

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE NITRATO DE
AMONIO EN FERTILIZANTES COLOMBIANOS FERTICOL S.A.

MARGARITA MARÍA FORIGUA MEDINA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2016

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE NITRATO DE
AMONIO EN FERTILIZANTES COLOMBIANOS FERTICOL S.A.

MARGARITA MARÍA FORIGUA MEDINA

Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO QUÍMICO

Director
Luis Eduardo Navarro Lara
Ingeniero de producción

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2016

Nota de aceptación

José Orlando Cucunubá

Elizabeth Torres Gámez

Edgar Fernando Moreno Torres
Docente orientador

Bogotá D.C., julio de 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUÍS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Director Facultad de Ingeniería

Dr. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

DEDICATORIA

El proyecto va dedicado a mi madre Luz Esperanza Medina Rojas por ser mi guía, ejemplo a seguir y por acompañarme en cada paso que doy; por apoyarme sin importar qué, para poder cumplir todos mis sueños, por ser mi apoyo emocional más importante durante cada caída y cada acierto, y sobre todo por ser una madre amorosa y dedicada en cada aspecto de su vida.

También, va dedicado a mi Nonita Mercedes Rojas de Medina, quien me enseñó cada día a ser mejor persona y con amor me aconsejó y me ha protegido en cada camino que he tomado. Por ser parte de mi vida y ser una madre y abuela incondicional y ser el soporte de la familia aun cuando ya no esté entre nosotros.

A mi mejor amiga Natalia Alzate Ramírez por ser la hermana que no tengo, por estar conmigo en cada paso y camino escogido; por ser un apoyo emocional e incondicional y por permitirme ser parte de su vida.

A mi familia por ser incondicionales y necesarias en mi vida, por ser personas con valores y sentimientos increíbles que me enseñan cada día a ser una mejor mujer y me ayudan a cumplir mis metas.

Por último, a mis amigos, por su apoyo y los momentos alegres que compartimos.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa FERTICOL S.A. por brindarme apoyo en el desarrollo de mi trabajo de grado.

Al Dr. Juan Carlos Sierra Ayala, por abrirme las puertas de la empresa y brindarme la oportunidad de realizar el trabajo de grado.

Al ingeniero Luis Navarro por el apoyo y soporte en el desarrollo del proyecto.

A los trabajadores de Ferticol S.A. de las diferentes áreas que tuvieron que ver con el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Fernando Moreno por su tiempo y apoyo en la realización del trabajo de grado.

Al ingeniero Orlando Cucunubá por su tiempo y apoyo en el desarrollo del proyecto.

A la ingeniera Nubia Becerra por su tiempo y colaboración en el desarrollo del trabajo de grado.

Al ingeniero Luis González por su tiempo y colaboración en la parte financiera del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	24
OBJETIVOS	25
1. GENERALIDADES	26
1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	26
1.1.1 Características de aguas residuales industriales	26
1.1.2 Tratamiento de aguas residuales industriales	27
1.2 REUTILIZACIÓN DEL AGUA	32
1.2.1 Aplicaciones de las aguas residuales recuperadas	33
1.2.2 Riego agrícola y de espacios verdes	33
1.2.3 Reutilización industrial	33
1.2.4 Otros usos	34
1.3 GENERALIDADES FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A.	34
2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE NITRATO DE AMONIO	39
2.1 CAPTACIÓN GENERAL DE AGUA EN FERTICOL S.A.	39
2.2 FUENTE DE AGUA RESIDUAL EN ESTUDIO	41
2.2.1 Proceso Planta de Nitrato de Amonio	41
2.2.2 Descripción actual del proceso de tratamiento de agua residual de la Planta de Nitrato de Amonio	44
2.2.3 Descripción de Equipos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Planta de Nitrato de Amonio	48
2.3 DIAGNOSTICO DE OPERACIÓN	53
2.4 DIAGNOSTICO DE DISEÑO	54
2.5 DIAGNOSTICO QUIMICO – CARACTERIZACION DEL AGUA	57
3. EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE NITRATO DE AMONIO	62
3.1 ESTUDIO DE PROCEESOS PARA EL PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	62
3.1.1 Homogenización	64
3.1.2 Neutralización	64
3.1.3 Decantación	64
3.1.4 Sedimentación con químicos – Flocculación	64
3.1.5 Filtración	65
3.1.6 Flotación	65
3.1.7 Precipitación química – coagulación	65

