiempo de caducidad del

producto, la calidad del yogurt y productos lácteos. Su salida oficial fue el año 1991 con bolos, posteriormente en el año 1993 se consolida el contrato con FISLAC para entregar una ración del desayuno escolar. Para la producción de bebidas refrescantes, en el año 1995 se firma un contrato de franquicia con la compañía Marbo Inc. de Chicago U.S.A., para elaborar en el país la línea de jugos TAMPICO, destinada al mercado interno, producto que tuvo gran aceptación. Con la compra de nueva maquinaria que se adquirió de Estados Unidos de Norteamérica, se comienza con la automatización de la fábrica en el sector de helados, jugos, yogurt y gelatinas. En 1997 se amplía el laboratorio de control de calidad, en los años 1998 y 1999 se concluía las ampliaciones de la fábrica, e INAL Ltda. obtiene los Premios Maya, el primero a la Calidad y el segundo al Volumen de Ventas y Presencia en el Mercado. El 2000 y 2001 logró la adjudicación para el proyecto de desayuno escolar del gobierno Municipal de La Paz, elaborando y distribuyendo 165.000 raciones líquidas diarias, durante este periodo se exportaba helados a Arequipa – Perú y se contaba con agencias en Cochabamba y en Santa Cruz, que se concesionaron en diciembre de 2000 y enero de 2001(*TES-916.pdf*, s. f.)

El 2019 para INAL PANDA Ltda. Fue muy crítico debido a deudas y abandono de los dueños; para evitar el cierre, de la empresa se tuvo que realizar una campaña (PANDACHALLENGER), Desde entonces la empresa estuvo manteniéndose como pudo, actualmente es una empresa social INAL PANDA.

1.2.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Una de las problemáticas ambientales, es la contaminación de agua por parte de la industria; al respecto, existe una reglamentación (RASIM), que especifica, los parámetros físico-químicos

adecuados que deben cumplir, las aguas residuales industriales, para que desemboquen en cuerpos receptores de agua o como descarga al alcantarillado.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa INALPANDA, ya cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, pero esta no se encuentra en funcionamiento, debido a los problemas que anteriormente se mencionaron y además, por el desconocimiento de los pasos del tratamiento a seguir; la empresa actualmente tiene la obligación de cumplir con las reglas del RASIM, porque si no se logra esto, será pasible a multas estipuladas por ley; es por esta razón que se debe caracterizar los parámetros físico-químicos con los cuales, el agua residual se debe enviar al alcantarillado; estos son DBO, DQO, ACEITES Y GRASAS, SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS y potencial de hidrógeno (pH).

1.3.1 ARGUMENTACION DEL PROBLEMA

La empresa, actualmente está descargando las aguas residuales, sin caracterizar los parámetros físico-químicos exigidos por el RASIM.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar el funcionamiento de la planta de aguas residuales de la empresa INALPANDA, para cumplir con lo estipulado en el RASIM, en lo que se refiere al capítulo III (contaminación hídrica).

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Caracterizar el agua residual de descarga.
- Mejorar el proceso de pretratamiento de aguas residuales.
- Utilizar el método de electrocoagulación al tratamiento de aguas residuales.
- Renovar las cargas de arena en el filtro de lecho profundo y renovar el carbón activado en su respectivo filtro.
- Analizar los lodos de descarga.
- Cumplir con la norma estipulada en el RASIM.
- Evaluar la relación costo beneficio, del tratamiento de aguas residuales.

1.5 JUSTIFICACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

El tratamiento de aguas residuales, es muy importante, porque de acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta, solamente el 0,007 % de las aguas dulces, se encuentran disponibles a todos los usos humanos(*¿Cuánta agua potable hay en la Tierra?*, s. f.), razón por la cual, el tratamiento de agua residual debe ser importante, para que se convierta en una fuente renovable en un futuro.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El tratamiento del agua residual de la empresa INALPANDA, tiene que ser factible económicamente, por lo cual se tendrá que optimizar, el uso adecuado de los equipos que involucran este tratamiento, como también del agua que utiliza en todos los procesos.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

El cuidado del medio ambiente, siempre debe ser prioridad para cada persona y también en la industria, es por eso que INALPANDA decide adecuarse a la norma del RASIM, donde estipula los parámetros con las que se debe descargar el agua residual al alcantarillado y así posteriormente ser tratado de manera adecuada

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO



2.1 CONCEPTOS GENERALES

2.1.2 AGUA RESIDUAL

El agua es el recurso básico para garantizar la vida de todos los seres vivos del planeta: el acceso, saneamiento e higiene es un derecho fundamental, sin embargo, miles de millones de personas de todo el mundo siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios básicos(*La importancia del tratamiento de agua / ACCIONA / BUSINESS AS UNUSUAL*, s. f.); Las aguas residuales pueden amenazar gravemente la salud humana y contaminar el medio ambiente. A nivel mundial, cada año se producen alrededor de 359 mil millones de metros cúbicos de aguas residuales; Alrededor del 48 por ciento de esa agua se libera actualmente sin tratamiento(iAgua, 2021); el volumen de aguas residuales es directamente proporcional con el crecimiento de la población.

En Bolivia, se estima que solo el 27 % de las aguas residuales son tratadas (Programa de Agua y Saneamiento, 2016). En las ciudades con más de 10.000 habitantes, la tasa de tratamiento de aguas residuales es de solo 39 %(*Reutilizar y reducir*, 2020) con seguimiento regulatorio que cuentan con una o más Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) dentro de su área de prestación de servicios, identificándose para el año 2020 un total de 59 PTAR.(*PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - PTAR*, s. f.)

FIGURA 1 DEPARTAMENTOS DE BOLIVIA CON PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

DEPTO.	EPSA POR DEPTO.	EPSA QUE REPORTAN DATOS DE AGUAS RESIDUALES	PTAR POR DEPTO.
LA PAZ	4	3	5
SANTA CRUZ	37	18	29
COCHABAMBA	7	7	9
CHUQUISACA	3	1	2
TARIJA	4	4	6
POTOSÍ	5	2	4
ORURO	4	2	2
BENI	5	2	2
PANDO	1	0	0
TOTAL	70	39	59

Fuente: (PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - PTAR, s. f.)

2.2 FUENTES DE AGUAS RESIDUALES

2.2.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD)

Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades del hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas. Se requiere equipos tecnológicos altamente certificados. El proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas inicia por la recolección del agua residual a través de fosas sépticas en las cuales se realiza el primer paso de depuración(Aguas residuales domésticas – PureWater Colombia | Tecnología en Tratamiento de Aguas/, s. f.)

2.2.2. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Estas aguas se caracterizan por proceder de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se emplee el uso de agua, como medio de transporte, lavado, refrigeración directa, etc. Entre los contaminantes más importantes del agua se encuentran microbios patógenos, metales pesados y materia orgánica persistente, así como sedimentos en suspensión y pesticidas, los cuales, en su mayoría, provienen de fuentes no localizadas.(«AGUAS RESIDUALES», 2018)

2.2.3 AGUAS RESIDUALES AGRÍCOLAS

Estas aguas se caracterizan, por ser originadas a partir de la escorrentía superficial de zonas de riego agrícolas y, se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y altos contenidos de sólidos en suspensión.

2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

2.3.1 CONDUCTIVIDAD

La conductividad es la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de él, la corriente eléctrica a través de iones disueltos; los iones más positivos son sodio, calcio, potasio y magnesio. Los iones más negativos son cloruros, sulfatos, carbonato y bicarbonatos(*3130sp.pdf*, s. f.). Para conocer la conductividad del agua, hay que saber de qué tipo de agua hablamos; el agua pura, no conduce la electricidad, sin embargo, prácticamente toda el agua, con la que estamos en contacto, no es agua pura, sino que es agua con una disolución de sales en diferente concentración («Conductividad del Agua», s. f.)

2.3.2 COLOR

El color del agua se debe a la presencia de materia orgánica natural, como pueden ser las sustancias húmicas o ciertos metales como hierro, manganeso o cobre, que se encuentra disuelta o en suspensión. Es importante diferenciar, entre las sustancias disueltas en el agua y las partículas que se encuentran en suspensión, ya que esto incide en los valores de lo que se clasifica como: el color verdadero, es el que depende solamente del agua y las sustancias disueltas en ella, mientras que el color aparente, incluiría también las partículas en suspensión(Works, s. f.-c)

2.3.4 OLOR

El olor en el agua es causado por la presencia de compuestos volátiles disueltos; una buena parte de estos compuestos tienen un origen biológico, al formarse a causa de la descomposición de biomasa, pero también existen compuestos naturales volátiles (H_2S , NH_3 .) que se generan gracias a procesos de reducción. También debe señalarse como causa de malos olores la presencia de compuestos volátiles de olor desagradable, debido a vertidos industriales y de aguas residuales. Los compuestos organoclorados, generados en procesos de cloración de aguas, acostumbran a ser una fuente secundaria de olores. Compuestos con olores típicos son las aminas, que producen el típico olor a pescado, las diaminas, que huelen a carne putrefacta, el H_2S con un típico olor a huevos podridos, los compuestos sulfurados, cuyo olor es parecida a la desprendida por las coles podridas.

La intensidad del olor, se mide a través del número de diluciones sucesivas que deben practicarse, hasta llegar al umbral de percepción(*Olor, agua*, s. f.).

2.3.5 TURBIEDAD

La turbidez del agua es uno de los parámetros más relevantes en el control de la calidad del agua de consumo. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia, pueden actuar como portadores de contaminación microbiológica y también propician la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

El control de la turbidez del agua, está estrechamente relacionado con la eficacia de los procesos de desinfección, tanto químicos como físicos. A mayor turbiedad, mayor particulado en suspensión en el agua, lo que aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos en los micro huecos de las partículas en suspensión, y la disminución de la eficacia de los desinfectantes(*¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable? | Higiene Ambiental, s. f.*)

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de turbidez (NTU). El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua(*Turbidez, s. f.*).

2.3.6 TEMPERATURA

Las temperaturas en los procesos físicos son mínimos, ya que únicamente provocan la variación de la densidad del agua residual. En cambio, la influencia de la temperatura en los rendimientos obtenidos en el reactor biológico y en la posterior decantación, afecta más al crecimiento y desarrollo de los microorganismos responsables de la depuración biológica. Influye en gran parte de los parámetros, tales como la edad del fango, la producción de lodos, etc. Se ha comprobado que el efecto puede ser tal, que puede llegar a "congelar" el desarrollo microbiano, inhibiendo el

proceso de depuración biológica(Works, s. f.-b). Las altas temperaturas en el reactor, afectan la actividad de los microorganismos, la transferencia de oxígeno y las propiedades de sedimentación de los lodos biológicos(Martínez-Delgadillo et al., 2005)

2.3.7 MATERIA SÓLIDA

Es toda materia sólida que permanece como residuo de evaporación y secado, bajo una temperatura entre 103-105 grados centígrados.

Sólidos disueltos: Los sólidos disueltos, a veces denominados sólidos filtrantes, son aquellos que pasan a través del medio filtrante cuando se determinan los sólidos suspendidos.

Sólidos disueltos totales: Indicador de la calidad de sales y, sólidos disueltos en una muestra de agua. Existe una relación directa entre los sólidos disueltos totales y la conductividad, ya que ambos miden los compuestos iónicos disueltos.

Sólidos sedimentales: Se determinan como el volumen de sólidos en un litro de desecho, que sedimenta después de una hora en un cono Imhoff. Se expresa en mililitros por litro.

Sólidos suspendidos: Material que permanece en suspensión en el agua residual y, se determina como la cantidad de material retenido después de realizada la filtración de una muestra.

Sólidos suspendidos volátiles: Representan la fracción de sólidos suspendidos, que se volatiliza a 600 grados centígrados.

Sólidos totales: Es la cantidad de materia que permanece como residuo después de una evaporación, entre 103 y 105 grados centígrados; de estos hacen parte los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos.

Sólidos volátiles: Son aquellos que se volatilizan a una temperatura de 600 grados centígrados. (*Sólidos*, s. f.)

2.3.8 DENSIDAD

Se define la densidad del agua residual, como masa por unidad de volumen, expresada en Kg/m³. Es una característica física importante del agua residual, dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad de las aguas residuales domésticas, que no contengan grandes cantidades de residuos industriales, es prácticamente la misma que la del agua a la misma temperatura. En ocasiones, se emplea como alternativa a la densidad el peso específico del agua residual, obtenido como cociente entre la densidad de agua residual y la del agua. (metcalf&eddy, s. f.)

2.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

2.4.1 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

El método tradicional para determinar el DQO, es utilizando un reactivo oxidante fuerte, como es el dicromato de potasio en ácido sulfúrico y a alta temperatura. Como la cantidad de dicromato que reacciona, está relacionada con la cantidad de oxígeno necesario para consumir la materia orgánica, puede estimarse el oxígeno que se consumiría junto con la materia orgánica, y ello en un tiempo de 90 minutos a 3 horas en lugar de 5 días, por lo que es mucho más práctico para controlar un proceso de tratamiento de agua. (Works, s. f.-a)

2.4.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mgO₂/litro. La DBO es un proceso biológico y, por lo tanto, es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar.(nihonkasetu, s. f.)

2.4.3 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV), son compuestos orgánicos que a temperatura ambiente se encuentran en estado gas o bien son líquidos muy volátiles. Formalmente, se considera como COV todo compuesto orgánico, que a 20°C tenga una presión de vapor igual o mayor de 0,0750062 mmhg o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

Los COV, suelen tener menos de doce átomos de carbono en su cadena y, contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. El número de COV diferentes supera el millar, pero los más abundantes en el aire son metano, tolueno, n butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. Estos compuestos se generan en todos aquellos procesos industriales en los que se utilizan disolventes orgánicos (como el acetaldehído, el benceno, la anilina, el tetracloruro de carbono, el 1,1,1,-tricloroetano, la acetona, el etanol, etc.).(*Tratamiento de COV, emisiones de compuestos orgánicos volátiles, 2009*)

2.4.4 CARBÓN ORGÁNICO TOTAL (COT)

Son varios los indicadores relacionados con el nivel de contaminación, de una determinada muestra. Sin embargo, cuando se trata de medir la carga orgánica presente en aguas y otros tipos de muestra, la medida del Carbono Orgánico Total (COT), es un parámetro clave. En el procesamiento y tratamiento de aguas potables y residuales en la industria química, alimentaria y farmacéutica, la posible presencia de compuestos orgánicos, debe controlarse de forma precisa y eficiente.

La monitorización del TOC en el influente y efluente de aguas residuales, facilita que la planta gestione el proceso de tratamiento de forma eficiente, redirija el agua según sea necesario para la retención y el tratamiento adicional, y evite infracciones en la normativa sobre vertidos. (*Carbono orgánico total / Hach / Descripción general de los parámetros del agua, s. f.*)

2.4.5 pH

El pH (potencial de hidrógeno), es una medida de la concentración de iones hidrógeno (H^+) en una solución acuosa. Los pares ácido-base pueden neutralizarse entre sí, al igual que H^+ y OH^- en esta ecuación. Por definición, un ácido es una sustancia que reduce el pH cuando se agrega al agua purificada. De manera similar, una base es una sustancia que eleva el pH del agua. Para definir esto con mayor precisión, Arrhenius en 1884 descubrió que los ácidos liberan iones de hidrógeno (H^+) cuando se disuelven en agua, mientras que las bases liberan iones de hidróxido (OH^-) en agua. Sin embargo, algunas sustancias cumplen la definición de actividad (cambio de pH) pero no la definición de Arrhenius (liberación de iones). Para resolver este problema, Bronsted y Lowry redefinieron los ácidos y las bases: los ácidos

liberan iones de hidrógeno o protones (equivalente de H^+) y las bases aceptan iones de hidrógeno o protones. Esto significa que los ácidos y las bases pueden anularse entre sí. («pH ¿Qué es y cómo afecta en el agua?», s. f.)

2.4.6 ACEITES Y GRASAS

Las grasas y aceites, son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo.

Las sustancias grasas se clasifican en grasas y aceites. Teniendo en cuenta su origen, pueden ser animales o vegetales.

- Grasas animales, como el sebo extraído del tejido adiposo de bovinos y ovinos, grasa de cerdo, la manteca, etc.
- Aceites animales, entre los que se encuentran los provenientes de peces como sardinas y salmones, del hígado, del tiburón y del bacalao, o de mamíferos marinos como el delfín o la ballena; de las patas de vacunos, equinos y ovinos se extraen también aceites usados como lubricantes e impermeabilizantes.
- Aceites vegetales, el grupo más numeroso; por sus usos pueden ser clasificados en alimenticios, como los de girasol, algodón, maní, soja, oliva, uva, maíz y no alimenticios, como los de lino, coco y tung.

Algunas de sus características más representativas son: baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas, se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido. (*GRASASYACEITES.doc*, s. f.)

2.5 CONTAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

En los procesos industriales, los actores responsables de los riesgos industriales son diversos, de este modo, no solo cargan con la responsabilidad las empresas, sino las autoridades administrativas y en muchos casos los políticos de una localidad. La afectación de los aspectos ambientales que crea una industria, impacta directamente al ecosistema y las poblaciones aledañas, al lugar en donde principalmente se desarrollan las operaciones. El crecimiento económico y de las industrias hace que se produzcan más rápido los procesos de contaminación y generación de desechos, que pueden afectar en la mayoría de casos a sectores más vulnerables de una población. Las poblaciones más vulnerables de la ciudad, por ubicación o por situación financiera, generalmente sufren desproporcionada contaminación que otras.

Los sistemas hídricos cercanos a los territorios urbanos, son generalmente una fuente de descargas hídricas, residuales, urbanas e industriales. Se estima que el volumen de aguas residuales aproximado que se genera en una empresa láctea, puede oscilar entre 2 y 6 Litros/Litro leche procesada, pero este dato depende de cada tipo de planta procesadora. La mayoría de estas aguas son el resultado de la limpieza de aparatos, máquinas y salas de tratamiento, por lo que contienen restos de productos lácteos, y productos químicos (ácidos, alcalinos, detergentes, desinfectantes).(Rodríguez-Guerra & Martínez, 2020)

2.5.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La única posibilidad de contaminación atmosférica por parte de una industria láctea, proviene de sus generadores de vapor, que habitualmente son calderas que trabajan a baja presión, con una

generación de vapor inferior a las 20 Tm/hora y que usan combustibles como el fuel oíl y el gas oíl.(*Dialnet-ContaminacionDeIndustriasLacteas-7435860.pdf*, s. f.)

2.5.2 RESIDUOS SÓLIDOS

De acuerdo al Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos, son materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje.

2.5.2.1 Clasificación de los residuos sólidos

Residuos no peligrosos: son aquellos producidos en cualquier lugar y, en desarrollo de una actividad que no presenta ningún riesgo para la salud humana y/o el medio ambiente; se consideran en este grupo los residuos biodegradables, reciclables, inertes y ordinarios o comunes.

Residuos peligrosos: son aquellos residuos producidos con algunas de las siguientes características: infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, reactivas, radioactivas, volátiles, corrosivas y/o tóxicas, que pueden causar daño a la salud humana y/o al medio ambiente. Así mismo se consideran peligrosos, los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuos orgánicos: son todos aquellos que pueden descomponerse naturalmente y, que tienen en su estructura básicamente carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, estos pueden ser: papel, cáscaras de verduras, residuos de alimentos, frutos, bebidas, residuos de cosechas, algas, hojas de árboles, etc.

Residuos inorgánicos: son los que, por sus características químicas, sufren una descomposición natural muy lenta. Muchos de ellos son de origen natural, pero no son biodegradables, por ejemplo, los envases de plástico. Generalmente, se reciclan, a través de métodos artificiales y mecánicos, como las latas, vidrios, pilas, entre otros.(*UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS*, s. f.)

2.5.3 RESIDUOS PELIGROSOS Y TÓXICOS

Solo se puede aplicar este concepto, a determinados fluidos refrigerantes de transformadores eléctricos, fluidos refrigerantes, aceites usados y residuos de laboratorios. Estos residuos no pueden ser evacuados de cualquier forma y, deben ser entregados a un gestor de residuos legalmente reconocido, para que se encargue de su eliminación. (*Dialnet-ContaminacionDeIndustriasLacteas-7435860.pdf*, s. f.)

2.5.4 EFLUENTES LÍQUIDOS

La ganadería, para producir leche, tiene una gran demanda de agua. Primero para regar los cultivos destinados al alimento de los animales. Posteriormente, en las operaciones relativas a la industria láctea, como limpieza de las instalaciones o el procesamiento del producto, donde se consumen grandes volúmenes de agua. Según estimaciones hechas por el gobierno holandés, para producir un solo litro de leche es necesario extraer del planeta más de 1.000 litros de agua. En el proceso de limpieza de corrales, el estiércol de las granjas lecheras llega a los cursos de agua. La elaboración de quesos y otros derivados de la leche, produce residuos orgánicos que muchas veces no son bien gestionados y son arrojados a las fuentes de agua contaminándola(«La contaminación de la industria láctea y sus efectos», 2020).