3.1.8 Cloración	66
3.1.9 Intercambio iónico	66
3.1.10 Ultrafiltración	67
3.1.11 Electrodialisis	67
3.2 ALTERNATIVAS PLANTEADAS	67
3.2.1 Descripción alternativa 1	68
3.2.2 Descripción alternativa 2	68
3.2.3 Descripción alternativa 3	68
3.3 SELECCIÓN	69
3.3.1 Criterios de selección	69
3.3.2 Evaluación de criterios de selección	71
3.3.2.1 Remoción de sustancias	74
3.3.3 Calificación de la matriz de selección	75
3.4 DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS A NIVEL LABORATORIO	76
3.4.1 Condiciones iniciales del agua	77
3.4.2 Neutralización	77
3.4.3 Clarificación	78
3.4.3.1 Selección de los reactivos adecuados	78
3.4.3.2 Test de Jarras para selección y dosificación del coagulante y floculante	79
3.4.4 Condiciones finales del agua y análisis de laboratorio del agua tratada	90
3.5 ALTERNATIVAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE A PLANTA DE NITRATO DE AMONIO	92
3.5.1 Descripción alternativa 1	92
3.5.2 Descripción alternativa 2	93
3.5.3 Criterios de selección y evaluación de alternativas	94
3.5.4 Dimensionamiento de los equipos para la alternativa seleccionada	98
3.5.5 Cálculo potencia de las bombas	99
4. EVALUACION FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACION DE LA PROPUESTA	101
4.1 DETERMINACION DE COSTOS	101
4.1.1 Costos de inversión	101
4.1.2 Costos de operación	101
4.1.2.1 Insumos	102
4.1.2.2 Energía	102
4.1.2.3 Mano de Obra	102
4.1.2.4 Costos totales	104
4.2 DETERMINACION DE BENEFICIOS	104
4.2.1 Disminución de tasa por utilización de aguas	103

4.2.2 Disminución de tasa retributiva por contaminación del recurso hídrico	105
4.2.3 Eliminación de multas por incumplimiento de la norma	106
4.2.4 Beneficios totales	107
4.3 EVALUACION FINANCIERA	107
4.3.1 relación costo beneficio	108
5. CONCLUSIONES	110
6. RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFIA	113
ANEXOS	117

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Procesos de producción de FERTICOL S.A.	35
Figura 2. Red de distribución del recurso hídrico de FERTICOL S.A.	40
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de la planta de nitrato de amonio	42
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de la Planta de Nitrato de Amonio	43
Figura 5. Diagrama de bloques del proceso de tratamiento de agua residual	45
Figura 6. Diagrama de flujo de proceso de tratamiento de agua residual	46
Figura 7. Diagrama de proceso Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Planta de Nitrato de Amonio de FERTICOL S.A.	47
Figura 8. Diagrama de bloque alternativa 1	68
Figura 9. Diagrama de bloque alternativa 2	68
Figura 10. Diagrama de bloque alternativa 3	69
Figura 11. Diagrama de proceso de la propuesta seleccionada	96

LISTA DE IMAGENES

	pág.
Imagen 1. Vista actual de la Planta de Tratamiento de Agua	44
Imagen 2. Resultado primer test de jarras coagulante AC-005	81
Imagen 3. Resultado segundo test de jarras coagulante L-1627	83
Imagen 4. Resultado tercer test de jarras coagulante AC-011	85
Imagen 5. Resultado test de jarras, selección floculante	88
Imagen 6. Formación Floc del floculante L1538	89
Imagen 7. Antes y después del tratamiento de aguas	90

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Caudal Vs. Tiempo	58
Gráfica 2. pH Vs Tiempo	59
Gráfica 3. Temperatura Vs. Tiempo	59
Gráfica 4. Comportamiento turbiedad coagulante AC-005	82
Gráfica 5. Comportamiento pH coagulante AC-005	82
Gráfica 6. Comportamiento turbiedad coagulante L-1627	84
Gráfica 7. Comportamiento pH coagulante L-1627	84
Gráfica 8. Comportamiento turbiedad coagulante AC-011	86
Gráfica 9. Comportamiento pH coagulante AC-011	86
Gráfica10. Comportamiento turbiedad según floculante	87
Gráfica 11. Comportamiento pH según floculante	88

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Características Aguas Residuales Industriales	26
Cuadro 2. Clases de tratamientos de aguas residuales	28
Cuadro 3. Productos FERTICOL S.A.	35
Cuadro 4. Descripción de equipos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR	48
Cuadro 5. Equipos presentes en el laboratorio de FERTICOL S.A.	53
Cuadro 6. Verificación de unidades del sistema de tratamiento	55
Cuadro 7. Posibles tratamientos según parámetros	63
Cuadro 8. Operaciones unitarias según contaminantes	63
Cuadro 9. Ventajas Vs desventajas de la homogenización	64
Cuadro 10. Ventajas Vs desventajas de la neutralización	64
Cuadro 11. Ventajas Vs desventajas de la decantación	64
Cuadro 12. Ventajas Vs desventajas de la sedimentación con químicos	65
Cuadro 13. Ventajas Vs desventajas de la filtración	65
Cuadro 14. Ventajas Vs desventajas de la flotación	65
Cuadro 15. Ventajas Vs desventajas de la precipitación química	66
Cuadro 16. Ventajas Vs desventajas de la cloración	66
Cuadro 17. Ventajas Vs desventajas del intercambio iónico	66
Cuadro 18. Ventajas Vs desventajas de la ultrafiltración	67
Cuadro 19. Ventajas Vs desventajas de la electrodiálisis	67
Cuadro 20. Criterios de selección y rangos de calificación	69
Cuadro 21. Evaluación de criterios de selección por cada alternativa	71
Cuadro 22. Matriz de selección	75
Cuadro 23. Equipos utilizados en el desarrollo experimental	76

Cuadro 24.	Coagulantes LIPESA S.A.	79
Cuadro 25.	Floculante LIPESA.S.A.	79
Cuadro 26.	Clasificación índice Willcomb	80
Cuadro 27.	Descripción de las alternativas complementarias alternativa 1	92
Cuadro 28.	Descripción de las alternativas complementarias alternativa 2	93

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Parámetros tomados IN – SITU	57
Tabla 2. Resultado de los análisis del agua	60
Tabla 3. Comparación parámetros medidos contra valores máximos permitidos para el reuso	62
Tabla 4. Porcentajes de eliminación de cada parámetro con relación a los procesos	74
Tabla 5. Valores de eliminación de cada parámetro con relación a los procesos	74
Tabla 6. Valores de remoción teórica	75
Tabla 7. Parámetros del agua sin tratamiento	77
Tabla 8. Condiciones de operación para test de jarras	78
Tabla 9. Dosificación coagulante AC-005	80
Tabla 10. Resultados primer test de jarras, coagulante AC-005	81
Tabla 11. Resultados Segundo test de jarras, coagulante L-1627	83
Tabla 12. Resultados tercer test de jarras, coagulante AC-011	85
Tabla 13. Resultados selección de floculante	87
Tabla 14. Condiciones de operación para el tratamiento de agua	89
Tabla 15. Porcentaje de remoción	90
Tabla 16. Resultados análisis de agua tratada	91
Tabla 17. Evaluación de alternativas de mejoramiento	95
Tabla 18. Datos para el cálculo de la potencia	100
Tabla 19. Potencia de las bombas dosificadoras	100
Tabla 20. Costo de equipos requeridos	101
Tabla 21. Costos anuales de insumos requeridos	102
Tabla 22. Costos anuales proporcionales del personal encargado de la PTAR	103