Los efluentes de las industrias lácteas presentan las siguientes características:

- Alto contenido en materia orgánica, debido a la presencia de componentes de la leche. La DQO media de las aguas residuales de una industria láctea se encuentra entre 1.000-6.000 mg O₂/l.
- Presencia de aceites y grasas, debido a la grasa de la leche y otros productos lácteos, como en las aguas de lavado de la mazada.
- Niveles elevados de nitrógeno y fósforo, principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección.
- Variaciones importantes del pH, vertidos de soluciones ácidas y básicas. Principalmente procedentes de las operaciones de limpieza, pudiendo variar entre valores de pH 2-11.
- Conductividad elevada (especialmente en las empresas productoras de queso. Debido al vertido de cloruro sódico procedente del salado del queso).
- Variaciones de temperatura (considerando las aguas de refrigeración).

Las pérdidas de leche, que pueden llegar a ser del 0,5-2,5% de la cantidad de leche recibida o en los casos más desfavorables hasta del 3-4%, son una contribución importante a la carga contaminante del efluente final. Un litro de leche entera equivale aproximadamente a una DBO₅ de 110.000 mg O₂/litro y una DQO de 210.000 mg O₂/litro. (*Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea*, 2020)

2.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son el conjunto de las aguas contaminadas, durante su empleo en actividades realizadas por las personas. Resultan de la combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones, junto

a cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente. Las aguas residuales se componen, básicamente, de un 99,9% de agua en su estado conocido como agua potable y de, un 0,1% por peso de sólidos, sean estos disueltos o suspendidos. Este 0,1% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada. El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido.(YOURNAME, s. f.)

2.6.1 PRE-TRATAMIENTO

El pretratamiento es la etapa inicial de un sistema de tratamiento de aguas, en la que se lleva a cabo la remoción de todo aquel material sólido grueso, fino y abrasivo que pudiese dañar o afectar los equipos o procesos de etapas posteriores de ese mismo sistema.

Dentro de los sólidos gruesos podemos encontrar: botes de plástico y vidrio, latas, tapa, roscas, bolsas, pedazos de cartón o madera, fibras tipo telas o de estopa, materia orgánica doméstica, etc.; mientras que dentro de materiales finos están: semillas de frutos, hisopos, residuos plásticos y de madera, así como material abrasivo como son las arenas producto del arrastre de la corriente. Así mismo, dependiendo del tipo de corriente, se pueden presentar niveles de grasas y aceites.

Desbaste: consiste en la retención de los sólidos más gruesos (>1 mm), como plásticos, maderas, entre otros, con el objetivo de proteger bombas y evitar obstrucciones en conducciones y válvulas.

Tamizado: Consiste en la retención de sólidos más finos (0,25 – 1)mm, con el objetivo de reducir carga contaminante de la forma más limpia y económica posible, así como proteger los procesos de depuración posteriores.

Desarenado: consiste en separar del efluente la grava, arena y partículas minerales que están en suspensión, para evitar su sedimentación y sobrecarga en los lodos producidos posteriormente.

Desengrase: como su mismo nombre indica, consiste en eliminar las grasas y aceites del efluente, para evitar problemas en los equipos y procesos posteriores, como suele ocurrir en el decantador y en el proceso de lodos activos (un exceso de aceites y grasas, impiden la clarificación por decantación y aumenta la carga en los procesos posteriores de forma innecesaria).

Homogeneización: Esta operación se hace necesaria, cuando hay variaciones puntuales en la cantidad y calidad del vertido, que requieren de la existencia de un depósito de homogeneización que garantiza la alimentación de la planta depuradora de forma continua con las siguientes ventajas adicionales:

- Prevención de entrada de puntas de contaminación
- Optimización en la dosificación de productos químicos
- Eliminación parcial de carga contaminante. («Pretratamientos», s. f.)

2.6.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Los tratamientos primarios de aguas residuales, son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua. Los principales procesos físico-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son los siguientes: sedimentación, flotación, coagulación – floculación y filtración.

2.6.2.1 Sedimentación

Es un proceso de separación por gravedad, que hace que una partícula más densa que el agua, tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Está en función de la densidad del líquido, del tamaño, del peso específico y de la morfología de las partículas.

2.6.2.2 Flotación

Proceso físico fundamentado en la diferencia de densidades. La flotación permite separar la materia sólida o líquida de menor densidad, que la del fluido, por ascenso de esta hasta la superficie del fluido, ya que, en este caso, las fuerzas que tiran hacia arriba (rozamiento y empuje del líquido) superan a la fuerza de la gravedad. Se generan pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, donde son arrastradas y sacadas del sistema.

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

Flotación por aire disuelto (DAF): En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de micro burbujas de aire.

Flotación por aire inducido: La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

2.6.2.3 Coagulación – Floculación

En muchos casos, parte de la materia en suspensión está formada por partículas de muy pequeño tamaño, lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico.

Una forma de mejorar, la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión, es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas, para obtener partículas fácilmente sedimentables. Los coagulantes suelen ser productos químicos que, en solución, aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}), junto con poli electrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

Sales de Fe^{3+} : Pueden ser Cl_3Fe o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra sal está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.

Sales de Al^{3+} : Suele ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o poli cloruro de aluminio. En el primer caso, es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio, por kg dosificado.

Poli electrólitos: Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poli acrílico) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

2.6.2.4 Filtración

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable. (*Tratamiento Primario de Aguas Residuales / Acuatecnica*, 2018)

2.6.2.5 Sedimentación

Es un proceso físico de separación por gravedad, que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Está en función de la densidad del líquido, del tamaño, del peso específico y de la morfología de las partículas. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación.

El objetivo fundamental de la decantación primaria es doble: por un lado, permite eliminar los sólidos en suspensión (en un 60%, aproximadamente) presentes en el agua residual y la materia orgánica (en un 30%, aproximadamente) y, por otro lado, protegen los procesos posteriores de oxidación biológica de la intrusión de fangos inertes de densidad elevada.

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.).

Sedimentadores rectangulares: La velocidad de desplazamiento horizontal del agua, es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas). Suelen ser equipos poco profundos.

Sedimentadores circulares: En ellos el flujo de agua, suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos.

2.6.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario de aguas residuales, constituye una serie de procesos de naturaleza biológica que tienen en común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable. Este proceso degrada activamente la materia orgánica que esté presente en el agua residual, para después convertirla en sólidos suspendidos, facilitando su eliminación. *(Tratamiento Secundario de Aguas Residuales | Acuatecnica, 2019)*

2.6.3.1 TRATAMIENTO AEROBIO

Son realizados en presencia de oxígeno, siendo indispensable introducirlo en los tanques donde se encuentran las aguas residuales. Durante esta etapa sucede parte de la degradación de la materia orgánica, de la cual se desprende CO₂ y agua. También ocurre la eliminación de los productos nitrogenados. *(Etapas del proceso de tratamiento – Tratamiento de Aguas Residuales, s. f.)*

Clasificación del tratamiento aerobio:

2.6.3.1.1 biomasa en suspensión

✓ Lodos activados

El proceso por lodos activados, utiliza una masa de organismo de manera aeróbica para tratar el agua residual y se utiliza para remover orgánicos biodegradables del agua residual municipal tanto como industrial. El proceso mejora la calidad del efluente en agua residual donde se presenta altas cargas orgánicas. *(«Lodos Activados», s. f.)*

- ✓ **Tanque de aireación:** tiene un tamaño fijo y, por consiguiente, un tiempo de retención fijo para un caudal determinado, el tamaño del tanque debe ser suficiente para permitir que los microorganismos alcancen la fase endógena durante los periodos de caudal máximo y máxima carga orgánica; siendo este el más importante en el proceso de lodos activado. (Ramón Valencia et al., 2017).

- ✓ **Reactores SBR**

Los reactores biológicos secuenciales (SBR) son reactores discontinuos, en los que el agua residual se mezcla con un lodo biológico en un medio aireado. El proceso combina en un mismo tanque reacción, aeración y clarificación.

El empleo de un único tanque, reduce sustancialmente la inversión necesaria. Otras ventajas de los SBR son la facilidad para el control de la operación, la buena flexibilidad ante fluctuaciones de caudal y concentración de las aguas residuales, y los buenos resultados obtenidos en el tratamiento de compuestos refractarios a los sistemas biológicos convencionales. (*Reactores biológicos secuenciales (SBR)*, s. f.)

- ✓ **Reactores de Biomembrana (MBR)**

Los MBR permiten un tratamiento biológico más intensivo, que el alcanzado con CAS (Fango Activo Convencional) mediante la extensión de la SRT (“Edad del Fango”), consiguiendo un mayor tiempo de retención de sólidos, que funciona de manera independiente del tiempo de retención hidráulica (HRT).

La evidencia de los estudios piloto, de MBR y plantas en operación a nivel mundial sugieren que, si la eliminación de DQO de los efluentes textiles puede superar el 90%, la eliminación del

color soluble a menudo no supera el 75%. La eliminación es muy variable y depende de la condición del lodo, ya que la naturaleza biorefractorial de los tintes significa que el mecanismo principal de eliminación, es la adsorción. Esto es análogo, al comportamiento reportado de los productos farmacéuticos y de cuidado personal y metales, donde los niveles de metales residuales en el agua tratada del MBR son, aproximadamente, la mitad que los del CAS. (*Reactor de membranas MBR Archives*, s. f.)

✓ lagunas aerobias

Las lagunas aerobias estáticas se basan en el aporte de oxígeno a partir del crecimiento de fotosintetizadores y permiten obtener efluentes de baja DBO soluble, pero de alto contenido de algas, las que debieran ser cosechadas a fin de controlar los cuerpos receptores. La profundidad debe ser tal que no se alcancen a producir regiones sin oxígeno, sobre todo teniendo presente que la turbiedad impide el paso de la luz solar; se suelen encontrar profundidades de 30 a 45 centímetros y tiempos de retención hidráulicos teóricos (es decir, volumen de la laguna dividido por caudal medio tratado) de 10 a 40 días de modo que el terreno requerido para esta tecnología, puede ser grande. La tasa de carga de este tipo de lagunas cae en el rango de 85 a 170 Kg de DBO₅ por hectárea y por día. (*lagunas*, s. f.).

Las características del proceso son:

- Es un proceso natural de autodepuración
- La estabilización de materia orgánica se realiza mediante la acción simbiótica de bacterias, algas, y otros organismos superiores.
- Se presentan, procesos físicos de remoción de materia suspendida.

- Se efectúan cambios químicos en la calidad del agua que, entre otros aspectos, mantienen las condiciones adecuadas para que los organismos puedan realizar la estabilización, transformación, y remoción de contaminantes orgánicos, biodegradables y, en algunos casos, nutrientes.
- Se establecen cadenas tróficas y redes de competencia que permiten, la eliminación de gran cantidad de microorganismos patógenos, que se encuentran presentes en las aguas residuales. Por lo tanto, las lagunas de estabilización se consideran y se pueden proyectarse, como un método de tratamiento de la materia orgánica y de remoción de los patógenos presentes en el agua residual.(1.2 *Lagunas de estabilización - Bioingeniería*, s. f.)

2.6.3.1.2 Biomasa adherida

✓ Filtros percoladores

Un filtro percolador es un sistema de tratamiento de agua aerobio que utiliza cultivos fijos no sumergidos; por piezas de material plástico de alta superficie específica donde se desarrolla y adhiere un cultivo bacteriano llamado biopelícula o biofilm. El agua residual pretratada o decantada es rociada sobre el filtro, entrando en contacto con las bacterias que degradan la contaminación.(*Filtro Percolador*, s. f.)

2.6.3.2 TRATAMIENTO ANAEROBIO

2.6.3.2.1 Biomasa en suspensión

✓ Digestión anaerobia

La digestión anaeróbica es un proceso biológico espontáneo en el que intervienen una serie de microorganismos, que degradan la biomasa en ausencia de oxígeno.

Como resultado de este proceso, se obtiene una mezcla de gases (metano y dióxido de carbono) conocida como biogás y una suspensión acuosa o digestato, que contiene los componentes no degradados o parcialmente degradados y, restos orgánicos presentes en la biomasa.

A la digestión anaeróbica controlada también se la denomina biometanización, siendo un proceso complejo que ocurre, dentro de un reactor o biodigestor anaeróbico de una planta de biogás.

En una primera fase del proceso, la acumulación de materia orgánica (carbohidratos, proteínas, celulosas, lípidos, etc.) en un medio acuoso y en condiciones herméticas hace que actúen los microorganismos aeróbicos que tratan de alimentarse de ella. De este modo, se consume el oxígeno disuelto que pueda existir en el medio.

En la siguiente fase, cuando se ha agotado el oxígeno, las condiciones permiten el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos, que consumen la materia orgánica disponible. Aquí intervienen las bacterias metano génicas, que favorecen el ambiente para que las bacterias ácido génicas fermenten los compuestos orgánicos, produciendo ácido acético que luego es convertido en metano. (*Digestión anaeróbica*, s. f.)

2.6.3.2.2 Biomasa híbrida

✓ UASB

El reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB), permite la transformación de un efluente con alta carga orgánica en un biogás y, en un fertilizante estabilizado. El efluente entra por la parte inferior del reactor y, atraviesa en sentido ascendente una espesa capa de fango (manto), la cual produce un efecto filtrante. Se produce una elevada reducción de la materia orgánica y el biogás obtenido se puede aprovechar para la generación de energía. (*Reactores anaerobios para el tratamiento biológico de aguas*, s. f.)

2.6.3.2.3 Biomasa adherida

✓ Reactor de flujo ascendente

1.1. El filtro anaerobio, de flujo ascendente o FAFA, es un componente ocasional de plantas de tratamiento. La función del filtro, también llamado reactor anaerobio tiene por finalidad reducir la carga contaminante de las aguas servidas. El agua servida es alimentada al filtro a través del fondo, construido de forma que permita distribuir el flujo en forma uniforme en toda la sección del filtro. El agua a ser tratada, se hace pasar a través de un cuerpo poroso (piedra), llevándola al contacto con una fina biopelícula de microorganismos adheridos a la superficie, o floculados, donde se realiza el proceso de degradación anaerobia. («Filtro anaerobio de flujo ascendente», 2022)

2.6.3.3 TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO

2.6.3.3.1 Electrocoagulación

La electrocoagulación es un proceso complejo, que ocurre sobre la superficie de cátodo y ánodo, donde las misma cumplen una función muy importante, que es de eliminar o disminuir en gran porcentaje la carga orgánica, mediante la oxidación de la superficie anódica y la reducción de los metales del cátodo.

La electrocoagulación tiene la capacidad de remover un amplio rango de contaminantes, incluyendo sólidos suspendidos, metales pesados, colorantes, materia orgánica, grasas, aceites, iones y radionúclidos. El sistema cuenta con un ánodo metálico, generalmente de aluminio, y algunas veces, de hierro, se usa para dosificar al agua contaminada, un agente coagulante; es un proceso muy interesante, ya que produce cationes metálicos in situ, en lugar de dosificarlos externamente.

En general, durante un tratamiento por electrocoagulación se presentan los siguientes procesos:

- a) Reacciones electrolíticas en la superficie del electrodo.
- b) Formación de coagulantes en la fase acuosa.
- c) Los coagulantes adsorben a los contaminantes solubles o coloidales, y se remueven por sedimentación o por flotación.(Barrera, 2014)

2.6.4 TRATAMIENTO Terciario

La finalidad de los tratamientos terciarios, es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos secundarios, por ejemplo, los nutrientes, fósforo y nitrógeno.

Estos procesos son de naturaleza biológica o fisicoquímico, siendo el proceso unitario más empleado el tratamiento Fisicoquímico, que consta de una coagulación – floculación y una decantación; (bosscyclid, 2011) además podemos mencionar las siguientes operaciones:

Filtración: operación en la que el agua pasa a través de un medio poroso, reteniendo la mayor cantidad posible de materia en suspensión. Puede ser filtración profunda o superficial.

Flotación con aire disuelto: operación que consiste en generar burbujas de gas, donde el aire de la burbuja contiene las partículas presentes del agua tratada que se elevan hasta la superficie y salen del procesado.

Membranas de filtración: operación que se basa en impedir por exclusión el paso a través de la membrana, de contaminantes de mayor tamaño que el diámetro de poro de la membrana. Por un lado, se distinguen la fuerza impulsora generada por el diferencial de presión transmembrana en microfiltración, ultrafiltración, nano filtración, ósmosis inversa y, por otro lado, la electrodiálisis, cuya fuerza impulsora es el diferencial de potencial eléctrico transmembrana.

Desinfección: operación que consiste, en destruir o inactivar los microorganismos que puedan causar enfermedades. Se puede distinguir el uso de la radiación ultravioleta, la cloración y la ozonización.(Valdivielso, 2020)

CAPITULO III
MARCO PRÁCTICO



3.1 INAL PANDA

Actualmente, INAL PANDA es una empresa social desde 1 de julio del 2019, desde entonces los trabajadores se hicieron cargo de la empresa, la misma cuenta con un organigrama interna.

3.1.1 ESQUEMA ORGANIZACIONAL DE INAL PANDA

INAL PANDA cuenta con un organigrama lineal, ya que cada operación depende de cada sector, este tipo de organización casi siempre es la que más se adapta a las empresas y son las más utilizadas.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La caracterización es importante, para conocer las actividades y/o razones por la que las empresas deciden realizar este trabajo, lo mismo que les permite conocer la situación real en la que se encuentran, con el fin de determinar los límites del estudio y programar el trabajo adecuadamente.

3.3 INFORME DE ENSAYO AL INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO

Para iniciar con el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Inal Panda para cumplir con las normas del RASIM, realizamos un informe de ensayo para tener referencia de los datos al inicio. VER ANEXO 2.

TABLA 1. INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO.

Inicio	
DQO	6760 mg de O ₂ /litro
DBO	4725 mg de O ₂ /litro
Sólidos totales	828 mg/litro
Aceites y grasas	13 mg/litro
pH	4,5

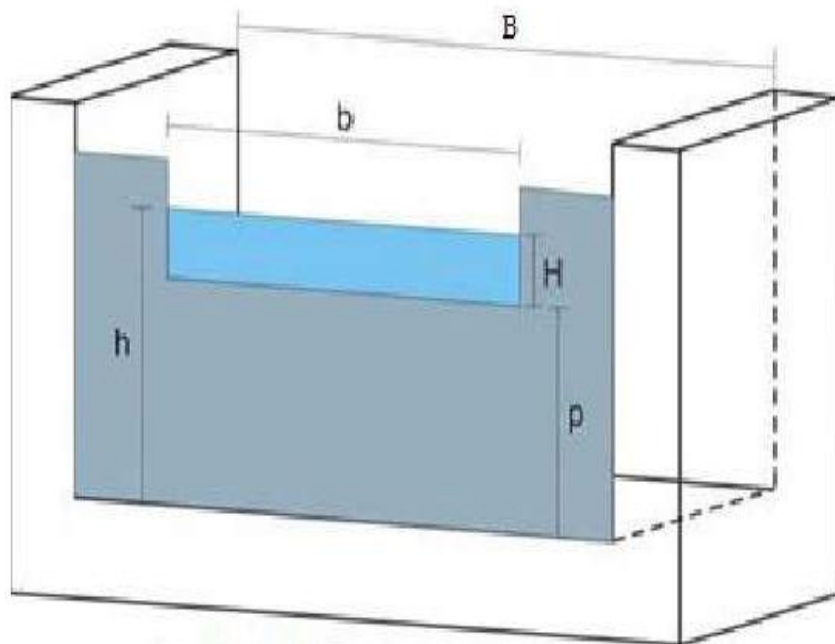
3.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE INAL PANDA

3.2.1.1 CAUDAL

Para este caso utilizaremos la ecuación de la fórmula de Francis (1883 en kraatz, 1975, p. 185).

$$Q = 1,84 \times (b - 0,2 * H) \times H^{3/2}$$

FIGURA 2 Vertedero rectangular



Fuente: (Flujo Sobre Vertedero Rectangular / PDF / Triángulo / Descarga (hidrología), s. f.)

$$Q = \text{Caudal } m^3/s$$

H = altura del agua sobre la base de la abertura rectangular (m).