Tabla 23. Costos anuales proporcionales carga prestacional del personal encargado de la PTAR	103
Tabla 24. Costos totales anuales del personal encargado de la PTAR	104
Tabla 25. Costos totales de la PTAR	104
Tabla 26. Beneficios totales de la PTAR	107
Tabla 27. Cálculo VPN, TIR y relación B/C	109

LISTA ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cantidad floculante	98
Ecuación 2. Volumen del cilindro, despejando D	98
Ecuación 3. Relación entre altura y diámetro	98
Ecuación 4. Relación remplazando h	99
Ecuación 5. Área del cilindro	99
Ecuación 6. Potencia de una bomba	100
Ecuación 7. Valor monetario de la importancia del Riesgo	107

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Diagrama de proceso de la planta de nitrato de amonio	118
Anexo B. Ficha técnica floculante EXRO 614	120
Anexo C. Tabla valores máximas permitidos en resolución 1207 de 2014	122
Anexo D. Tabla valores máximas permitidos en resolución 0631 de 2015	125
Anexo E. Resultado análisis de agua cruda	128
Anexo F. Preparación reactivos	131
Anexo G. Fichas técnicas coagulantes y floculante	134
Anexo H. Procesos experimentales	147
Anexo I. Resultados análisis agua tratada	151
Anexo J. Costos alternativa 1	153
Anexo K. Costos alternativa 2	155
Anexo L. Cotizaciones	157

LISTA DE ABREVIATURAS

PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
pH	Potencial de Hidrógeno
NTU	Unidad Nefelométrica de Turbidez (Por sus siglas en inglés)
FERTICOL	Fertilizantes Colombianos S.A.
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
L	Litro
mL	Mililitro
mg	Miligramos
°C	Grados Celsius
s	Segundos
m ³ /s	Caudal
ppm	Partes por millón
VPN	Valor Presente Neto
B/C	Relación Costo Beneficio
TIR	Tasa Interna de Retorno
NA	No aplica

GLOSARIO

AGUAS RESIDUALES: son aguas las cuales han perdido sus características iniciales y calidad por diferentes usos teniendo una combinación de aguas y residuos.

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PETROQUÍMICAS: es el conjunto de aguas obtenidas por el procesamiento o tratamiento con productos petroleros y/o sus derivados.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: es el conjunto de procesos o el proceso (físico, químico y/o biológico) que se le realiza a las aguas residuales para reducir y/o eliminar los contaminantes que contienen.

FLOCULACIÓN: es una técnica para el tratamiento de aguas que consiste en agrupar sustancias suspendidas en el agua por medio de un agente floculante para poder ser retiradas de esta.

AGENTE FLOCULANTE: es una sustancia que permite la aglomeración de sólidos suspendidos presentes en el agua provocando la precipitación.

COAGULACIÓN: es una técnica de tratamiento de aguas que permite la neutralización de cargas eléctricas de los coloides por medio de un agente coagulante.

AGENTE COAGULANTE: es una sustancia que permite la desestabilización de las cargas eléctricas de coloides, generalmente son sales metálicas.

DBO: indica la cantidad de materia orgánica biodegradable, mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión.

DQO: es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

ENSAYO DE JARRAS: estudio para determinar los productos químicos, las dosificaciones y las condiciones requeridas para lograr resultados óptimos en el tratamiento del agua.

NEUTRALIZACIÓN: proceso de aumento o disminución del pH con la adición de componentes químicos como Soda o Ácido, para obtener un rango de pH óptimo para un proceso de tratamiento posterior.

SEDIMENTACIÓN: separación por gravedad de la fase sólida y líquida de una suspensión diluida, para obtener una suspensión concentrada y un líquido claro.

TURBIDEZ: medida de la calidad del agua, en la cual se evalúa la transparencia del agua debido a la presencia de partículas en suspensión.

VERTIMIENTO: descarga de agua residual al alcantarillado.

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales.

RESUMEN

Dentro del proceso de fabricación de fertilizantes nitrogenados se desarrolla una etapa de granulación de la cual se desprende material particulado, siendo controlado a través de agua para no ser emitido al ambiente. Esta agua utilizada puede ser reincorporada al proceso después de un tratamiento adecuado, por lo que se presentó una propuesta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con esta actividad.