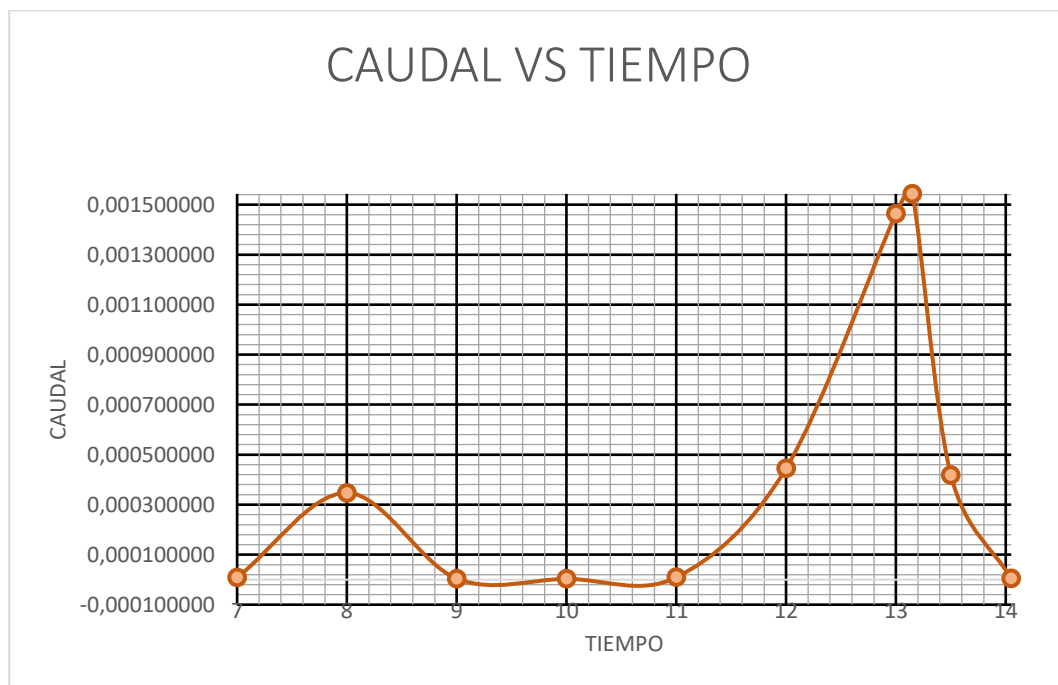
b = anchura de la abertura rectangular (m)

TABLA 2. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO

Martes 05/04/2022			
Tiempo (h)	Altura (m)	Ancho del canal (m)	Caudal (litros/hora)
7	$1,0 \cdot 10^{-3}$	0,18	32,16
8	$1,04 \cdot 10^{-2}$	0,18	1249,96
9	$5,5 \cdot 10^{-4}$	0,18	15,37
10	$4,5 \cdot 10^{-4}$	0,18	11,38
11	$9,4 \cdot 10^{-4}$	0,18	34,33
12	$1,23 \cdot 10^{-2}$	0,18	1604,26
13	$2,75 \cdot 10^{-2}$	0,18	5271,26
13,15	$2,85 \cdot 10^{-2}$	0,18	5555,01
13,5	0,0118	0,18	1508,29
14,05	$5,7 \cdot 10^{-4}$	0,18	16,22
PROMEDIO			1529,82

Fuente: Elaboración propia.

Grafica N° 1 Caudal Vs Tiempo



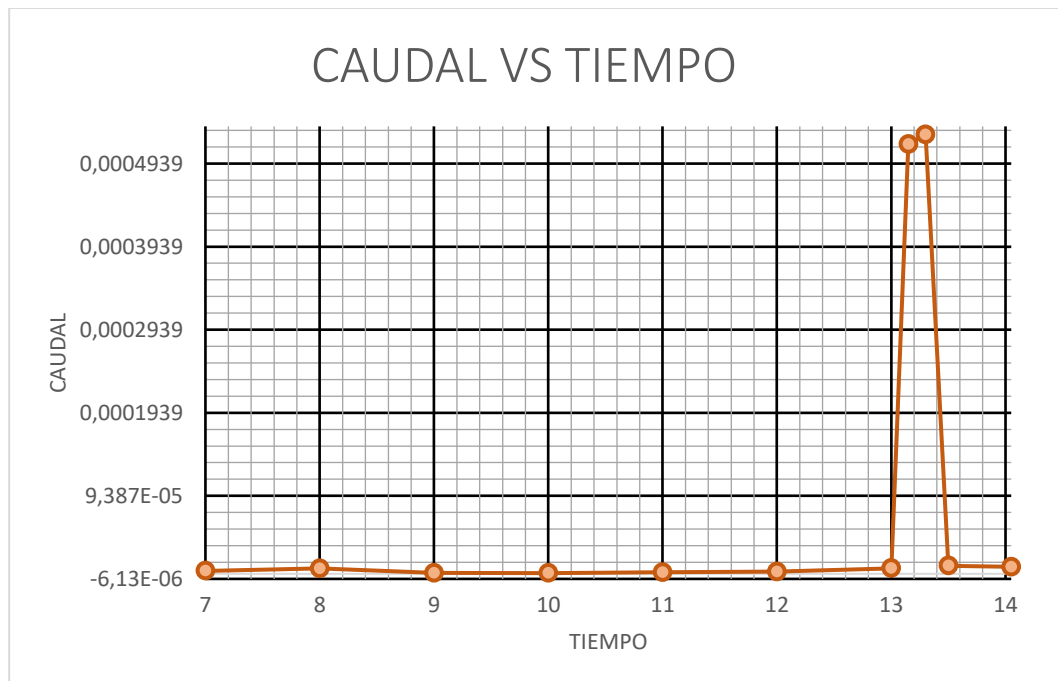
Fuente: Elaboracion propia

TABLA 3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO

Jueves 07/04/2022			
Tiempo (h)	Altura (m)	Ancho del canal (m)	Caudal (litros/hora)
7	$4,8 \cdot 10^{-4}$	0,18	12,53
8	$7,2 \cdot 10^{-4}$	0,18	23,02
9	$2,0 \cdot 10^{-4}$	0,18	3,37
10	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,18	2,89
11	$3,0 \cdot 10^{-4}$	0,18	6,19
12	$4,0 \cdot 10^{-4}$	0,18	9,53
13	$7,4 \cdot 10^{-4}$	0,18	23,98
13,15	$1,36 \cdot 10^{-2}$	0,18	1862,47
13,3	$1,38 \cdot 10^{-4}$	0,18	1903,27
13,5	$9,5 \cdot 10^{-4}$	0,18	34,88
14,05	$8,6 \cdot 10^{-4}$	0,18	3,00
PROMEDIO			391,22

Fuente: Elaboración propia.

Grafica N° 2 Caudal Vs Tiempo



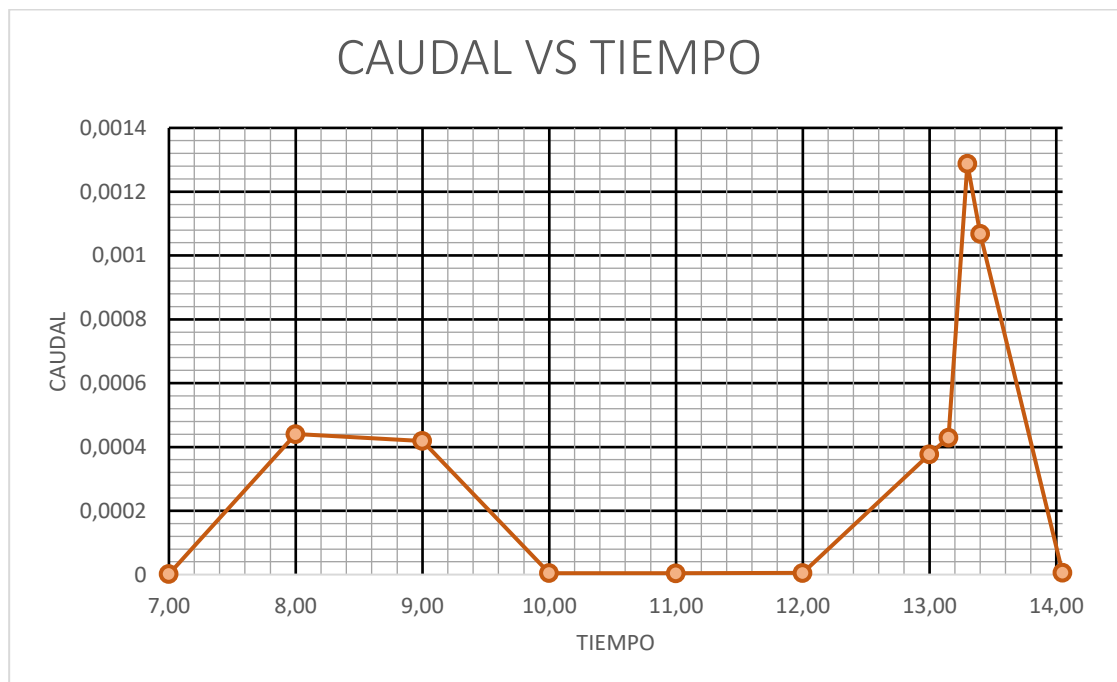
Fuente: Elaboración propia

TABLA 4. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO

Viernes 08/04/2022			
tiempo (s)	altura (m)	ancho del canal (m)	caudal (litros/hora)
7,00	$2,6 \cdot 10^{-4}$	0,18	4,10
8,00	$1,22 \cdot 10^{-2}$	0,18	1584,91
9,00	$1,18 \cdot 10^{-2}$	0,18	1508,29
10,00	$5,6 \cdot 10^{-4}$	0,18	15,79
11,00	$5,2 \cdot 10^{-4}$	0,18	14,13
12,00	$6,4 \cdot 10^{-4}$	0,18	19,29
13,00	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,18	1358,75
13,15	$1,2 \cdot 10^{-2}$	0,18	1546,45
13,30	$2,52 \cdot 10^{-2}$	0,18	4636,18
13,40	$2,22 \cdot 10^{-2}$	0,18	3846,59
14,05	$6,8 \cdot 10^{-4}$	0,18	21,13
PROMEDIO			1455,65

Fuente: Elaboración propia.

Grafica N° 3 Caudal Vs Tiempo



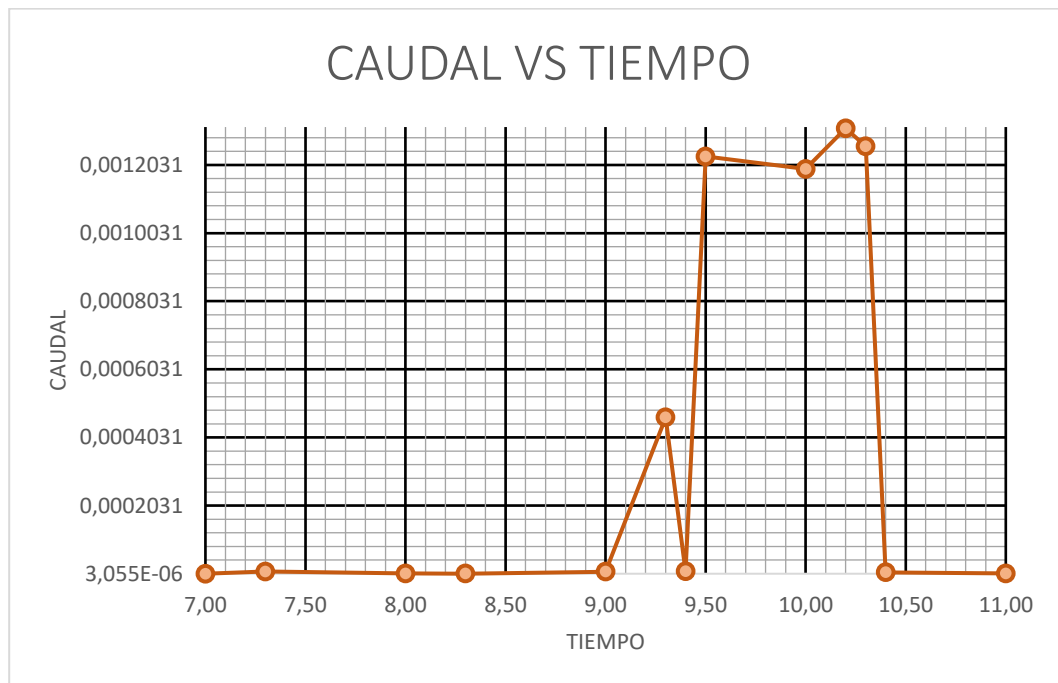
Fuente: Elaboración propia

TABLA 5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL AGUA QUE PASA POR EL VERTEDERO

Sábado 09/04/2022			
tiempo (s)	altura (m)	ancho del canal (m)	caudal (litros/hora)
7,00	$4,4 \cdot 10^{-4}$	0,18	11,00
7,30	$9,2 \cdot 10^{-4}$	0,18	33,24
8,00	$5,0 \cdot 10^{-4}$	0,18	13,32
8,30	$4,6 \cdot 10^{-4}$	0,18	11,76
9,00	$9,0 \cdot 10^{-4}$	0,18	32,16
9,30	$1,26 \cdot 10^{-2}$	0,18	1662,75
9,40	$9,6 \cdot 10^{-4}$	0,18	35,43
9,50	$2,44 \cdot 10^{-2}$	0,18	4421,21
10,00	$2,39 \cdot 10^{-2}$	0,18	4288,45
10,20	$2,55 \cdot 10^{-2}$	0,18	4717,59
10,30	$2,48 \cdot 10^{-2}$	0,18	4528,30
10,40	$7,8 \cdot 10^{-4}$	0,18	25,95
11,00	$5,1 \cdot 10^{-4}$	0,18	13,72
PROMEDIO			1649,57

Fuente: Elaboración propia.

Grafica N° 4 Caudal Vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia.

3.3 DISEÑO DE TRAMPA DE GRASAS Y REJAS REJILLAS

Para el diseño de la trampa de grasa, se debe considerar los siguientes parámetros:

CAUDAL DIARIO

$$Q = 1256,58 \frac{\text{litros}}{h}$$

VOLUMEN DE TRAMPA DE GRASAS

$$\text{Volumen trampa} = \text{caudal medio diario} * \text{tiempo de retencion} = \frac{m^3 \times S}{S}$$

$$\text{Volumen trampa de grasa} = 0,00034905 \frac{m^3}{S} \times 2 \text{ min} \times \frac{60 S}{1 \text{ min}}$$

$$\text{Volumen trampa de grasa} = 41,89 \text{ litros}$$

FIGURA 3 Imagen de la trampa de grasas



Fuente: Elaboración Propia.

CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL

Datos:

$$A = \frac{V}{H} = \frac{m^3}{m}$$

$A = \text{area superficial (m}^2\text{)}$

$V = \text{Volumen de la trampa de grasa (m}^3\text{)}$

$H = \text{altura m}$

Datos:

H= 0,43

$$A = \frac{0,04189 \text{ m}^3}{0,43 \text{ m}}$$

$$A = 0,09742 \text{ m}^2$$

RELACION L: B

$$A = B \times L$$

$L = \text{Largo de la trampa de grasa}$

$B = \text{Ancho de la trampa de grasa}$

$A = \text{Area de la trampa de grasa}$

$$L = 2B$$

$$A = B \times 2B$$

$$B = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Datos

$$A = 0,09742 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{\frac{0,09742 \text{ m}^2}{2}}$$

$$B = 0,2207 \text{ m}$$

$$L = \frac{A}{B}$$

$$L = \frac{0,09742 \text{ m}^2}{0,2207 \text{ m}}$$

$$L = 0,4414 \text{ m}$$

CALCULO DE LA VELOCIDAD ASCENCIONAL

$$v_a = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\text{m}^2} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_a = \frac{0,00034905 \text{ m}^3/\text{s}}{0,09742 \text{ m}^2}$$

$$v_a = 0,0035829 \text{ m/s}$$

UBICACIÓN DEL BUFLE

$$U_b = 0,75 \times L$$

$$U_b = 0,75 \times 0,4414 \text{ m}$$

$$U_b = 0,33105 \text{ m}$$

ALTURA DEL BUFLE

$$H_b = 0,9 \times B$$

$$H_b = 0,9 \times 0,2207 \text{ m}$$

$$H_b = 0,1986 \text{ m}$$

ESPACIO BASE FONDO

$$E_b F = 0,10 \times H$$

$$E_b F = 0,10 \times 0,43$$

$$E_b F = 0,043 \text{ m}$$

UBICACIÓN DE LA TUBERÍA

$$U_{tub} = 0,50 \times B$$

$$U_{tub} = 0,50 \times 0,2207 \text{ m}$$

$$U_{tub} = 0,11035 \text{ m}$$

ALTURA DE LA TUBERÍA DE ENTRADA

$$H_{etb} = 0,35 \times H$$

$$H_{etb} = 0,35 \times 0,43 \text{ m}$$

$$H_{etb} = 0,1505 \text{ m}$$

CAÍDA DE LA TUBERÍA DE ENTRADA E INGRESO DE LA TUBERÍA DE SALIDA

$$\frac{H_{ectb}}{H_{sitb}} = 0,22 \times H$$

$$\frac{H_{ectb}}{H_{sitb}} = 0,22 \times 0,43 \text{ m}$$

$$\frac{H_{ectb}}{H_{sitb}} = 0,0946 \text{ m}$$

Los valores obtenidos con las anteriores ecuaciones, nos permite calcular el volumen de la trampa de grasas que almacenara durante un cierto tiempo, a su vez determinamos el área de la trampa de grasas. Para calcular el largo de la trampa, se realizó un cálculo mediante la relación L:B; la velocidad ascensional, es la velocidad que deben tener las partículas para que estas sedimenten; la ubicación del primer bufle hace referencia al primer compartimento y la altura de cada bufle, hace referencia de la altura de la ubicación de la entrada de la trampa de grasas.

3.4 REJAS REJILLAS

3.4.1 REJAS

Las pérdidas hidráulicas a través de las barras, están en función de la velocidad de aproximación y de la velocidad a través de las barras.

FIGURA 4 rejas



Fuente: Elaboración propia.

Las pérdidas se calculan con las barras limpias. El ensuciamiento de estas provoca un aumento en la pérdida de carga.

3.4.2 REJILLAS

El criterio más utilizado para calcular la pérdida de carga en estas unidades, es mediante la fórmula de Kirschmer, cuando se conoce la forma de las barras y la altura o la energía de velocidad del flujo entre las barras.

$$h_1 = \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{4/3} h_v \sin \theta$$

h_1 = pérdida de carga (m)

$\beta = 2,42$ para barras rectangulares de cara recta.

$\beta = 1,67$ para barras rectangulares con cara semicircular aguas arriba y abajo.

$\beta = 1,83$ para barras rectangulares con cara semicircular aguas arriba.

$\beta = 1,79$ para barras circulares

w = ancho máximo de la sección transversal de las barras (m)

b = espaciamiento o separación mínima entre las barras (m)

h_v = altura o energía de velocidad de flujo de aproximación

θ = ángulo de la rejilla horizontal

FIGURA 5 Rejillas



Fuente: Elaboración propia.

AREA DEL CANAL

$$A = Wh$$

$A = \text{area del canal (m}^2\text{)}$

$W = \text{ancho del canal (m)}$

$h = \text{tirante Hidraulico (m)}$

DATOS

$W = 0,18 \text{ m}$

$h = 0,0052172 \text{ m}$

$$A = 0,18 \text{ m} \times 0,0052172 \text{ m}$$

$$A = 0,000939096 \text{ m}^2$$

VELOCIDAD ANTES DE LA REJA

$$V = \frac{Q}{A}$$

$V = \text{Velocidad antes de la reja } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

$Q = \text{Caudal } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

$A = \text{area del Canal (m}^2\text{)}$

DATOS

$Q = 0,00034905 \text{ (m}^3\text{/s)}$

$A = 0,000939096 \text{ m}^2$

$$V = \frac{0,00034905 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000939096 \text{ m}^2}$$

$$V = 0,371687 \text{ m/s}$$

LONGITUD DE LA REJA

$$L = \frac{h + h_b}{\sin \theta}$$

$L =$ Longitud de la reja (m)

$h =$ Tirante hidraulico (m)

$h_b =$ Bordo Libre (m)

$\theta =$ Angulo de inclinacion

DATOS

$h = 0,0052172$ m

$h_b = 0,17$ m

$\theta = 45^\circ$

$$L = \frac{0,0052172 \text{ m} + 0,17 \text{ m}}{\sin 45}$$

$$L = 0,2477945 \text{ m}$$

NUMERO DE BARRAS

$$C = \frac{W - nd_b}{n + 1}$$

$$n = \frac{W - C}{C + d_b}$$

$C =$ Claro de barras (aperturas)(m)

$w =$ Ancho del canal (m)

$n =$ numero de espacios

$n - 1 = \text{numero de barras}$

$d_b = \text{espesor de la barra (m)}$

DATOS

$$C = 0,15 \text{ m}$$

$$W = 0,18 \text{ m}$$

$$d_b = 0,003 \text{ m}$$

$$n = \frac{W - C}{C + d_b}$$

$$n = \frac{0,18 \text{ m} - 0,007 \text{ m}}{0,007 \text{ m} + 0,003 \text{ m}}$$

$$n = 17,3 \approx 18 \text{ espacios}$$

$$n = 18 \text{ espacios}$$

$$n - 1 = 17 \text{ barras}$$

VELOCIDAD DE ACERCAMIENTO

$$V_a = \frac{Q}{(W - d_b)h}$$

$V_a = \text{Velocidad de acercamiento } \left(\frac{m}{s}\right)$

$Q = \text{caudal } \left(\frac{m^3}{s}\right)$

$W = \text{Ancho del canal (m)}$

$h = \text{Tirante hidraulico (m)}$

$d_b = \text{espesor de la barra (m)}$

$$V_a = \frac{0,00034905 \text{ m}^3/\text{s}}{(0,18 \text{ m} - 0,003 \text{ m}) * 0,0052172 \text{ m}}$$

$$V_a = 0,37798 \text{ m/s}$$

VELOCIDAD A TRAVES DE LA REJA

$$A_r = n d_b h$$

$$V_r = \frac{Q}{A - A_r}$$

$$A_r = 17 \times 0,003 \text{ m} \times 0,0052172 \text{ m} \quad A_r = 0,000266 \text{ m}^2$$

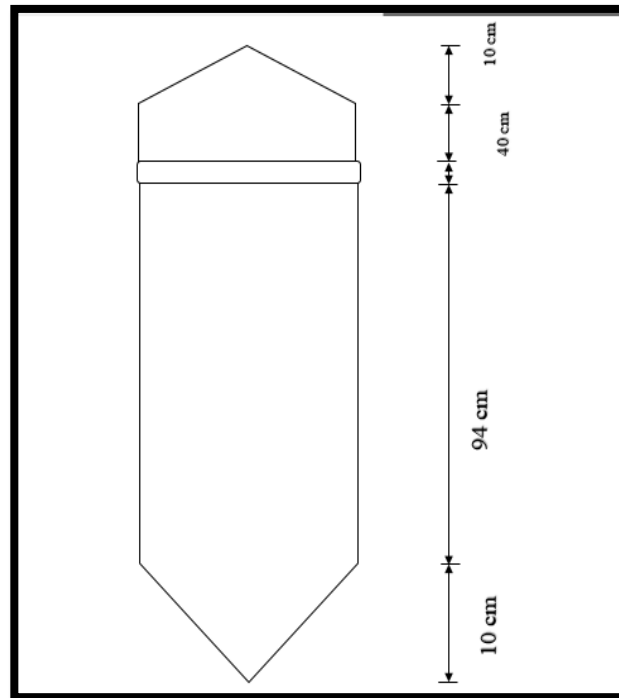
$$V_r = \frac{0,00034905 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0009399096 \text{ m}^2 - 0,000266077 \text{ m}^2}$$

$$V_r = 0,5180097 \text{ m/s}$$

Para el diseño de las rejillas, se tuvo que calcular el área que ocuparían las mismas, también se calculó las velocidades antes de las rejillas, longitud de la reja, el número de barras que cada una de ellas tendrían, la velocidad de acercamiento (velocidad con la que el líquido se acerca la rejilla) y, la velocidad con la que atraviesa el líquido por la reja.

3.4.3 CALCULO DE LOS FILTROS

FIGURA 6 Filtro de lecho profundo



Fuente: elaboración propia.

El filtro a utilizar tendrá como lecho carbón activado.

CALCULO DEL VOLUMEN QUE VA OCUPAR EL CARBÓN ACTIVADO

$$V = \frac{\pi}{4} x D^2 x h$$

D = diámetro del cono

h = Altura del cono

Datos

$D = 45,4$ cm

h= 54 cm

$$V = \frac{\pi}{4} \times 40^2 \text{ cm}^2 \times 64 \text{ cm}$$

$$V = 80424,77 \text{ cm}^3$$

$$V = 80424,77 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ litro}}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$V = 80424,77 \text{ litros}$$

Para determinar la cantidad de carbón activado a utilizar en el filtro, utilizamos la formula del volumen de un cilindro (la densidad que es $\rho = 0,8829 \text{ g/cm}^3$).

$$\begin{aligned} \frac{25 \text{ Kg}}{1 \text{ pie}^3} \times \left(\frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} \right)^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} &= 0,8829 \text{ Kg/l} \times 80424,77 \text{ l} \\ &= 71,007 \text{ Kg} \end{aligned}$$

El lecho de carbón activado del filtro tendrá como masa 71,007 Kg.

3. 6 PRUEBA DE JARRAS

En la prueba de jarras se utiliza variaciones en la dosis del polímero o coagulante en cada jarra (generalmente 6 jarras), permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica a través del proceso de floculación; es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, permitiendo además realizar el ajuste en el pH de cada muestra, hasta llegar a los valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados. (*Prueba de Jarras – ISA, s. f.*)

FIGURA 7 Prueba de jarras



Fuente: Elaboración Propia.

3.6.1 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ADECUADA DE COAGULANTE Y FLOCULANTE PARA EL AGUA RESIDUAL DE INAL PANDA MEDIANTE PRUEBA DE JARRAS

3.6.1.1 Generalidades

En este Procedimiento Normalizado de Operación (PNO), presenta las características prácticas para el desarrollo de las pruebas de tratabilidad o ensayo de jarras en muestras de aguas residuales de origen industrial, con el fin de simular el proceso de coagulación a nivel laboratorio. Esto permite identificar cuál es la dosis adecuada a emplear, para clarificar el agua y obtener una remoción de los sólidos suspendidos y en suspensión del agua cruda, quedando a punto para continuar con los otros procesos de tratamiento establecidos en la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Equipos y reactivos

Equipos y Materiales

1 Equipo de jet test

1 Turbidímetro

1 pH metro

1 Probeta de 1000 ml

2 Pipeta graduada de 10 ml

4 Vasos de precipitado 1000 ml

4 Vasos de precipitado de 50 ml

2 Matraces aforados de 100 ml

4 Cono Imhoff

1 Piseta

1 Hornilla eléctrica

1 Agitador magnético

1 Balanza

Reactivos

- Sulfato de aluminio
- Soda caustica
- Agua destilada

3.6.1.2 Método

Preparar soluciones $Al_2(SO_4)_3$

Solución Estándar al 10% de $Al_2(SO_4)_3$ (Solución madre)

Se pesa una muestra de 10 gramos de $Al_2(SO_4)_3$, el mismo que debe ser diluido con agua destilada.

Solución Estándar al 1 % de $Al_2(SO_4)_3$

Se saca 10 ml de la solución madre de $Al_2(SO_4)_3$, a un matraz aforado de 100 ml para obtener una concentración de 10000 mg/l de $Al_2(SO_4)_3$ aforar hasta el volumen que corresponde del matraz, agitar vigorosamente hasta homogeneizar la solución.

Preparar solución de NaOH al 20%

Pesar 20 gramos de soda caustica, disolver en un vaso de precipitado de 100 ml.

TABLA 6. TIEMPO DE ALMACENAJE DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE ALUMINIO

Concentración de la muestra	Tiempo de almacenaje	Conservación de la muestra refrigerada
10% de $Al_2(SO_4)_3$ (Solución madre)	15 días	No inferior a 10 grados
1% de $Al_2(SO_4)_3$ (Solución madre)	Se prepara diariamente	
NaOH al 20%	Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y manipulación.	

Fuente: Elaboración Propia.

Preparación de la muestra

Agregar 1000 ml de la muestra (agua residual) en los vasos de precipitado (1000 ml); posteriormente se debe verificar la turbidez, medir el pH (ajustar el pH a 8), iniciar con la operación de prueba de jarras. A los 20 segundos del proceso, adicionar la solución estándar al 1% de $Al_2(SO_4)_3$; La operación consiste en una agitación rápida (coagulación) a 200 rpm durante un minuto y una agitación lenta (floculación) a 40 rpm durante 10 minutos; luego dejar sedimentar, y de la solución transparente, determinar la turbiedad de la muestra.

Límite de determinación y reporte de resulta

El límite de determinación para la dosis adecuada, es la menor turbiedad que presentará la muestra con la dosis adecuada y, éste será medido en NTU (unidades nefelométrías de turbiedad).

TABLA 7. LÍMITES DE DETERMINACIÓN PARA LA DOSIS ADECUADA DEL COAGULANTE.

Tipo de muestra	ejemplos	unidad	Límite de determinación
liquida	Agua potable Agua residual (domestica e industrial)	NTU	Por determinar

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8. VALORES INICIALES DEL AGUA RESIDUAL

Muestra	volumen de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ l	Concentración $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mg/l	pH inicial	pH ajustado	Rpm	Tiempo min	Turbiedad NTU 18 horas
1	0	0	3,6	3,6	0	0	57

Fuente: Elaboración propia.

Después del muestreo se realizó lo que es los análisis y estos son los puntos de partida, para posteriormente determinar la cantidad y la velocidad adecuada.

3.6.1.4 Aseguramiento de la calidad

Diagrama de dilución de las soluciones

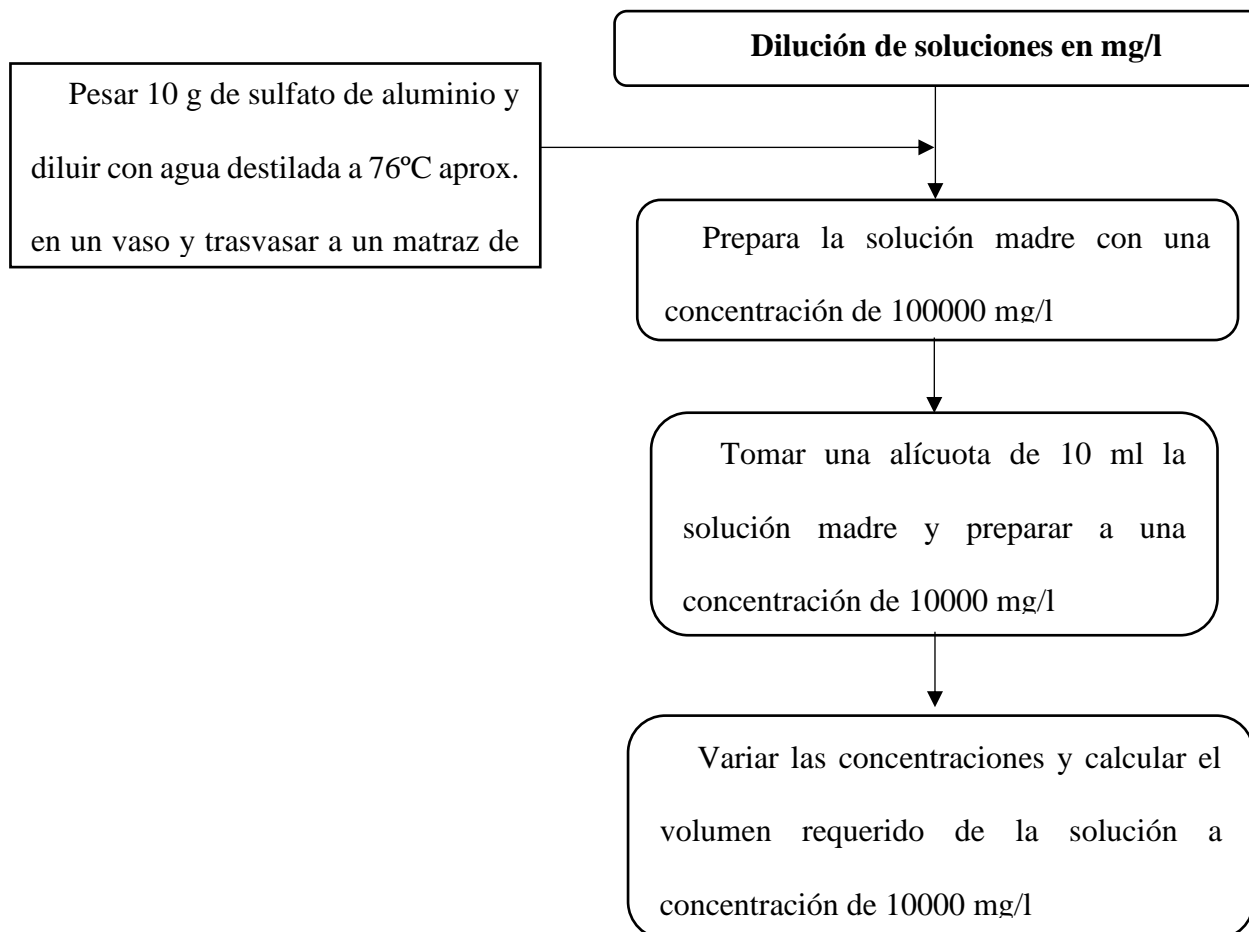
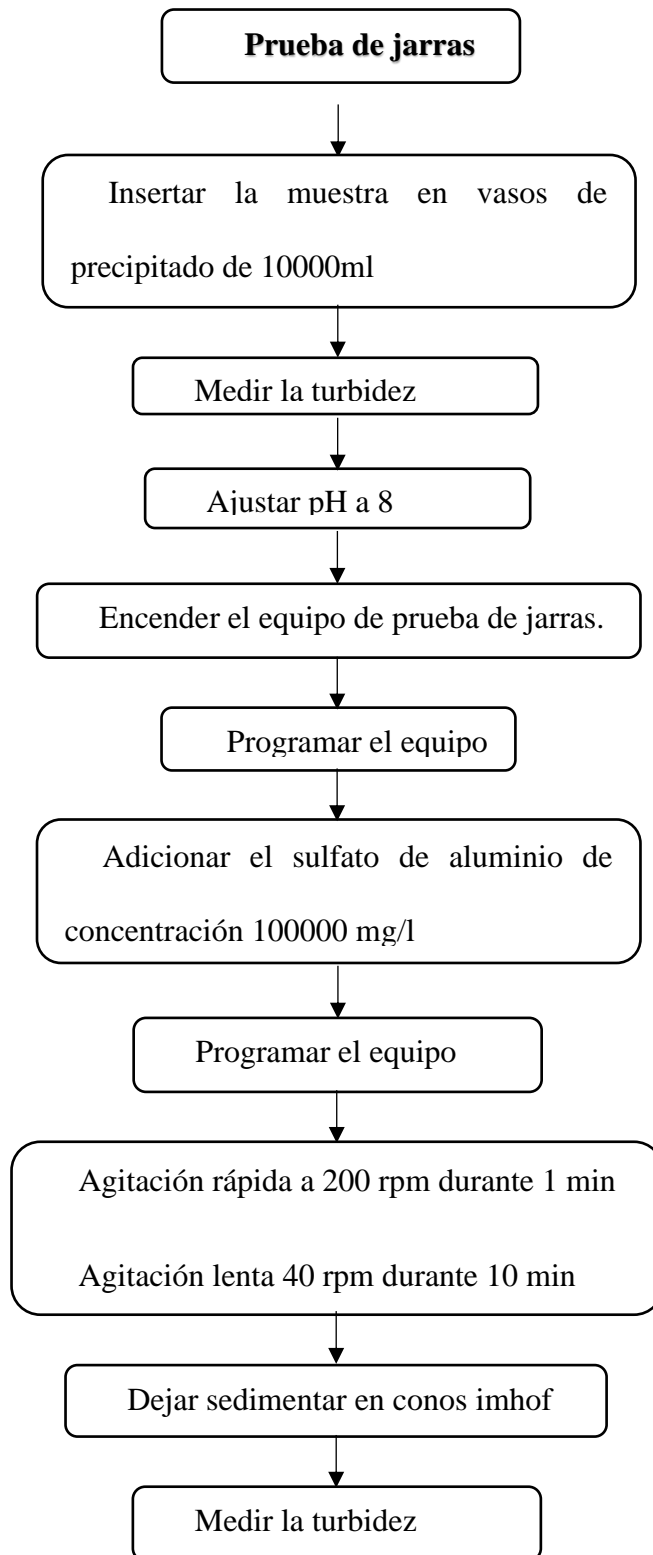


Diagrama de método



3.6.1.5 Control de mediciones con muestras de referencia

TABLA 9. DATOS DE LABORATORIO. 20/05/2021

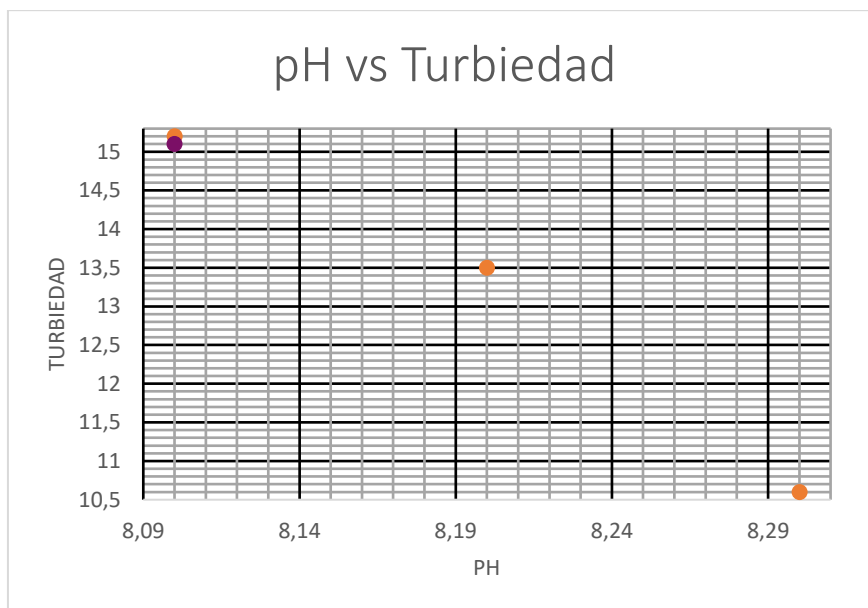
Muestra	volumen de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ l	Concentración $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mg/l	pH inicial	pH ajustado	Rpm rápido por 1 min	Rpm lento 5 min	Turbiedad NTU 18 horas
1	0,015	300	3,6	8,1	200	60	15,2
2	0,015	300	3,6	8,2	200	60	13,5
3	0,015	300	3,6	8,1	200	60	15,1
4	0,015	300	3,6	8,3	200	60	10,6

Fuente: elaboración propia.

Para la **tabla N° 9** se tomó una muestra de 500 mililitros, se ajustó el pH, se trabajó con una concentración de 300 ppm sulfato de aluminio, con una velocidad de agitación rápida 200 rpm por un minuto y una agitación lenta de 5 rpm. Se dejó sedimentar durante 18 horas, posteriormente se tomó una muestra para determinar la turbiedad, la cual fue de 10,6 NTU, resultado muy favorable.

Se toma como referencia 18 horas de sedimentación, debido a que no se tenía autonomía en el trabajo de laboratorio, el encargado trabajaba hasta las 15:00 horas, horario en el cual ya no tenía acceso a laboratorio, recién al día siguiente podía hacer las determinaciones correspondientes.

GRAFICA N.º 8. PH VS TURBIEDAD CON PH AJUSTADO



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 10. DATOS DE LABORATORIO. 20/05/2021

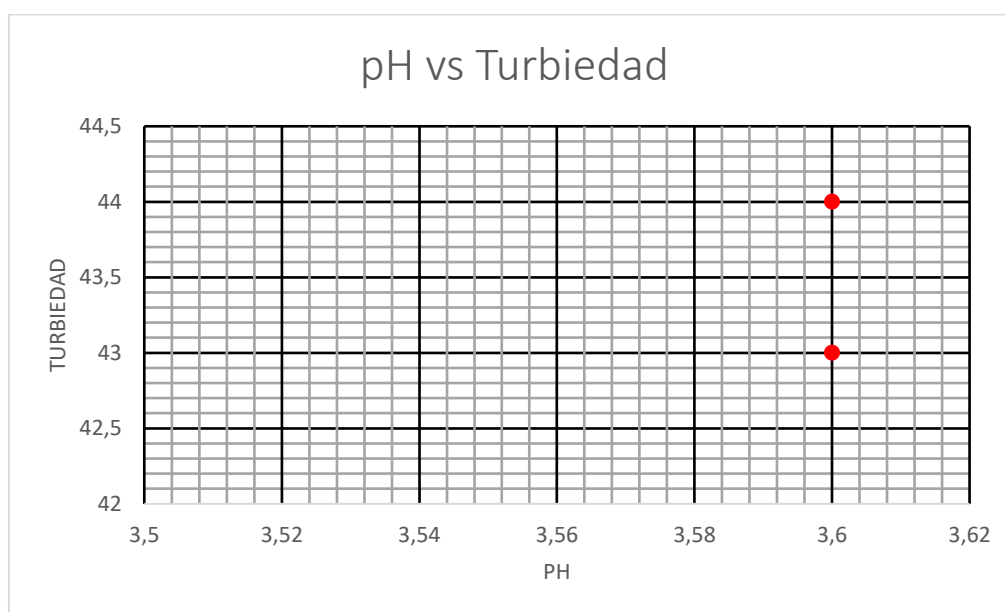
Muestra	volumen de $Al_2(SO_4)_3$ l	Concentración $Al_2(SO_4)_3$ mg/l	pH inicial	pH ajustado	Rpm rápido por 1 min	Rpm lento 5 min	Turbiedad NTU 18 horas
5	0,015	300	3,6	3,6	200	60	44
6	0,015	300	3,6	3,6	200	60	44
7	0,015	300	3,6	3,6	200	60	44
8	0,015	300	3,6	3,6	200	60	43

Fuente: elaboración propia.

Para la **tabla N° 10** se realizó con una muestra de 500 mililitros, donde no se ajustó el pH, se trabajó con una concentración de 300 ppm de sulfato de aluminio, se trabajó con una agitación de

200 rpm durante un minuto y una agitación lenta de 60 rpm durante 5 minutos se dejó sedimentar durante 18 horas, se tomó la muestra correspondiente y se determinó la turbiedad de 44 NTU.