Para desarrollar esta propuesta se realizó un diagnóstico de las condiciones en las que se encuentra la planta ya instalada en la empresa y un análisis físico-químico del agua de salida del proceso; se identificaron los parámetros críticos que no cumplían con la normatividad vigente, resolución 1207 de 2014 para reuso de aguas residuales. Se evaluaron los posibles tratamientos y se desarrollaron tres alternativas con diferentes operaciones unitarias. Para la selección de la propuesta se estableció una matriz ponderada para evaluar diferentes criterios; de esta selección se escogió la alternativa 3 que obtuvo la calificación más alta. Por otro lado, se realizó una nueva selección entre dos alternativas con relación al funcionamiento de los equipos de la PTAR, por medio de una matriz de selección donde la alternativa 2 obtuvo la mayor calificación.

La propuesta consistió en realizar un proceso de neutralización y clarificación al agua residual para poder ser reutilizada en el proceso de granulación de la planta de nitrato de amonio, para ello se estableció adecuar y realizar el mantenimiento de los equipos presentes en la PTAR y la compra de nuevos equipos para complementar el tratamiento.

Al contar con la alternativa se desarrolló a nivel laboratorio; obteniendo los reactivos y dosificaciones para tratar el agua. Se envió el agua tratada a un análisis pos tratamiento para verificar que los parámetros cumplieran con la norma y estuvieran dentro de los límites máximos permitidos después de dicho tratamiento.

Por último, se realizó una evaluación financiera donde se tuvieron en cuenta los beneficios y costos totales anuales, los cuales se proyectaron a cinco (5 años, estableciendo el VPN, la TIR, la relación C/B y el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto.

Palabras clave: agua residual, tratamiento de aguas, operaciones unitarias, PTAR.

INTRODUCCIÓN

FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. es una empresa dedicada al desarrollo de la cadena de valor de la industria petroquímica mediante la producción, distribución y comercialización especialmente de fertilizantes nitrogenados, siendo su materia prima el gas natural para producir amoniaco, el cual, es utilizado para la elaboración entre otros del Nitrato de Amonio, compuesto de ácido nítrico al 55% y Amoniaco gaseoso.

El consumo de agua promedio es de 120 m³/h de agua que es tratada y empleada para diversas actividades tanto de uso doméstico como para procesos productivos como torres de enfriamiento, torre de ácido nítrico, planta eléctrica, calderas de amoniaco, agua suavizada y planta de nitrato de amonio en donde se utiliza aproximadamente el 8% del agua total empleada por la empresa.

El agua residual que se genera, contiene principalmente sólidos en suspensión, los cuales deben ser retirados del agua para que esta pueda ser reutilizada para el control de material particulado en la etapa de granulación de la planta de nitrato de amonio, para ello, se puede realizar un proceso de tratamiento de aguas que, además de retirar los sólidos presentes, debe cumplir con la resolución 1207 de 2014 que establece los límites máximos permitidos para la reutilización de agua residual industrial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales generadas en la planta de Nitrato de Amonio en FERTILIZANTES COLOMBIANOS - FERTICOL S.A.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar el diagnóstico de las condiciones actuales del proceso de tratamiento de aguas residuales.
2. Seleccionar la posible alternativa para el mejoramiento de la PTAR.
3. Desarrollar la alternativa de mejoramiento a nivel laboratorio.
4. Realizar el análisis financiero para la implementación de la propuesta.

1. GENERALIDADES

1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El agua residual es aquella que ha sufrido un proceso donde se pierde la calidad de ésta debido a la presencia de varios contaminantes. Estas aguas no pueden ser simplemente desechadas al alcantarillado o a vertimientos por lo que también contaminarían estos lugares de recepción. Para descontaminar las aguas se realiza un tratamiento dependiendo de los niveles de contaminación que tenga el agua.