GRAFICA N.º 9. PH VS TURBIEDAD SIN AJUSTAR PH



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 11. DATOS DE LABORATORIO 24/05/2021

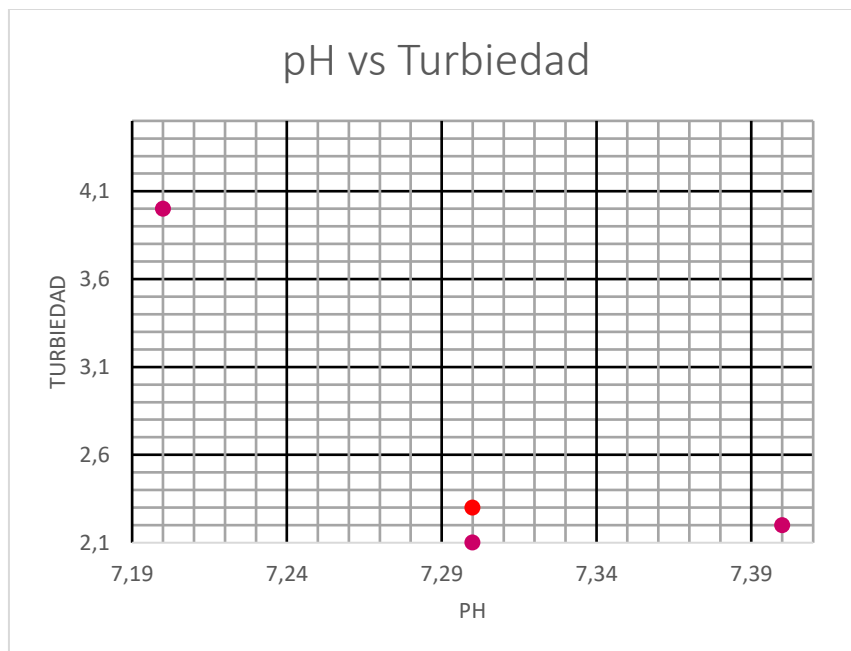
Muestra	Volumen de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ l	Concentración $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mg/l	pH inicial	pH ajustado	Rpm rápido 1 min	Rpm lento 10 min	Turbiedad NTU 18 horas
1	0,01	200	3,4	7,2	200	60	4
2	0,01	200	3,4	7,3	200	60	2,3
3	0,01	200	3,4	7,3	200	60	2,1
4	0,01	200	3,4	7,4	200	60	2,2

Fuente: Elaboración propia.

Para la tabla N.º 11 se tomó una muestra de 500 mililitros, pH ajustado, la concentración de sulfato de aluminio fue de 200 ppm, agitación rápida 200 rpm; agitación lenta de 60 rpm durante 10 min,

se dejó sedimentar durante 18 horas, con una muestra de sedimentado se determinó la turbiedad 2,1 NTU.

GRAFICA N.º 10. PH VS TURBIEDAD CON UNA CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO DE 200 mg/L



Fuente: Elaboración propia.

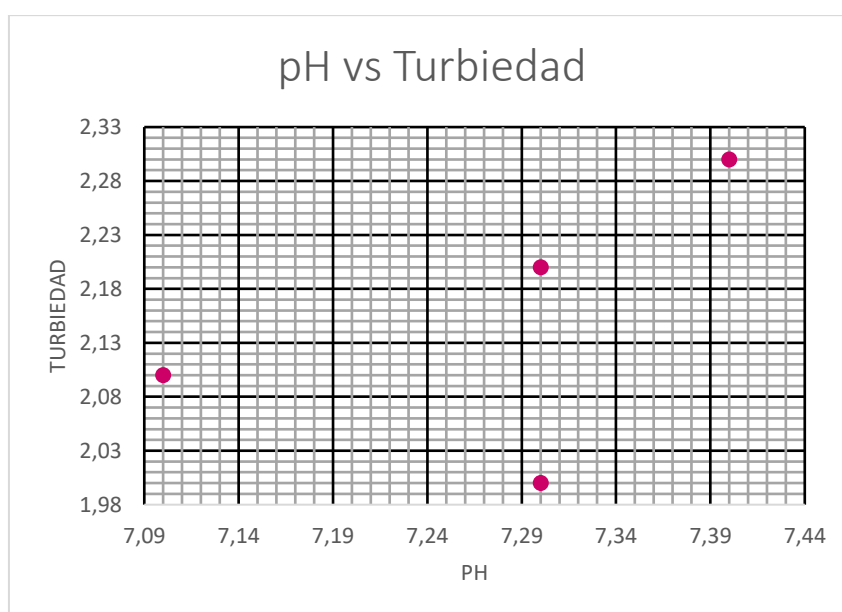
TABLA 12. DATOS DE LABORATORIO 24/05/2021

Muestra	Volumen de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ l	Concentración $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mg/l	pH inicial	pH ajustado	Rpm rápido 1 min	Rpm lento 10 min	Turbiedad NTU 18 horas
5	0,02	400	3,4	7,3	200	60	2,2
6	0,02	400	3,4	7,4	200	60	2,3
7	0,02	400	3,4	7,3	200	60	2
8	0,02	400	3,4	7,1	200	60	2,1

Fuente: Elaboración propia.

Para la **tabla N° 12** se trabajó con un volumen de la muestra de 500 ml, se realizó el ajuste de pH, concentración de 400 ppm de sulfato de aluminio, agitación rápida 200 rpm y una agitación lenta de 60 rpm durante 10 minutos, se dejó sedimentar durante 18 horas se tomó la muestra sedimentada y se determinó la turbiedad de 2 NTU.

GRAFICA N.º 11. PH VS TURBIEDAD CON UNA CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO DE 400 mg/L



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 13. DATOS DE LABORATORIO 02/06/2021

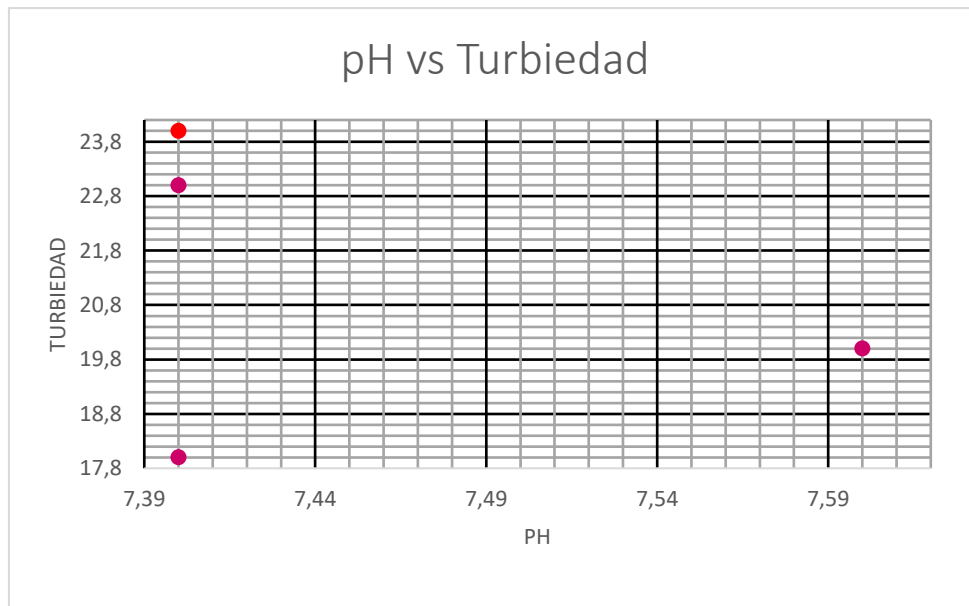
Muestra	Volumen de $Al_2(SO_4)_3$ l	Concentración $Al_2(SO_4)_3$ mg/l	pH inicial	pH ajustado	Rpm rápido 15 min	Rpm lento 5 min	Turbiedad NTU 3hrs	Turbiedad NTU 6 horas
1	0,04	400	3,1	7,4	20	5	18	94
2	0,04	400	3,1	7,4	20	5	23	21
3	0,04	400	3,1	7,6	20	5	20	18,2
4	0,04	400	3,1	7,4	20	5	24	19

Fuente: Elaboración propia.

Para la **tabla N° 13** se realizó con una muestra de 1000 mililitros, se ajustó pH, se trabajó con una agitación rápida de 20 rpm durante 15 min, agitación lenta 5 rpm durante 5 min, se tomó dos muestras de la sedimentación, una después de 3 horas y la otra después de las 6 horas pasadas la primera lectura de la turbiedad fue de 18 NTU Y la otra 19 NTU respectivamente.

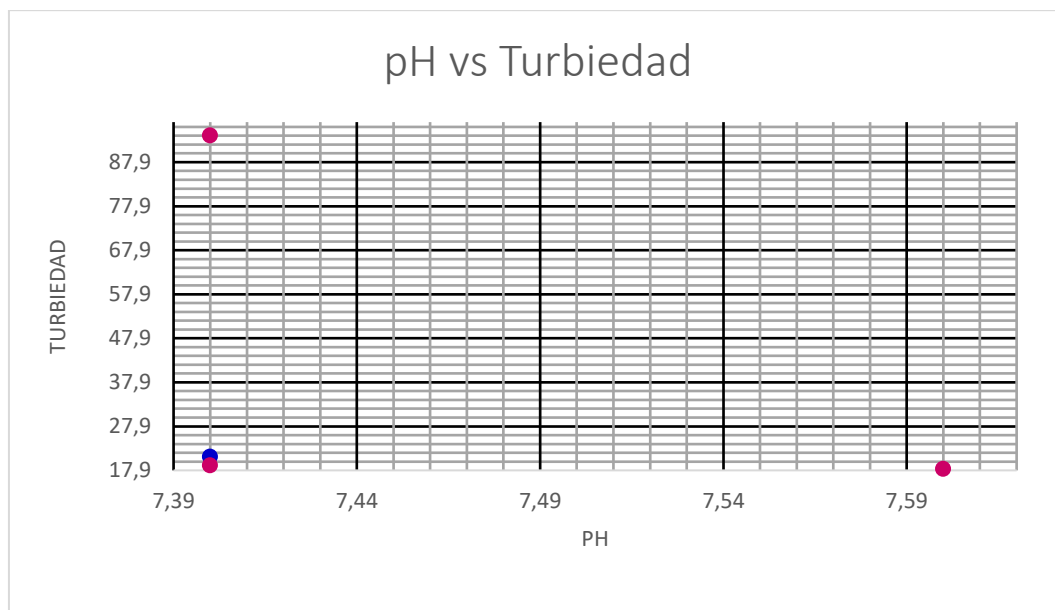
En este caso se adelantó el trabajo y se pudo realizar el muestreo a las 3 y 6 horas de sedimentación.

GRAFICA N. °12. PH VS TURBIEDAD CON 3 HORAS DE SEDIMENTACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

GRAFICA N.º 13. PH VS TURBIEDAD CON 6 HORAS DE SEDIMENTACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 14. DATOS DE LABORATORIO 07/06/2021

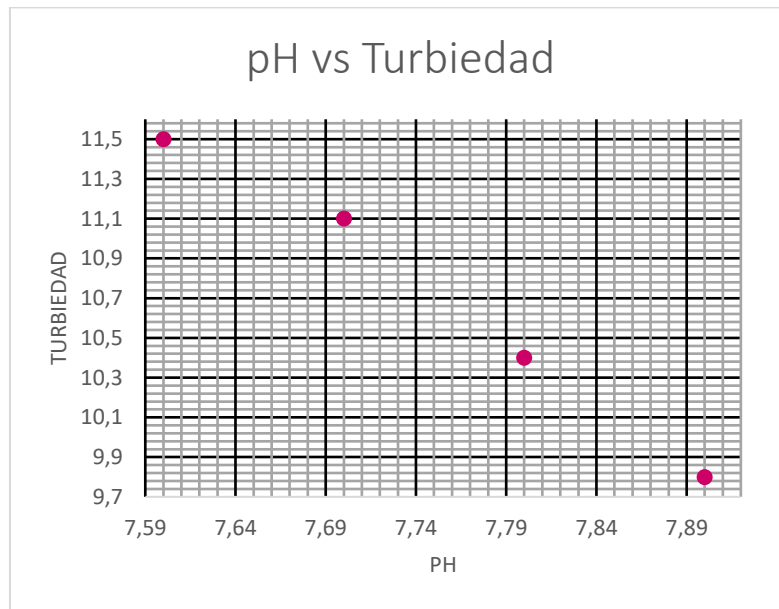
Muestra	Volumen de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Concentración $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	pH inicial	pH ajustado	Rpm rápido 15 min	Rpm lento 5 min	Turbiedad NTU 2 horas	Turbiedad NTU 18 horas
1	0,04	400	3,1	7,8	60	30	10,4	2,9
2	0,04	400	3,1	7,6	60	30	11,5	3
3	0,04	400	3,1	7,9	60	30	9,8	2,7
4	0,04	400	3,1	7,7	60	30	11,1	2,9

Fuente: Elaboración propia.

Para la **tabla N.º 14** se trabajó con un volumen de muestra de 1000 mililitros, se ajustó el pH, concentración 400 ppm de sulfato de aluminio, con una velocidad de agitación rápida de 60 rpm durante 15 minutos y una agitación lenta de 30 rpm durante 5 minutos, del sedimentado se tomaron dos muestras una pasada las 2 horas y la otra pasada las 18 horas se determinó la turbiedad que fue de 9,8 NTU y 3 NTU respectivamente.

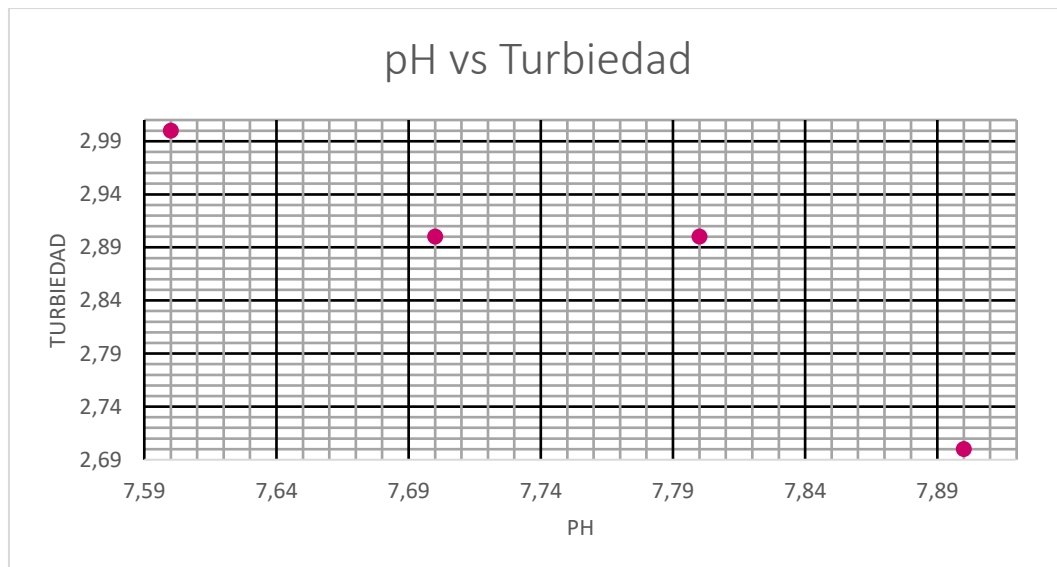
En este caso se adelantó el trabajo y se pudo realizar el muestreo a las 2 y 6 horas de sedimentación.

GRAFICA N.º14. PH VS TURBIEDAD CON 2 HORAS DE SEDIMENTACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

GRAFICA N.º15. PH VS TURBIEDAD CON 18 HORAS DE SEDIMENTACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

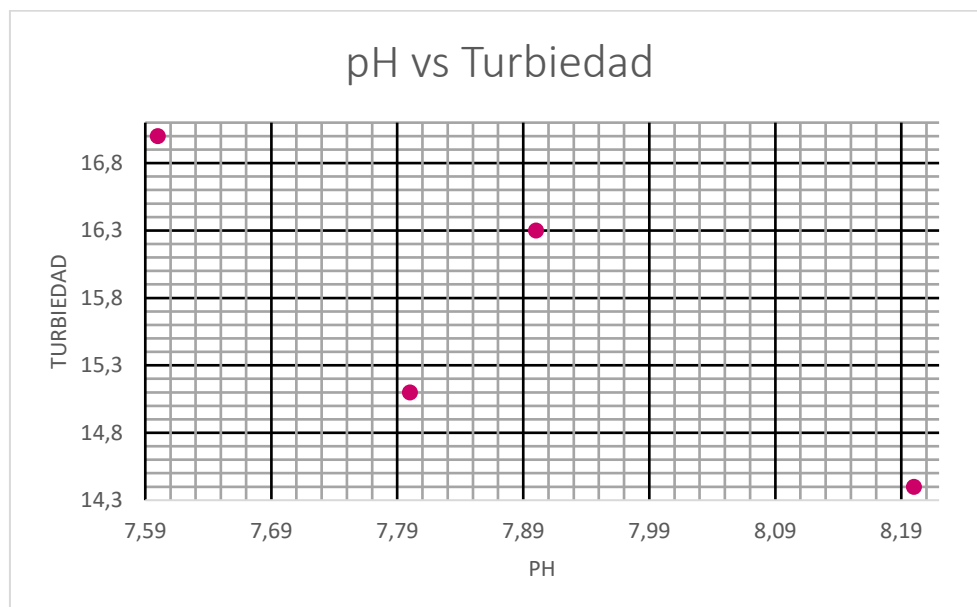
TABLA 15. DATOS DE LABORATORIO 07/06/2021

Muestra	Volumen de $Al_2(SO_4)_3$	Concentración $Al_2(SO_4)_3$	pH inicial	pH ajustado	Rpm rápido 15 min	Rpm lento 5 min	Turbiedad NTU 2 horas	Turbiedad NTU 18 horas
5	0,04	400	3,1	7,6	80	30	17	3,2
6	0,04	400	3,1	8,2	80	30	14,4	3
7	0,04	400	3,1	7,8	80	30	15,1	2,9

Fuente: Elaboración propia.

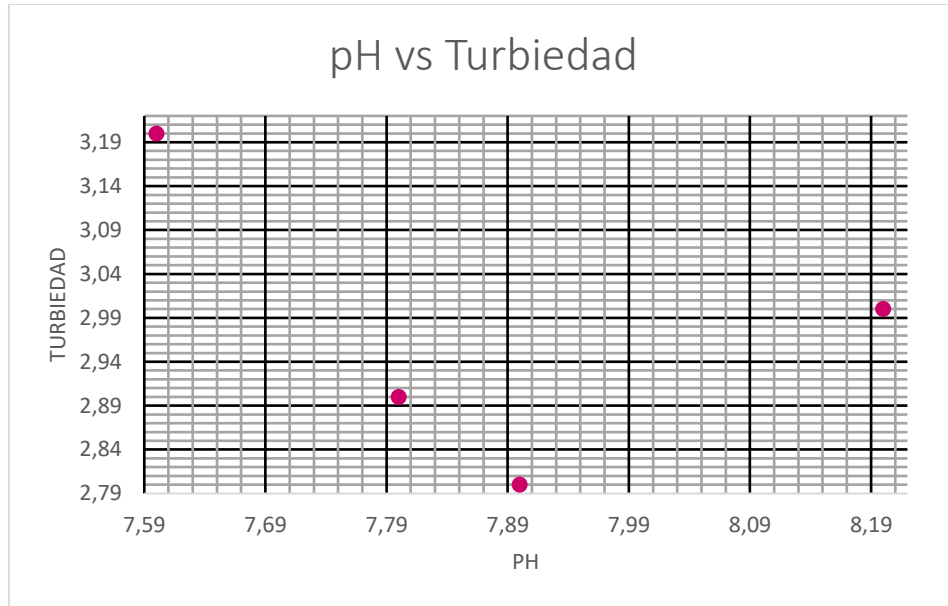
Para la **tabla N° 15** se trabajó con un volumen de la muestra de 1000 ml con una concentración de 400 ppm de sulfato de aluminio, pH ajustado, con una velocidad de agitación rápida de 80 rpm durante 15 minutos y una agitación lenta de 30 rpm durante 5 minutos, se tomó dos muestras del sedimentado una después de 2 horas y la otra después de 18 horas y se determinó la turbiedad 14,4 NTU y 2,8 NTU respectivamente.

GRAFICA N°9. PH VS TURBIEDAD CON 2 HORAS DE SEDIMENTACIÓN



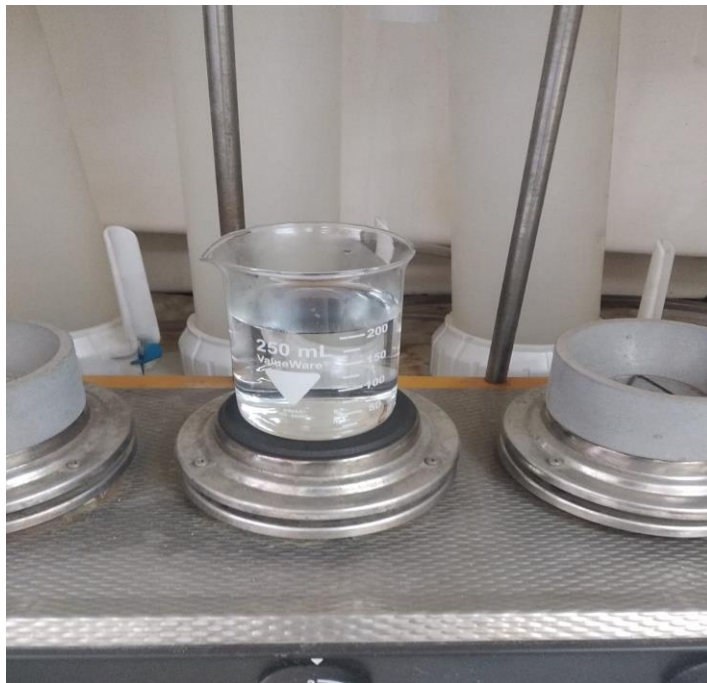
Fuente: Elaboración propia.