1.1.1 Características de aguas residuales industriales. El conocimiento de los contaminantes presentes en el agua a tratar es el paso más importante para determinar qué tipo o tipos de tratamiento serán necesarios para la descontaminación del agua a tratar¹. Los contaminantes del agua residual industrial se pueden dividir en tres tipos físicos, químicos y biológicos.

En el Cuadro 1, se presenta una descripción detallada de las características de las aguas residuales.

Cuadro 1. Características Aguas Residuales Industriales

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
FISICAS	<p>TEMPERATURA: es uno de los parámetros más importantes debido a que la variación de esta ocasiona cambios en la densidad, viscosidad, entre otros: al mismo tiempo estos afectan la velocidad de sedimentación, la transferencia de oxígeno en posibles tratamientos biológicos.</p> <p>SÓLIDOS: El contenido de sólidos en aguas residuales que se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto², por lo cual deben ser retirados. Existen diferentes tipos de sólidos, entre estos están los sólidos totales, disueltos, suspendidos, entre otros.</p>

1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL [Anónimo]

2 CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Parámetros y características de las aguas residuales. Lima, Perú. 17p.

Cuadro 1. (Continuación)

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
QUIMICAS	<p>Las aguas industriales reciben material orgánico e inorgánico dentro de los procesos de producción, dependiendo de esos se pueden encontrar hasta sustancias tóxicas. Este tipo de contaminantes depende de cada industria y las características de sus productos, tales como:</p> <p>SALES: estas se encuentran generalmente en solución.</p> <p>NUTRIENTES: principalmente proteínas con agregado de nitrógeno y compuestos orgánicos, estos promueven el crecimiento de organismos en el agua.</p> <p>TÓXICOS: estas sustancias afectan de gran manera las aguas y su presencia puede afectar la salud de persona, animales y plantas.</p> <p>COMPUESTOS ORGÁNICOS: constituidos por proteínas, grasas, carbohidratos, etc. Estos compuestos no necesitan un análisis muy detallado debido a la gran variedad de sustancias que podría contener el agua. Parámetros como DQO, DBO y contenido total de carbono son suficientes para determinar la presencia de ellos.</p>
BIOLOGICAS	<p>El agua residual puede tener características apropiadas para la reproducción de microorganismos alguno de ellos puede ser patógenos y pueden causar algún daño a la salud de humanos y animales; otros pueden degradar la materia orgánica utilizando o no el oxígeno disuelto en el agua.</p>

Fuente: Compilación de la Autora. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Parámetros y características de las aguas residuales. Lima, Perú. 17p.

1.1.2 Tratamiento de aguas residuales industriales. Las técnicas para el tratamiento de aguas residuales dependen del tipo de industria y de los procesos que se lleven a cabo en cada una de ellas. Según el grado de contaminación que

presente se determinan los procesos para el tratamiento. Dentro de los factores para el tratamiento requerido se encuentra la caracterización del agua, la calidad del agua requerida en la salida o el uso que se le vaya a dar, los costos de tratamiento, por mencionar algunas de ellas.

Existen diferentes procesos para estos tratamientos y a su vez se clasifican en pre-tratamiento donde principalmente se retiran los sólidos de gran tamaño y se prepara y/o acondiciona el agua para los procesos de tratabilidad, los siguientes son los tratamientos primarios donde se eliminan los sólidos en suspensión y se disminuye el DBO. Los tratamientos secundarios se refieren a los procesos biológicos tanto aerobios como anaerobios³; por último, se presentan los tratamientos terciarios o avanzados estos se realizan para conseguir una calidad del agua mayor que la lograda en los anteriores tratamientos.

En el cuadro 2, se presenta una descripción detallada de las clases de tratamientos

Cuadro 2. Clases de Tratamientos de Aguas Residuales

Clase de tratamiento	Descripción
TRATAMIENTOS PRIMARIOS	<p>En estos procesos se retiran los sólidos en suspensión mediante diferentes operaciones unitarias, algunas dependiendo del tamaño de estos sólidos.</p> <p>CRIBADO: este proceso se utiliza para la eliminación de los sólidos de diferentes tamaños, para este objetivo se utilizan generalmente mallas metálicas de 4 a 8 cm hasta 5mm dependiendo del tamaño de los sólidos a retener. En algunos casos en lugar de usar las mallas de mayor tamaño se utiliza una trituradora para disminuir el tamaño de estos y ser retenidos en las mallas de menor tamaño⁴. Este proceso llega a eliminar del 5 al 25% de los sólidos en suspensión.</p> <p>SEDIMENTACIÓN: al igual que el cribado, este proceso elimina los sólidos en suspensión, este proceso se realiza por la diferencia del peso específico entre los sólidos y el agua, lo que produce el depósito de los sólidos presentes en el agua. En los tratamientos de agua es posible que este proceso se realice en diferentes etapas.</p>

³UNAD. Tratamiento secundario y terciario. [En línea]. [citado 28 de enero de 2016] Web: <[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales Contenido en línea/leccin 24 tratamiento secundario y terciario.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales%20Contenido%20en%20linea/leccin%20tratamiento%20secundario%20y%20terciario.html)>

⁴R. S., Ramalho. Tratamiento de aguas residuales. Edición revisada. Barcelona, España. Editorial Reverté. S.A. 1996. p. 92.

Cuadro 2. (Continuación)

Clase de tratamiento	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> - Sedimentación discreta: no existe ninguna coalescencia entra partículas por lo que el tamaño, la forma y el peso específico de estas no cambia, y éstas partículas se depositan de forma individual. - Sedimentación con floculación: las partículas se aglomeran lo que genera cambios en sus propiedades, variando la velocidad de sedimentación o precipitación. - Sedimentación por zonas: Las partículas forman una manta que sedimenta como una masa total presentando una interfase distinta con la fase líquida⁵. <p>FLOTACIÓN: es un proceso utilizado para separar sólidos de baja densidad, grasas y aceites y fibras del agua residual. Se realiza por medio de la introducción de aire al agua en forma de burbujas. Para llevar a cabo este proceso se realiza una presurización hasta llegar a la presión de saturación, esta oscila entre 2 y 4 atm. Después de esto se procede a despresurizar hasta llegar a presión atmosférica, durante este paso se forman las burbujas las cuales se desprenden del agua, asociado a las burbujas se encuentran los sólidos a retirar, estos flotan a la superficie del agua para poder ser retirados.</p> <p>HOMOGENIZACIÓN: este es un proceso de acondicionamiento donde se mezclan dos o más corrientes para obtener una sola, en algunos casos es utilizada para la neutralización teniendo corrientes acidas y otras alcalinas para lograr pH cercano a 7. En otros casos se utiliza para obtener una corriente con características y caudales relativamente constantes, por último, se puede utilizar para disminuir las variaciones de DBO del afluente.</p> <p>NEUTRALIZACIÓN: Es un proceso donde se añade un ácido o base al agua para alcanzar un pH cercano a 7, este proceso se lleva a cabo para diferentes finalidades: 1) para la descarga del agua debía a que el medio acuático es muy sensible a los cambios de pH, 2) para la descarga al alcantarillado debido a la normatividad de la región y a que es más económico que neutralizar las aguas domesticas e industriales juntas, 3) Antes de realizar tratamientos químicos o biológicos debido a que estos</p>

⁵ Ibid., p. 93.

Cuadro 2. (Continuación)