GRAFICA N°10. PH VS TURBIEDAD CON 18 HORAS DE SEDIMENTACIÓN



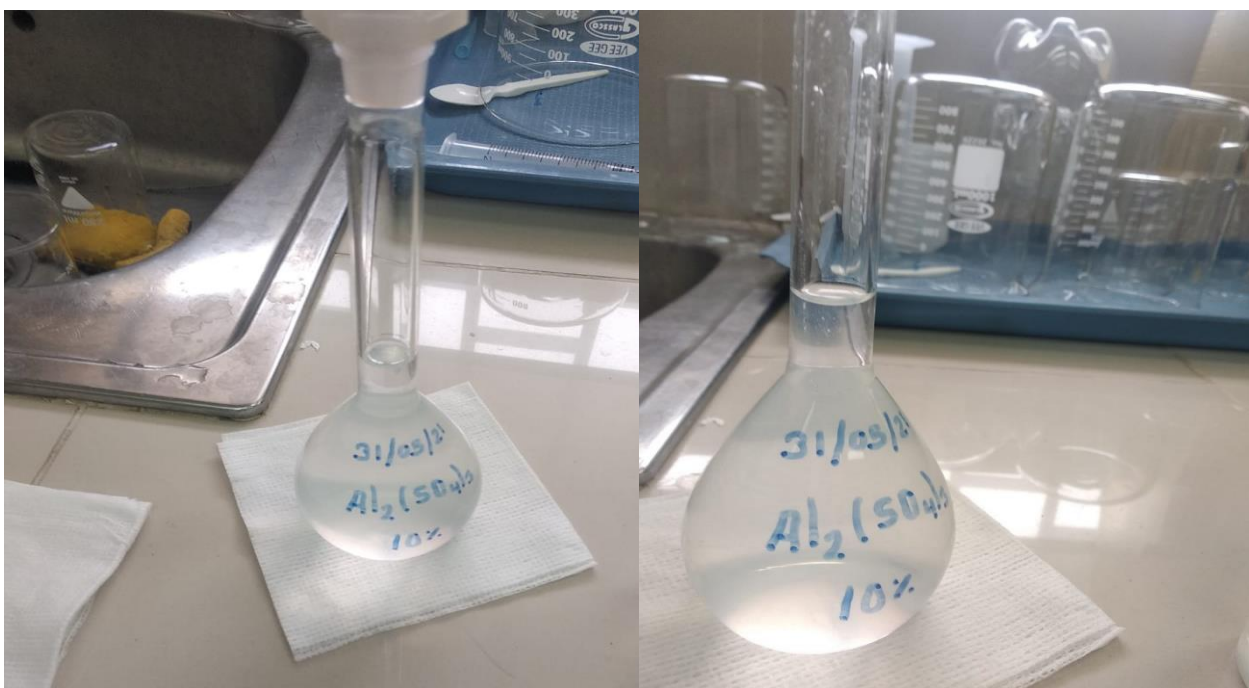
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8 Preparación de la solución de NaOH



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 9 Preparación de la solución de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 10 Muestra del agua residual.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 11 Ajuste de pH.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 12 Incorporación del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 13 Sedimentación en conos imhof.



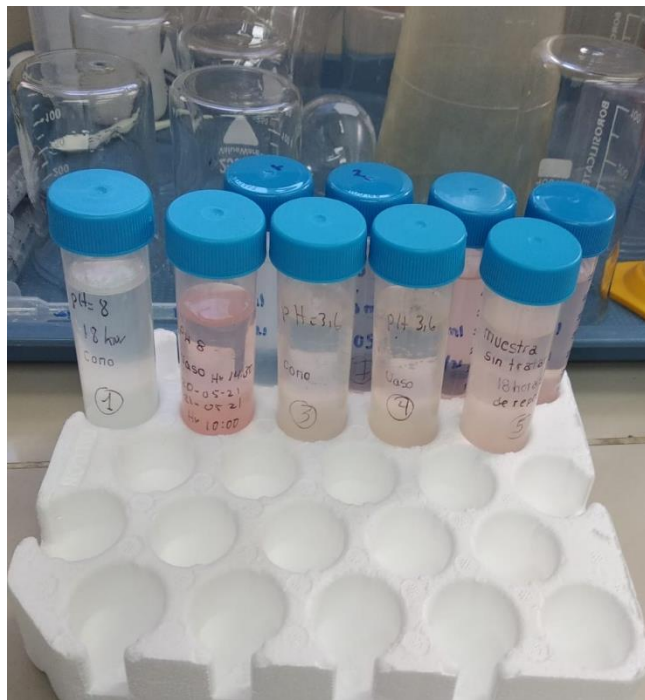
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 14 Toma de muestra para análisis de turbiedad.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 15 Muestras para análisis de turbiedad.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 16 Análisis de turbiedad.



Fuente: Elaboración propia.

Durante el procedimiento de prueba de jarras, se determinó la cantidad adecuada de coagulante y floculante, del mismo modo las velocidades adecuadas para las mismas: el mejor resultado se muestra en la tabla N° 16.

TABLA 16. DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

Parámetro	
Concentración de $Al_2(SO_4)_3$	400 PPM
Agitación rápida	60 rpm
Agitación lenta	30 rpm
Turbiedad	2,7 NTU
Tiempo de sedimentación	2 horas
Soda para ajustar pH	0,22 ppm

Fuente: Elaboración propia.

3.7 COSTO DE INSUMOS NECESARIOS

Con los datos de la tabla 17 donde se muestra la dosis adecuada para el sulfato de aluminio (400 PPM) y para el ajuste de pH (soda cáustica de 0,22 ppm), se elabora la tabla N°18 donde se muestran las cantidades a utilizar de los reactivos mencionados mensualmente y anualmente.

TABLA 17. DOSIS USADO ANUALMENTE DE SODA Y SULFATO DE ALUMINIO.

Reactivo	Presentación	Dosis Mensual	Dosis anual
Sulfato de aluminio	25 Kg	10,12 Kg	121,44 Kg
soda caustica	25 Kg	11 Kg	132 Kg

Fuente: Elaboración propia.

COSTO DEL SULFATO DE ALUMINIO

$$9,6 \frac{\text{Bs}}{\text{Kg}} \times \frac{10,12 \text{ Kg}}{\text{mes}} = 97,15 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

$$97,15 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 1165,82 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

COSTO DE LA SODA CAUSTICA

$$11 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} \times \frac{35 \text{ Bs}}{\text{Kg}} = 385 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

$$385 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 4620 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

COSTO ENERGÉTICO

$$\text{costo Mensual} \left(\frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right) = C \left(\frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right) \times T_{op} \times \left(\frac{\text{h}}{\text{mes}} \right) \times V \left(\frac{\text{Bs}}{\text{Kw}} \right)$$

C: consumo dado en Kw/h

T_{op} : Tiempo de operación h/mes

V: Valor de $\left(\text{Kw}/\text{h} \right)$ (0,25 Bs)

Datos

$$C = 35 \frac{\text{Kw}}{\text{h}}$$

$$T_{op} = 1 \frac{\text{h}}{\text{dia}}$$

$$V = 0,25 \frac{\text{Bs}}{\text{Kw}}$$

$$\text{costo Mensual} \left(\frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right) = 35 \left(\frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right) \times 22 \times \left(\frac{\text{h}}{\text{mes}} \right) \times 0,25 \left(\frac{\text{Bs}}{\text{Kw}} \right)$$

$$\text{costo Mensual} = 192,5 \left(\frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right)$$

$$192,5 \left(\frac{\text{Bs}}{\text{mes}} \right) * \frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} = 2310 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

TABLA 18. COSTO TOTAL DE LOS INSUMOS

		Costo Bs/mes	Costo Bs/año
Insumos Químicos	sulfato de aluminio	97,15	1165,82
	soda caustica	385	4620
Insumo Energéticos		192,5	2310
Costo total		674,65	6016,82

Fuente: Elaboración propia.

3.8 PRUEBA FINAL UTILIZANDO LOS EQUIPOS DISEÑADOS, Y LAS DOSIS OPTIMAS DE REACTIVOS QUIMICOS.

Se realizó la corrida correspondiente, los resultados obtenidos, se muestran en la siguiente tabla, comparando con los valores exigidos en el RASIM (ver anexo 2 anexo 7 y anexo 10).

TABLA 19. COMPARACION CON EL RASIM

Análisis fisicoquímico.	Inicial		Final		RASIM
	DQO	6570 mg de O ₂ /litro	DQO	240 mg de O ₂ /litro	250 mg de O ₂ /litro
DBO	4563 mg de O ₂ /litro	DBO	75 mg de O ₂ /litro	80 mg de O ₂ /litro	
Sólidos totales	82 mg/litro	Sólidos totales	< 2,5 mg/litro	60 mg/litro	
Aceites y grasas	14.1 mg/litro	Aceites y grasas	7,5 mg/litro	10 mg/litro	
pH	4,5	pH	4	6 - 9	

Los resultados obtenidos, se enmarcan con lo exigido en el RASIM.

3.9 ELECTROCOAGULACIÓN

En vista de que, por motivos económicos, la empresa no pudo conseguir las enzimas, para el tratamiento correspondiente, se procedió a investigar el proceso de electrocoagulación, que consiste en la elaboración de un reactor tipo Bach a escala prototipo con capacidad de 1,5 litros.

Cuenta con un reactor tipo Bach, donde están sumergidos 6 placas de aluminio, puestas en paralelo de forma bipolar, conectada a una fuente de alimentación.

El proceso de electrocoagulación, ocurre en tres zonas:

Zona de flotación: depósito de lodos, lodos menos densos y espumas.

Zona de reacción: donde ocurre la reacción de oxidación y reducción.

Zona de sedimentación: donde se depositan los lodos sedimentados, o lodos más densos.

$$\text{numero de electrodos} = \frac{\text{ancho de celda} - (2 \times \text{dist. electrodos a cara lateral})}{\text{dist. maxima entre electrodos} + \text{espesor de electrodos}}$$

$$\text{numero de electrodos} = \frac{140 - (2 \times 20)}{14 + 2,5}$$

$$\text{numero de electrodos} = \frac{100 \text{ mm}}{16,5 \text{ mm}}$$

$$\text{numero de electrodos} = 6,00$$

FIGURA 17 Reactor tipo Bach



Fuente: elaboración propia.

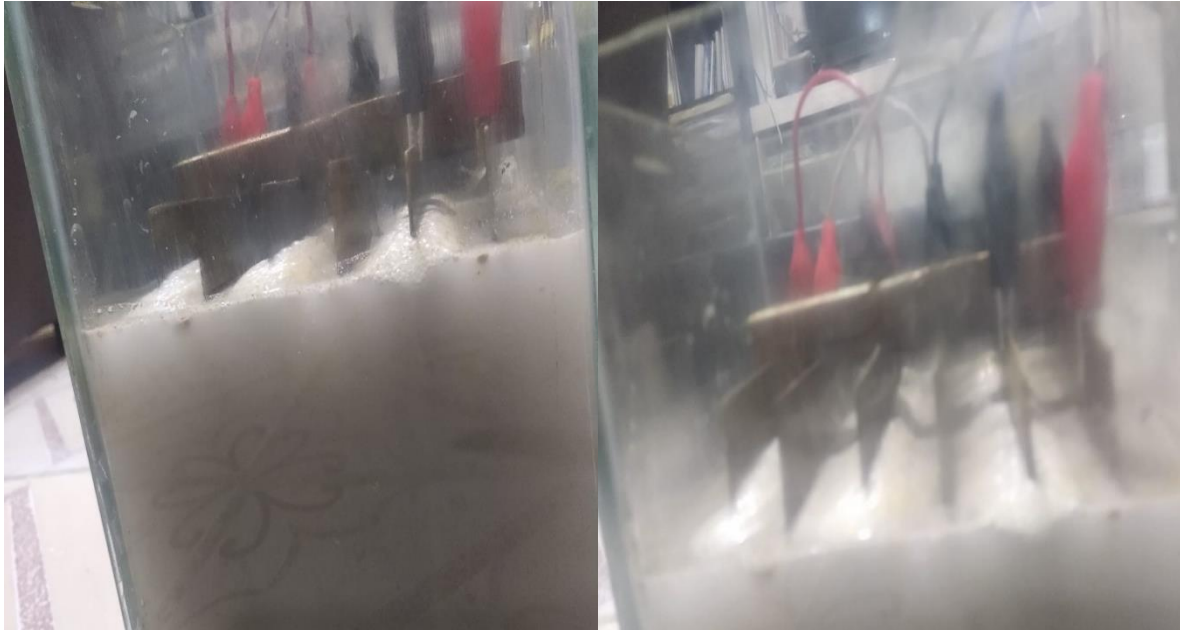
A continuación, en la tabla N 20. se muestra los parámetros con los que trabajamos:

TABLA 20. VALORES DE LOS PARAMETROS AREA VOLTAJE Y AMPERAJE

Área de los electrodos (m ²)	Voltaje estimado (voltios)	Amperaje estimado (Amperaje)
1,08	12	≈5

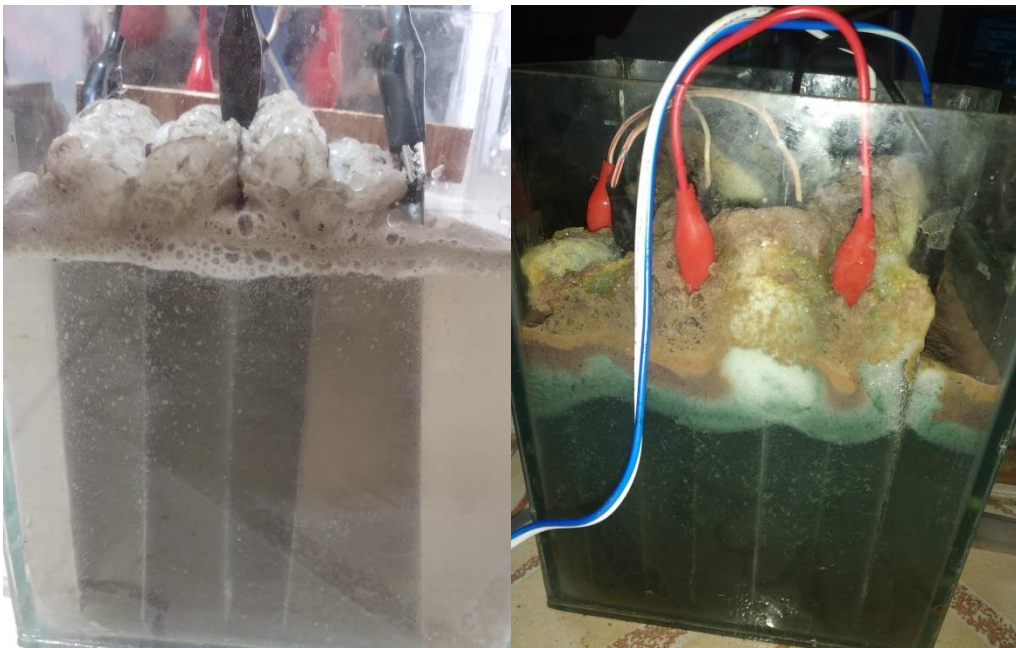
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 18 Muestra inicio del proceso.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 19 Formación de coagulante en la fase acuosa



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 20 Muestra clara, después del proceso de electrocoagulación



Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis organoléptico, donde se evidenció que el color y olor disminuyeron considerablemente, porque inicialmente el olor que tenía era el de la leche; también se llevó el análisis a laboratorio, donde se verificó, que efectivamente disminuyó la cantidad de carga orgánica (Ver anexo 5).

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES



4. 1 CONCLUSIONES

4. 1 CONCLUSIONES

- Se realizó el correspondiente monitoreo y estudio en la planta de tratamiento de aguas residuales, de industria INAL PANDA y, se determinó que la planta realizaba un tratamiento anaerobio, tratamiento que para nuestras condiciones de altura y temperatura no son muy recomendables dado que, a cierta temperatura los microorganismos no cumplen con la función que se espera.
- Se realizó la caracterización de las aguas residuales de la industria INAL PANDA, donde se determinó el tipo de muestra (compuesta), caudal promedio y análisis fisicoquímico. VER ANEXO 2 Y ANEXO 7.

Tipo de muestra.	Muestra compuesta			
Caudal promedio.	1256,57 litros/hora			
Análisis fisicoquímico.	Inicial		Final	
	DQO	6760 mg de O ₂ /litro	DQO	240 mg de O ₂ /litro
	DBO	4725 mg de O ₂ /litro	DBO	75 mg de O ₂ /litro
	Sólidos totales	828 mg/litro	Sólidos totales	< 2,5 mg/litro
	Aceites y grasas	13 mg/litro	Aceites y grasas	7,5 mg/litro
	pH	4,5	pH	4

- Para realizar el mejoramiento del pretratamiento se tomó una muestra al inicio y a la salida de la trampa de grasas, observándose que los valores obtenidos en laboratorio para la trampa de grasas son similares, entonces se realizó un nuevo diseño para la trampa de grasas. VER ANEXO 3.

Análisis fisicoquímico.	Inicio		Salida	
	DQO	6760 mg de O ₂ /litro	DQO	6570 mg de O ₂ /litro
	DBO	4725 mg de O ₂ /litro	DBO	4563 mg de O ₂ /litro
	Sólidos totales	828 mg/litro	Sólidos totales	82 mg/litro
	Aceites y grasas	13 mg/litro	Aceites y grasas	14.1 mg/litro
	pH	4,5	pH	4,5

debido a que las rejas rejillas estaban deterioradas, se procedió también al diseño de unas nuevas rejas rejillas.

- Se utilizó un filtro de arena de 104 cm de profundidad aproximadamente, con un diámetro de 45,4 cm; por cada 0,044 m³ de descarga se utiliza 73,88 Kg de grava; y por cada 0,097 m³ de descarga, se utiliza 141,81 Kg de arena; el material que se utilizó es de los lechos de los ríos aledaños, el tamaño de partícula promedio es de 0,35 mm a 0,85 mm.

Para el filtro de carbón activado por cada 0,102 m³ de descarga se utilizó 90,08 Kg de carbón activado; la renovación de carbón activado (saturación), se determinó en forma cualitativa visual, debido a que no existe un método específico para cargas orgánicas. En ese sentido, se determinó renovar todo el lecho del filtro de carbón activado, obteniéndose mejores resultados en el efluente, eso quiere decir que se debe realizar análisis periódicos de la descarga, para definir el cambio del lecho de carbón activado, en un determinado lapso de tiempo.

- Para desechar el carbón activado y la arena se sigue, el Reglamento Nacional de Control de Desechos Peligrosos (RNCDP), que es una norma jurídica publicada por el Ministerio de Ambiente y desarrollada por la Dirección General de Protección Ambiental. Este reglamento, establece los lineamientos y criterios para el manejo, control y disposición final de los Desechos Peligrosos, a fin de prevenir los daños a la salud humana y al medioambiente.

- Se estudió una alternativa denominada electrocoagulación, cuyos resultados muestran una reducción considerable en la cantidad referente a los parámetros de DBO y DQO, cuyos valores se muestran en la siguiente tabla. VER ANEXO 5.

Análisis fisicoquímico.	Inicial		Final	
	DQO	6760 mg de O ₂ /litro	DQO	2677 mg de O ₂ /litro
	DBO	4725 mg de O ₂ /litro	DBO	1869mg de O ₂ /litro
	Sólidos totales	828 mg/litro	Sólidos totales	56 mg/litro
	Aceites y grasas	13 mg/litro	Aceites y grasas	9,8 mg/litro
	pH	4,5	pH	6

Para complementar el estudio se desarrolló la prueba con un coagulante químico (sulfato de aluminio) a las aguas residuales industriales de la empresa, dando los siguientes datos optimizados.

Parámetro	
Concentración de Al₂(SO₄)₃	400 PPM
Agitación rápida	60 rpm
Agitación lenta	30 rpm
Turbiedad	2,7 NTU
Tiempo de sedimentación	≈18 horas
Soda para ajustar pH	0,22 ppm

Estos resultados muestran la eficacia del coagulante en una concentración de 400 ppm, logrando remover los sólidos disueltos hasta 2,7 NTU de una muestra de 46 NTU.

- Referente a los lodos de descarga, se realizó un análisis en laboratorio, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla, permitiéndonos direccionar y profundizar un nuevo estudio debido a que se encontró materias primas nutrientes, para la forestación como abono. VER ANEXO 8.

Parámetros			
Fosforo %	Norma Boliviana NTE INEN 2102:2020	Nitrógeno Total %	Norma Boliviana NTE INEN 2102:2020
0,153 %	0,20 %	5,53 %	(4,5 - 26)%

- Tabla de comparación con la norma del RASIM.

Análisis físicoquímico.	Inicial		Final		Rasim
	DQO	6570 mg de O ₂ /litro	DQO	240 mg de O ₂ /litro	250 mg de O ₂ /litro
	DBO	4563 mg de O ₂ /litro	DBO	75 mg de O ₂ /litro	80 mg de O ₂ /litro
	Sólidos totales	82 mg/litro	Sólidos totales	< 2,5 mg/litro	60 mg/litro
	Aceites y grasas	14.1 mg/litro	Aceites y grasas	7,5 mg/litro	10 mg/litro
	pH	4,5	pH	4	6 - 9

Esta tabla nos indica, los parámetros iniciales del tratamiento de aguas de descarga (análisis antes de realizar el trabajo dirigido) y el obtenido después de, rediseñar las rejillas y trampa de grasas, así también, el cambio del lecho profundo de carbón activado y de lecho profundo grava y arena. Como podemos observar, los datos finales están debajo del límite permitido, que establece la norma del RASIM. VER ANEXO 2 (INICIO), ANEXO 7 (FINAL) Y ANEXO 10 (anexo 13-C del RASIM).

- El análisis de costo por metro cúbico de descarga tratada, muestra el siguiente cuadro resumen.

		Costo Bs/mes	Costo Bs/año
Insumos químicos	sulfato de aluminio	97,15	1165,82
	soda cáustica	385	4620
Insumo energéticos		192,5	2310
Personal		2250	27000
Costo total		2924,65	35095,82
Costo total Bs/ m ³		18,99	

- Las aguas servidas o aquellas aguas que ya fueron tratadas, darle nuevamente otro uso, es muy importante para cuidar el agua en el planeta, ya que de un 97% de agua en el planeta, solo un 0,007% es agua dulce. Las plantas de raíz profunda y de corta raíz requieren nutrientes o materia orgánica para su absorción, y este tipo de aguas tratadas, se puede utilizar para riego.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda limpiar las rejas rejillas, cada hora para que no exista obstrucción de las mismas y que ellas cumplan con la función para las que fueron diseñadas.
- En los filtros de lecho profundo, se recomienda cambiar dos veces por año la carga de éstos y, al filtro de carbón activado realizar el retro lavado correspondiente cada 6 meses; se recomienda utilizar carbón activado granular que tiene con una gran capacidad de absorción (tiene mayor capacidad de retención de sólido en suspensión entre los poros).
- Realizar un mayor estudio a los lodos de descarga, debido a que el contenido en nitrógeno y fósforo en cantidades elevadas, y se podría elaborar un abono muy enriquecido para las plantas, ya sea de raíz profunda o de raíz corta.
- Para estudios posteriores se recomienda utilizar otras alternativas, como tratamiento de lecho profundo, tratamientos aerobios, y tratamientos aerobios.

CAPITULO V

ANEXOS



Anexo 1. MÉTODOS DE MUESTREO DE AGUAS

5.1.1 TIPOS DE MUESTREO

Los tipos de muestras más comunes son puntual, compuesta e integrada.

5.1.1.1 MUESTRA PUNTUAL

Se considera como muestra puntual cuando cumple con los siguientes pasos:

- Las descargas de agua residual son intermitentes.
- La composición del agua residual es constante durante un periodo de tiempo.
- El agua residual presenta variaciones en su composición, caudal, etc. Con el tiempo y espacio.

5.1.1.2 MUESTRA COMPUESTA

La muestra compuesta presenta una variabilidad, se toma muestras pequeñas e individuales en relación proporcional al tiempo o al flujo.

- Según el flujo: tomando muestras de igual volumen, pero a intervalos de tiempo que son inversamente proporcionales al caudal de la corriente, es decir que, a mayor caudal de la corriente, menor los intervalos de tiempo de muestreo y viceversa
- Según el tiempo: se toman las muestras a intervalos de tiempo constantes, pero al volumen de la muestra es proporcional al caudal de la corriente.

El volumen mínimo a recolectar para ambos casos es 2 litros, y las muestras individuales aproximadamente tendrían que ser de 200 ml.

5.1.1.3 MUESTRA INTEGRADA

La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomada de diferentes puntos de manera simultánea, o lo más cerca posible.

5.2 MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL FOSFORO Y NITRÓGENO TOTAL

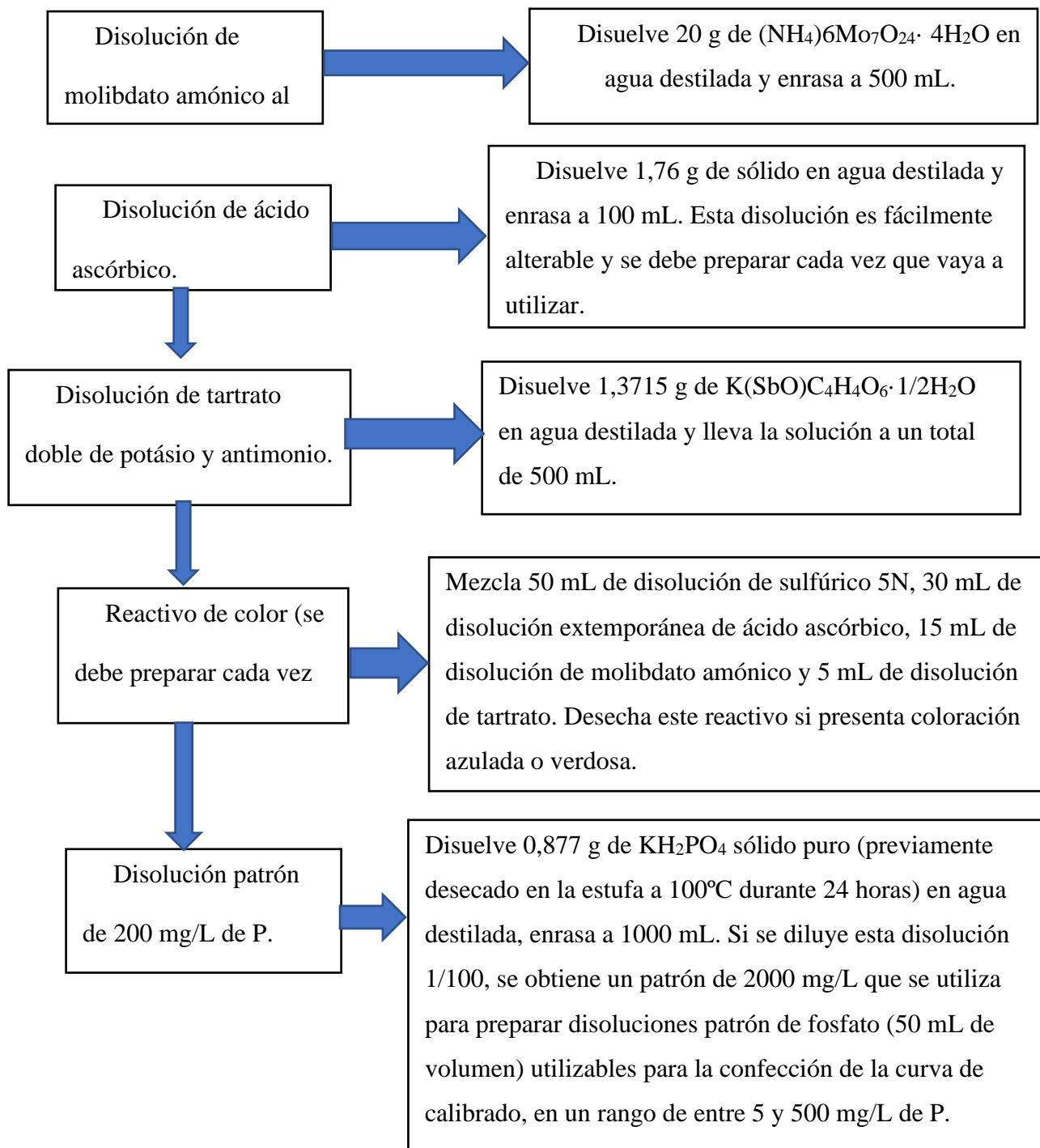
5.2.1 DETERMINACIÓN DE FOSFORO MÉTODO COLORIMETRÍA

DETERMINACIÓN DE FOSFATOS POR COLORIMETRÍA (MÉTODO AZUL DEL ÁCIDO ASCÓRBICO).

Este método se aplica a la determinación de P inorgánico u ortofosfatos. Se basa en la reacción en medio ácido entre el anión fosfato y el molibdato amónico en presencia de tartrato de K y Sb, para generar ácido fosfomolibdico el cual es reducido mediante ácido ascórbico generando una coloración azul debida al Mo y susceptible de determinación colorimétrica.

Materiales y Reactivos

- Espectrofotómetro o colorímetro equipado para lecturas en zona infrarroja a 880 nm con cubetas de 2 cm de paso óptico.
- Material de vidrio de laboratorio y en especial, matraces aforados de 100 ml.
- Disolución de H₂SO₄.



Procedimiento

- ✓ Pipetea 50 mL de muestra problema previamente centrifugada durante cinco minutos a 5000 rpm y vierte el contenido en un tubo de Nessler. Si se va a operar con la disolución patrón, añade el contenido del matraz aforado de 100 mL a un tubo de Nessler. Debes realizar juntamente con los patrones y las muestras un blanco de patrones y uno de muestras.
- ✓ Si el agua se colorea con fenolftaleína ($\text{pH} > 8,3$) neutraliza con algunas gotas de ácido sulfúrico. 5N.
- ✓ Añade 8 mL de reactivo de color, tapa y agita el tubo tres veces.
- ✓ Espera 20 minutos para que reaccione y se desarrolle el color.
- ✓ Efectúa las lecturas en el espectrofotómetro. Una vez que obtienes las lecturas de transmitancia de patrones y muestras, construye la curva de calibrado.

5.2.2 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO MÉTODO KJELDAHL

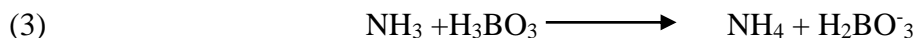
En los análisis de rutina se suele determinar el contenido de nitrógeno total y expresar el conjunto de sustancias nitrogenadas como “% de nitrógeno total”. En 1883 el investigador danés Johann Kjeldahl desarrolló el método más usado en la actualidad para el análisis de proteínas (método Kjeldahl) mediante la determinación del nitrógeno orgánico. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El nitrógeno orgánico total se convierte mediante esta digestión en sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente. El amoníaco liberado es arrastrado por destilación y recogido en una solución de ácido bórico. Los

aniones del borato así formado se titulan con HCl estandarizado para determinar el nitrógeno contenido en la muestra. Las etapas generales del método son:

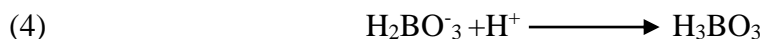
A). DIGESTIÓN: se lleva a cabo con H₂SO₄ en presencia de un catalizador y calor:



B). NEUTRALIZACIÓN Y DESTILACIÓN: neutralización del (NH₄)₂SO₄ digerido con una base fuerte (disolución de NaOH, 35%) seguida de una destilación sobre un volumen conocido de un ácido fuerte (disolución de ácido bórico al 4%):



C). VALORACIÓN: El anión borato (proporcional a la cantidad de nitrógeno) es titulado con HCl estandarizado:



REACTIVOS Y MATERIAL

- Ácido Sulfúrico 95-98%
- NaOH, solución 35%
- Indicador mixto, especial para titulaciones de amoníaco
- Catalizador Kjeldahl
- Ácido bórico, solución al 4%
- HCl 0,31 N
- Unidad digestora (Bloc-Digest)

- Colector/Extractor de humos
- Destilador Pro-Nitro I ó II
- Bureta para valoración

PROCEDIMIENTO:

A) Digestión: Pesar 1 g de muestra perfectamente molida y homogeneizada e introducirlo en un tubo de digestión. Añadir al tubo con muestra 5 g de catalizador Kjeldahl (1 pastillas), 10mL de ácido sulfúrico al 95-98%. Colocar los tubos de digestión con las muestras en el Bloc-digest con el colector de humos funcionando. Realizar la digestión a una temperatura de 400°C y un tiempo de 30 minutos. Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente. Dosificar lentamente 50 ml de agua destilada en cada tubo de muestra (con cuidado y dejando caer el agua lentamente por las paredes del tubo). Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente durante 5 minutos.

B) Neutralización y destilación: Añadir 25 mL de ácido bórico en un matraz erlenmeyer de 250 mL y 2 o 3 gotas de indicador mixto. Colocar el erlenmeyer en la alargadera del refrigerante teniendo la precaución de que ésta quede sumergida dentro de la disolución de ácido bórico. Colocar el tubo con la muestra en el lado izdo del destilador. Una vez colocados el tubo de muestra y el erlenmeyer con el ácido bórico, dosificar unos 40mL de NaOH (indicar en el equipo la cantidad de NaOH) e iniciar la destilación. La destilación debe prolongarse el tiempo suficiente para que se destilen un mínimo de 150 mL, aproximadamente de 5 a 10 minutos.

c) Valoración: Valorar con ácido clorhídrico 0,31N el destilado obtenido, hasta que la solución vire de verde a violeta.

Calcular el % de Nitrógeno =

$$\%N = \frac{1.4 \times (v_1 - v_0) \times N}{P}$$


P = Peso en g de la muestra

v₁ = Volumen de HCl consumido en la valoración (ml)

N = Normalidad del HCl

v₀ = Volumen de HCl consumido en la valoración de un blanco (ml)

Anexo 2. INFROME DE ENSAYO INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO.

	INFORME DE ENSAYO			
	F01-L7.8	FE: 2020-09-11	Versión: 6	Nº:031-2021

CLIENTE: Delma Janeth Catacora Achillo
SOLICITANTE: Delma Janeth Catacora Achillo
DIRECCIÓN DEL CLIENTE: No indica
***PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** Zona Concepción Nro 777 Lado Surtidor Altamirano
***PUNTO DE MUESTREO:** Tanque Homogenizado
RESPONSABLE DE MUESTREO: Muestra traída por el cliente
***TIPO DE MUESTRA:** Muestra simple
Nº DE MUESTRAS: Una muestra tomada en envase de vidrio con capacidad de 750 mL.
***FECHA DE MUESTREO:** 2021-02-11
***HORA DE MUESTREO:** 13h40m
FECHA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO: 2021-02-11
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS: 2021-02-12
FECHA DE EMISIÓN: 2021-02-22

RESULTADOS:

Nº	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
1	Sólidos Suspendidos Totales	SM-2540 D	mg/L	828
2	Demanda Química de Oxígeno	HACH-8000	mg/L	6760
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno	HACH-BODTrack™ II	mg/L	4725
4	Aceites y Grasas	SM-5520 B	mg/L	13

REFERENCIAS:

SM STANDARD METHODS- Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF
 HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK

OBSERVACIONES:

Código de cotización: COT-CIALAB-027-2021
 Matriz: Agua residual
 Personal de muestreo: Muestra traída por el cliente
 Muestra analizada sin filtrar.





 Ing. Rosalva Mónica Machicao Alarcón
 GERENTE GENERAL


Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/ entregadas por el interesado. Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bienes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s) CIALAB no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída. CIALAB solo reconoce como válidos, informes de ensayo emitido en soporte físico, con el debido sello y firma correspondiente.

Zona Miraflores Calle Claudio Sanjines esq. República Dominicana N° 1697 Teléfonos: 2249 108, e-mail: monicamachicao@ciabol.com, efrainbonifaz@ciabol.com, katherinemarin@ciabol.com.

Anexo 3. SEGUNDO INFORME DE ENSAYO INICIO DEL TRABAJO DIRIGIDO.

	INFORME DE ENSAYO		
	F01-L7.8	FE: 2021-12-08	Versión: 7

*CLIENTE:	Delma Janeth Catacora Achillo
SOLICITANTE:	Delma Janeth Catacora Achillo
*DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	No Indica
*PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Zona concepción Nº 777 lado surtidor Altamirano
*PUNTO DE MUESTREO:	Muestra 3
RESPONSABLE DE MUESTREO:	Muestra traída por el cliente.
*TIPO DE MUESTRA:	Muestra simple
Nº DE MUESTRAS:	Muestra tomada en envase de plástico de 1000 mL
*FECHA DE MUESTREO:	2021-12-01
*HORA DE MUESTREO:	No indica
FECHA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO:	2021-12-02
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS:	2021-12-02
FECHA DE EMISIÓN:	2021-12-09



RESULTADOS:

Nº	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
1	pH	SM-4500-H+B	Unidades de pH	6,0
2	Sólidos Suspendidos Totales	SM-2540 D	mg/L	80
3	Demanda Química de Oxígeno	HACH-8000	mg/L	6570
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno	HACH-BODTrack™ II	mg/L	4564
5	Aceites y Grasas	SM- 5520 B	mg/L	4,1

Información proporcionada por el cliente.

REFERENCIAS:

SM STANDARD METHODS- Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF
HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK

OBSERVACIONES:

Código de colización: COT-CIALAB-289-2021
Matriz: Agua residual
Personal de muestreo: Muestra traída por el cliente.


 Ing. Rosalva Mónica Machicao Alarcón
 GERENTE GENERAL


Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/ entregadas por el interesado. Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bienes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s). CIALAB no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída o por la información proporcionada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.

CIALAB reconoce como válidos, informes de ensayo emitido en soporte físico o en soporte digital, con el debido sello y firma correspondiente.

Zona Miraflores Calle Claudio Sanjines esq. República Dominicana Nº 1697 Teléfonos: 2249 108, e-mail: monicamachicao@ciabol.com, efrainbonifaz@ciabol.com, katherinemarin@ciabol.com.

Anexo 4. INFORME DE ENSAYO DESPUES DE LA TRAMPA DE GRASAS.

	INFORME DE ENSAYO		
	F01-L7.8	FE: 2020-09-11	Versión: 6 N°:032-2021

CLIENTE: Delma Janeth Catacora Achillo
SOLICITANTE: Delma Janeth Catacora Achillo
DIRECCIÓN DEL CLIENTE: No indica
***PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** Zona Concepción Nro 777 Lado Surtidor Altamirano
***PUNTO DE MUESTREO:** Tanque Floculado
RESPONSABLE DE MUESTREO: Muestra traída por el cliente
***TIPO DE MUESTRA:** Muestra simple
N° DE MUESTRAS: Una muestra tomada en envase de vidrio con capacidad de 750 mL.
***FECHA DE MUESTREO:** 2021-02-11
***HORA DE MUESTREO:** 14h30m
FECHA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO: 2021-02-11
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS: 2021-02-12
FECHA DE EMISIÓN: 2021-02-22

RESULTADOS:

N°	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
1	Sólidos Suspendidos Totales	SM-2540 D	mg/L	9
2	Demanda Química de Oxígeno	HACH-8000	mg/L	3823
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno	HACH-BODTrack™ II	mg/L	2578
4	Aceites y Grasas	SM-5520 B	mg/L	5,2

REFERENCIAS:

SM STANDARD METHODS- Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF
 HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK

OBSERVACIONES:

Código de cotización: COT-CIALAB-027-2021
 Matriz: Agua residual
 Personal de muestreo: Muestra traída por el cliente
 Muestra filtrada previo su análisis.





 Ing. Rosana Mónica Machicao Asarón
 GERENTE GENERAL


Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/ entregadas por el interesado. Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bñenes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s) CIALAB no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída. CIALAB solo reconoce como válidos, informes de ensayo emitido en soporte físico, con el debido sello y firma correspondiente.

Zona Mitradores Calle Claudio Sanjinés esq. República Dominicana N° 1697 Teléfonos: 2249 108, e-mail: monicamachicao@ciabol.com, efrainbonifaz@ciabol.com, katherinemarin@ciabol.com.

Anexo 5. INFORME DE ENSAYO ELECTROCUAGULACION.

	INFORME DE ENSAYO		
	F01-L7.8	FE: 2021-12-08	Versión: 7 N°: 406-2021

*CLIENTE:	Delma Catacora Achillo
SOLICITANTE:	Delma Catacora Achillo
*DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	No indica
*PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Zona concepción N° 777 lado surtidor Altamirano
*PUNTO DE MUESTREO:	Muestra 2
RESPONSABLE DE MUESTREO:	Muestra traída por el cliente.
*TIPO DE MUESTRA:	Muestra simple
N° DE MUESTRAS:	Muestra tomada en envase de plástico de 1000 mL
*FECHA DE MUESTREO:	2021-12-01
*HORA DE MUESTREO:	No indica
FECHA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO:	2021-12-02
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS:	2021-12-02
FECHA DE EMISIÓN:	2021-12-09



RESULTADOS:

N°	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
1	pH	SM-4500-H+B	Unidades de pH	6,0
2	Sólidos Suspendidos Totales	SM-2540 D	mg/L	56
3	Demanda Química de Oxígeno	HACH-8000	mg/L	2677
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno	HACH-BODTrack™ II	mg/L	1869
5	Aceltes y Grasas	SM- 5520 B	mg/L	9,8

*Información proporcionada por el cliente.

REFERENCIAS:
SM STANDARD METHODS- Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF
HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK



OBSERVACIONES:
Código de cotización: COT-CIALAB-289-2021
Matriz: Agua residual
Personal de muestreo: Muestra traída por el cliente.


 Ing. Rosalva Mónica Machicao Avelar
 GERENTE GENERAL


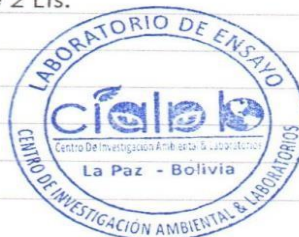
Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/ entregadas por el interesado. Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bienes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s). CIALAB no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída o por la información proporcionada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
CIALAB reconoce como válidos, informes de ensayo emitido en soporte físico o en soporte digital, con el debido sello y firma correspondiente.

Zona Miraflores Calle Claudio Sanjines esq. República Dominicana N° 1697 Teléfonos: 2249 108. e-mail: monicamachicao@ciabol.com, efrainbonifaz@ciabol.com, katherinemarin@ciabol.com.

Anexo 6. INFORME DE ENSAYO FINAL

		INFORME DE ENSAYO- ACREDITADO			
		F02-L7.8	FE: 2022-07-08	Versión: 5	Nº: 124-2022

CLIENTE:	Delma Janeth Catacora Achillo
SOLICITANTE:	Delma Janeth Catacora Achillo
*DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	No indica
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Zona concepción N° 777 lado surtidor Altamirano
*PUNTO DE MUESTREO:	Salida del PTAR
TIPO DE MUESTRA:	Muestra simple
Nº DE MUESTRAS:	Una muestra tomada en un envase de plástico con capacidad de 2 Lts.
FECHA DE MUESTREO:	2022-03-25
HORA DE MUESTREO:	16h00m
FECHA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO:	2022-03-25
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS:	2022-03-28
FECHA DE EMISIÓN:	2022-04-06



RESULTADOS:

Nº	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
1	Demanda Química de Oxígeno	HACH-8000	mg O₂/l	240

*Información proporcionada por el cliente.

REFERENCIAS:

SM STANDARD METHODS- Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF
HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK

OBSERVACIONES:

Código de cofización: COT-CIALAB-099-2022

Matriz: Agua Residual

Personal encargado de la toma de muestra: Muestra proporcionada por el cliente.

Muestra analizada en laboratorio.

Personal de análisis: Daniela Péndola – Personal CIALAB

El análisis fue llevado a cabo en instalaciones del laboratorio CIALAB

Incertidumbre: DQO±58 mg/l

La incertidumbre declarada fue estimada con un factor de cobertura de k = 2

Con un nivel de confianza aproximado del 95%


 Ing. Rosarita Mónica Machicao Alarcón
 GERENTE GENERAL


Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/ entregadas por el interesado. Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bienes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s) CIALAB no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída o por la información proporcionada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.

CIALAB solo reconoce como válidos, informes de ensayo emitido en soporte físico, con el debido sello y firma correspondiente.

Laboratorio ACREDITADO por el Organismo Nacional de Acreditación (DTA-IBMETRO) para realizar análisis de pH y Conductividad en aguas superficiales, potables y de mesa. Informe de ensayo emitido dentro de las actividades especificadas en el certificado de acreditación DTA-CET-070. En caso de duda consultar al Organismo Nacional de Acreditación (acreditacion@ibmetro.gov.bo)

Oficina Central y Laboratorio: Calle 31-C, No 20, frente a Plaza Franz Tamayo, Zona Alpacoma, Ciudad Satélite. El Alto. **Sucursal:** Zona Miraflores Calle Claudio Sanjinés esq. República Dominicana N° 1697 Teléfonos: 2813806 - 2249108, e-mail: monicamachicao@ciabol.com, efrainbonifaz@ciabol.com, katherinemarin@ciabol.com.

CLIENTE:	Delma Janeth Catacora Achillo
SOLICITANTE:	Delma Janeth Catacora Achillo
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	No Indica
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Zona concepción N° 777 lado surtidor Altamirano
*PUNTO DE MUESTREO:	Salida del PTAR
RESPONSABLE DE MUESTREO:	Personal CIALAB
*TIPO DE MUESTRA:	Muestra Simple
Nº DE MUESTRAS:	Una muestra tomada en un envase de plástico con capacidad de 2 Lts.
*FECHA DE MUESTREO:	2022-03-25
*HORA DE MUESTREO:	16h00m
FECHA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO:	2022-03-25
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS:	2022-03-28
FECHA DE EMISIÓN:	2022-04-06



RESULTADOS:


Nº	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
1	pH	SM-4500-H+ B	Unidades de pH	4,0
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	HACH-BODTrack™	mg O ₂ /l	75
3	Aceites y Grasas	SM-5520B	mg/l	7,5
4	Sólidos Suspendedos Totales	SM- 2540 D	mg/l	<2,5

*Información proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/ entregadas por el interesado. Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bienes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s). CIALAB no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída o por la información proporcionada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.

CIALAB reconoce únicamente como válidos, informes de ensayo emitido en soporte físico I, con el debido sello y firma correspondiente.

Oficina Central y Laboratorio: Calle 31-C, No 20, frente a Plaza Franz Tamayo, Zona Alpacoma, Ciudad Satélite. El Alto. **Sucursal:** Zona Miraflores Calle Claudio Sanjinés esq. República Dominicana N° 1697 Teléfonos: 2813806 - 2249108. e-mail: monicamachicao@ciabol.com, efrainbonifaz@ciabol.com, katherinemarin@ciabol.com.

	INFORME DE ENSAYO		
	F01-L7.8	FE: 2022-07-08	Versión: 8

REFERENCIAS:

SM STANDARD METHODS- Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF
HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK

OBSERVACIONES:

Código de cotización: COT-CIALAB-099-2022

Matriz: Agua Residual

Personal encargado de la toma de muestra: Muestra traída por el cliente.

La temperatura de la muestra durante la medición de pH fue de 11,5°C




Ing. Rosario Mónica Machicao Alarcón
GERENTE GENERAL


Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/ entregadas por el interesado. Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bienes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s). CIALAB no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída o por la información proporcionada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.

CIALAB reconoce únicamente como válidos, informes de ensayo emitido en soporte físico l, con el debido sello y firma correspondiente.

Oficina Central y Laboratorio: Calle 31-C, No 20, frente a Plaza Franz Tamayo, Zona Alpacoma, Ciudad Satélite. El Alto. **Sucursal:** Zona Miraflores Calle Claudio Sanjinés esq. República Dominicana N° 1697 Teléfonos: 2813806 - 2249108. e-mail: monicamachicao@ciabol.com. efrainbonifaz@ciabol.com. katherinemarin@ciabol.com.

Anexo 7. INFORME DE ENSAYO (LODOS DE DESCARGA)



SGLAB S.R.L. INSPECCION
Y LABORATORIO DE CALIDAD
AV. CHARAÑA #1045
ZONA COSMOS 79
EL ALTO-LA PAZ
TEL. (591-2) 22564876

Pág. 1 de 1

N°REGISTRO FORM

FT-008

INFORME DE ENSAYO

ORDEN N° : 0146-22-MAB

FECHA EMISIÓN: 2022-05-24

CLIENTE : DELMA JANETH CATACORA
DIRECCION : CAMINO A VIACHA , LADISLAO CABRERA
PRODUCTO : LODO SECO
NUESTRA REFERENCIA : 01
SU REFERENCIA : LODO DE CUAGULACIÓN - FLOCULACIÓN
ENSAYOS SOLICITADOS : Fosforo total Nitrogeno total
FECHA DE ENSAYO : 2022-05-12 al 2022-05-24
FECHA RECEPCION LABORATORIO : 2022-05-12

RESULTADOS

ENSAYO	Fosforo total	Nitrogeno total
UNIDADES	mg/ Kg	mg/ Kg
LODO DE CUAGULACIÓN - FLOCULACIÓN	1,53	55,32
Método Ref.	Colorimetría	Kjeldahl

Observaciones:

Muestra proporcionada por el cliente

ADVERTENCIA

- Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de SGLAB solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del cliente si hubiere alguna. La compañía es únicamente responsable ante su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
- Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables serán procesados con el máximo rigor de la ley.
- Los resultados NO constituyen garantía de la representatividad de la muestra del (o los) bienes y estrictamente están relacionadas con la(s) muestra(s). SGLAB NO asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o fuente extraída. Los resultados de los ensayos presentados, se refieren exclusivamente a las muestras enviadas/entregadas por el interesado.
- La muestra o muestras se conservaran por un lapso no mayor a 90 días. Las responsabilidades de la SGLAB se limitan únicamente a la ejecución de estos ensayos dentro de normas técnicas adecuadas.
- SGLAB solo reconoce como válidos Informes de Ensayo emitidos en Soporte Físico con el debido sello en tinta y seco del personal autorizado

110



Sello tinta superpuesto
Gloria M. Mamani C.
COORDINADORA DE LABORATORIO
SGLAB

Sello tinta superpuesto
A. Aguirre
ANALISTA - INSPECTOR
SGLAB

FG-L7 8-01
Versión: 03
Fecha de Emisión: 2021-09-20

Anexo 8. FICHAS TECNICAS DE SODA CAUSTICA Y SULFATO DE ALUMINIO.

FICHA TÉCNICA SODA CAUSTIC 99% ®

NOMBRE DEL PRODUCTO: SODA CÁUSTICA ESCAMAS 99%
SODIUM HYDROXIDE (CAUSTIC SODA) 99% FLAKE.
SINÓNIMOS: HIDRÓXIDO DE SODIO, CÁUSTICO BLANCO; HIDRATO DE SODIO; LEJÍA DE SOSA,
FÓRMULA QUÍMICA: NaOH
RTÉCNICA DESCRIPCIÓN: SÓLIDO BLANCO INODORO EN FORMA DE ESCAMAS

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

APARIENCIA: TERRONES, ESCAMAS O COPOS BLANCOS, INODORO. ABSORBE AGUA Y DIÓXIDO DE CARBONO DEL AIRE.
GRAVEDAD ESPECÍFICA (AGUA=1): 2.13
PUNTO DE EBULLICIÓN (°C): 1390
PUNTO DE FUSIÓN (°C): 318
DENSIDAD RELATIVA DEL VAPOR (AIRE=1): N.R.
PRESIÓN DE VAPOR (MM HG): N.A.
VISCOSIDAD (CP): N.R.
PH: pH (Solución al 5%) 14.
SOLUBILIDAD: SOLUBLE EN AGUA, ALCOHOL Y GLICEROL.

ESPECIFICACIONES

FORMULA:	NaOH
COMPOSIC:	Soda Cáustica 99%
PRESENTATION:	Escamas / Blanco
NaOH	>= 99.0- 96.06
NaCl %	=< 0.02
Na₂CO₃	% ww/w Max 00.40
Na₂Co₂ %	=< 0.4
Fo₂O₃ %	=<0.004
NOMBRE QUIMICO:	Hidróxido de Sodio
CONCENTRACION:	>= 99.0
EMPAQUE:	25 KG SACO EN POLIETILENO ESTIBADO
CAS: 1310-73-2	
NUMERO UN: 1823	
CLASE UN: 8 Sustancia Corrosiva	
IMPORTADO: PURICLOR S.A.S -BUCARAMANGA-COLOMBIA	
LOTE NO DEC-20 FECHA DE VENCIMIENTO 2 AÑOS	



ficha de técnica de la soda caustica en escamas.

Sulfato de Aluminio B Sólido

Ficha Técnica del Producto

Propiedades Químicas (NTC 531 5ª Revisión)

Parámetro	Grado B
Fórmula Química	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14.3H_2O$
Alúmina	15.5% Al_2O_3 min.
Hierro	1.75% Fe_2O_3 máx.
Insolubles	7.0% máx
Basicidad	2% Al_2O_3 min.
Granulometría (US Std.)	
Pasa 4	100%
Pasa 10	90% min
Pasa 100	10% máx

*Fecha de Vencimiento: 6 - 12 meses

1 Este producto satisface las condiciones del sulfato de aluminio grado papel.

Condiciones de Manejo

El producto, empacado en sacos de polipropileno de 25kg y 50kg para los productos grado B), debe ser almacenado en un área seca, protegido de la intemperie.

Por ser moderadamente higroscópico, el Sulfato de Aluminio Sólido debe ser protegido de la humedad mientras se está utilizando con el fin de evitar empastamientos que dificultan su manejo.

El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas.

Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero, por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Se recomienda el uso de guantes, gafas protectoras y mascarillas para evitar inhalar el material fino.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.



ficha técnica del sulfato de aluminio.

Anexo 9. ANEXO 13-C RASIM

ANEXO 13-C

LÍMITES PERMISIBLES PARA DESCARGAS LÍQUIDAS EN mg/l

NORMA - PARÁMETROS	Diaria	Mensual
Cobre	1.0	0.5
Zinc	3.0	1.5
Plomo	0.6	0.3
Cadmio	0.3	0.15
Arsénico	1.0	0.5
Cromo+3	1.0	0.5
Cromo + 6	0.1	0.05
Mercurio	0.002	0.001
Hierro	1.0	0.5
Antimonio	1.0	
Estaño	2.0	1.0
Cianuro Libre	0.2	0.1
pH	6 a 9	6 a 9
Temperatura (*)	+/- 5°C	+/- 5 °C
Compuestos Fenólicos	1.0	0.5
Sólidos disueltos totales		500.0
Sólidos suspendidos totales	60.0	
Colifecales (NMP/100ml)	1000.0	
Aceites y grasas	10.0	
DB05	80.0	
DQ0	250.0	
Amonio como Nitrógeno	4.0	2.0
Sulfuros	2.0	1.0
Nitratos como Nitrógeno		10
Endrín		0.0002
Lindano		0.004
Metoxicloro		0.1
Toxafeno		0.005
Trihalometanos totales		0.1
Plata		0.1
Selenio		0.01

anexo 13 – C del rasim.

BIBLIOGRAFIA

1.2 *Lagunas de estabilización—Bioingeniería*. (s. f.). Recuperado 18 de diciembre de 2022, de <https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-1-sistemas-de-depuracion-de-agua/1-2-lagunas-de-estabilizacion>

3130sp.pdf. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2023, de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf

AGUAS RESIDUALES: CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS. (2018, noviembre 13). *TÉRMINOS Y DEFINICIONES*. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>

Aguas residuales domésticas – PureWater Colombia | Tecnología en Tratamiento de Aguas/. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://purewater.com.co/aguas-residuales-domesticas/>

Barrera, C. E. (2014). *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales*. Reverté. bosscyclid. (2011, noviembre 5). *Tratamiento Terciario. Cyclus ID*. <https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-terciario/>

Carbono orgánico total | Hach | Descripción general de los parámetros del agua. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2022, de <https://es.hach.com/parameters/toc>

Conductividad del Agua. (s. f.). *Experimentos Científicos*. Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://www.experimentoscientificos.es/conductividad/conductividad-del-agua/>

¿Cuánta agua potable hay en la Tierra? (s. f.). Fundación Aquae. Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/>

Dialnet-ContaminacionDeIndustriasLacteas-7435860.pdf. (s. f.).

Digestión anaeróbica: Qué es y qué beneficios tiene | Genia Bioenergy. (s. f.).

<https://geniabioenergy.com/>. Recuperado 11 de mayo de 2022, de <https://geniabioenergy.com/que-es-la-digestion-anaerobica-y-sus-beneficios/>

Etapas del proceso de tratamiento – Tratamiento de Aguas Residuales. (s. f.). Recuperado 11 de

mayo de 2022, de <https://tratamientodeaguasresiduales.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>

Filtro anaerobio de flujo ascendente. (2022). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Filtro_anaerobio_de_flujo_ascendente&oldid=141487211

Filtro Percolador. (s. f.). GEDAR - Tratamiento de Aguas. Recuperado 11 de mayo de 2022, de

<https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/filtros-percoladores.htm>

Flujo Sobre Vertedero Rectangular | PDF | Triángulo | Descarga (hidrología). (s. f.). Scribd.

Recuperado 4 de enero de 2023, de <https://es.scribd.com/document/241834636/FLUJO-SOBRE-VERTEDERO-RECTANGULAR-docx>

GRASASYACEITES.doc. (s. f.).

iAgua, redaccion. (2021, febrero 8). *Según una investigación, el tratamiento de aguas residuales*

en el mundo aumenta al 50% [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/noticias/europa-press/segun-investigacion-tratamiento-aguas-residuales-mundo-aumenta-al-50>

La contaminación de la industria láctea y sus efectos. (2020, julio 1). *La Contaminación*.

<https://lacontaminacion.org/industria-lactea-contaminacion-y-maltrato/>

La importancia del tratamiento de agua | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL. (s. f.).

Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/>

Lagunas. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2022, de <https://www.cec.uchile.cl/~leherrer/BT53A/lagunas/lagunas.htm>

Lodos Activados. (s. f.). *Aeration Industries*. Recuperado 11 de mayo de 2022, de <https://www.aireo2.com/es/aplicaciones/lodos-activados/>

Martínez-Delgadillo, S. A., Morales-Mora, M. A., Rodríguez-Rosales, M. G., & Aguilar-López, R. (2005). Efecto de la temperatura en el desempeño de un sistema biológico de tratamiento de aguas residuales de una industria petroquímica. *Tecnología y ciencias del agua*, 20(4), Art. 4.

metcalf&eddy. (s. f.). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES: Vol. I-II*.

nihonkasetu. (s. f.). DBO y DQO para caracterizar aguas residuales. *Nihon Kasetu Europe / Monitoring & Water Clarification*. Recuperado 5 de mayo de 2022, de <https://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/>

Olor, agua. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3969>

pH ¿Qué es y cómo afecta en el agua? Purificación. (s. f.). *Carbotecnia*. Recuperado 6 de mayo de 2022, de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - PTAR. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2023, de http://www.aaps.gob.bo/index.php?option=com_content&view=article&id=130&Itemid=314

Pretratamientos. (s. f.). *J. Huesa Water Technology - Tratamiento de aguas*. Recuperado 6 de mayo de 2022, de <https://jhuesa.com/tecnologias/pretratamientos>

Prueba de Jarras – ISA. (s. f.). Recuperado 6 de enero de 2023, de <https://isa.ec/prueba-de-jarras/>

¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable? | Higiene Ambiental. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>

Ramón Valencia, J. L., Ramón Valencia, J. A., & Maldonado Bautista, J. O. (2017). SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA EL DISEÑO DE REACTORES DE LODOS ACTIVADOS. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 2(28). <https://doi.org/10.24054/16927257.v28.n28.2016.2468>

Reactor de membranas MBR Archives. (s. f.). Aguas Industriales. Recuperado 11 de mayo de 2022, de <http://aguasindustriales.es/category/reactor-de-membranas-mbr/>

Reactores anaerobios para el tratamiento biológico de aguas. (s. f.). Condorchem Envitech. Recuperado 11 de mayo de 2022, de <https://condorchem.com/es/reactores-anaerobios-aguas-residuales/>

Reactores biológicos secuenciales (SBR): Una tecnología versátil para el tratamiento de aguas residuales industriales – El Agua. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2022, de <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/12/01/53336>

Reutilizar y reducir: En busca de un mejor tratamiento de las aguas residuales en Bolivia. (2020, marzo 19). <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/reutilizar-y-reducir-en-busca-de-un-mejor-tratamiento-de-las-aguas-residuales-en>

Rodríguez-Guerra, A., & Martínez, F. S. (2020). Responsabilidad social y gestión ambiental del agua, solución en la industria de lácteos de Ecuador. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 4(12), 211-230.

Sólidos. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2022, de

<https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2082%20&%20termino=S%F3lidos>

TES-916.pdf. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2023, de

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/21703/TES-916.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. (2020, marzo 16). Condorchem Envitech.

<https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>

Tratamiento de COV, emisiones de compuestos orgánicos volátiles. (2009, abril 15). Condorchem

Envitech. <https://condorchem.com/es/blog/depuracion-de-emisiones-cov/>

Tratamiento primario de aguas residuales | Acuatecnica. (2018, mayo 15). Acuatecnica.

<https://acuatecnica.com/tratamiento-primario-aguas-residuales/>

Tratamiento secundario de aguas residuales | Acuatecnica. (2019, enero 15). Acuatecnica.

<https://acuatecnica.com/tratamiento-secundario-de-aguas-residuales/>

Turbidez. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://www.lenntech.es/turbidez.htm>

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS. (s. f.). 189.

Valdivielso, A. (2020, septiembre 29). *¿Qué es un tratamiento terciario de aguas residuales?*

[Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-tratamiento-terciario-aguas-residuales>

Works, E. (s. f.-a). *Análisis, comparativas y relaciones entre la DBO, DQO, COT*. Recuperado 5

de mayo de 2022, de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>

Works, E. (s. f.-b). *Efecto de la Temperatura en los procesos biológicos por fangos activos / Tesis doctoral*. Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://www.aguasresiduales.info/idi/tesis-doctorales/efecto-de-la-temperatura-en-los-procesos-biologicos-por-fangos-activos>

Works, E. (s. f.-c). *Importancia de la medida de color en el agua de consumo humano*. Recuperado 15 de febrero de 2023, de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/importancia-de-la-medida-de-color-en-el-agua-de-consumo-humano>

YOURNAME. (s. f.). *Aguas Residuales y Aguas Servidas*. Recuperado 6 de mayo de 2022, de <https://www.cuevadelcivil.com/2011/03/concepto-de-aguas-residuales-y-aguas.html>