Clase de tratamiento	Descripción
	<p>procesos se llevan a cabo de mejor manera en pH entre 6,5 y 8.5.</p> <p>COAGULACIÓN: en este proceso se desea la desestabilización o neutralización de las cargas eléctricas presentes en los coloides y emulsiones mediante la dosificación de reactivos químicos y agitación vigorosa para favorecer la mezcla rápida e íntima entre el agua residual y el reactivo en el menos tiempo posible.</p> <p>FLOCULACIÓN: En esta etapa se pretende aumentar el tamaño de los coágulos generados en la coagulación por medio de un agente químico y una agitación lenta para evitar el rompimiento de los flocúlos en formación debido a que este proceso de floculación no es una reacción química. En esta etapa se necesita de otra operación unitaria para poder separar el floculo del agua, entre estos esta la sedimentación o la flotación⁶.</p> <p>FILTRACIÓN: es una operación unitaria empleada para la eliminación de sólidos en suspensión presentes en el agua, este proceso se puede realizar como única etapa para eliminarlos o como complemento a procesos de coagulación o floculación consiste en la utilización de filtros los cuales pueden ser de diferentes formas: carga baja superficial (filtros lentos o carga alta superficial (filtros rápidos), además pueden ser medios porosos como arena, antracita, entre otros⁷.</p> <p>DECANTACIÓN: es el proceso de eliminación de los sólidos sedimentables por medio de la acción de la gravedad, por este motivo solo se retiran este tipo de sólidos y materias flotantes. En el proceso las partículas chocan con otros uniéndose y dando como resultado el aumento de la velocidad de decantación⁸</p> <p>Estos tratamientos se realizan para eliminar materia orgánica biodegradable por medio de procesos biológicos debido a la presencia de microorganismos.</p>

⁶ RUIZ, Oscar. Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Servi agua móvil, S.A: de C. V. México D.F.

⁷OTERO, Natalia. Filtración de aguas residuales para reutilización. [En línea]. [Citado el 31 de enero de 2016]. Web: <[ftp://tesis.bbt.k.ull.es/ccppytec/cp273.pdf](http://tesis.bbt.k.ull.es/ccppytec/cp273.pdf)>

⁸ TECEXSA. Tratamiento primario: flotación Vs decantación. [En línea]. [Citado el 31 de enero de 2016]. Web: <<http://www.tecexsa.es/tecexsa/images/stories/tecexsa/pdf/DIFERENCIAS%20ENTRE%20DECANTACION%20Y%20FLOTACION.pdf>>

Cuadro 2. (Continuación)

Clase de tratamiento	Descripción
TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	<p>TRATAMIENTOS AEROBIOS: se realiza una descomposición de la materia orgánica convirtiéndola en dióxido de carbono y en minerales oxidados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lodos activados: es un tratamiento donde un lodo biológico compuesto por microorganismos es mezclado y aireado con el agua de tratamiento para poder metabolizar la materia orgánica. Estos lodos después son sedimentados para separar el agua tratada de estos⁹. - Filtros percoladores: consta de un filtro que es una cama de grava o un medio plástico donde se encuentran los microorganismos, en esta cama se rocía el agua a tratar para que la biomasa metabolice la materia orgánica¹⁰. - Biodiscos: son una serie de discos donde se contiene la biomasa, estos se encuentran en un tanque con el agua a tratar para poder ser metabolizada en presencia de aire¹¹. <p>TRATAMIENTOS ANAEROBIOS: es estos procesos la descomposición de materia orgánica se realiza en ausencia de aire en reactores cerrados, esta descomposición se convierte en dióxido de carbono y metano. Estos procesos tienen como principales aplicaciones los residuos ganaderos, aguas residuales industriales con alta carga orgánica y lodos de depuradora¹².</p> <p>TRATAMIENTOS MIXTOS: estos procesos se realizan de forma consecutiva, se alternan o produciéndose a la misma vez, procesos aerobios y procesos anaerobios.</p>

⁹ Sistemas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados. [En línea]. [Citado el 10 de febrero de 2016]. Web: <<https://aguasresiduales.wordpress.com/2008/06/02/sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-por-lodos-activados/>>

¹⁰ COOPERATIVA DE TEXAS EXTENSIÓN. Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras. [En línea]. [citado el 10 de febrero de 2016]. Web: <<https://www.h-gac.com/community/water/ossf/OSSF-Treatment-Systems-Trickling-Filter-S.pdf>>

¹¹ CYCLUS. Contactores biológicos rotativos: Biodiscos y biocilindros. [En línea]. [citado el 10 de febrero de 2016]. Web: <<http://www.cyclucid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/contactores-biologicos-rotativos/>>

¹² ANALIZA CALIDAD. Tratamiento de aguas residuales industriales analiza. [En línea]. [citado el 04 de mayo de 2016]. Web: <www.analizacalidad.com/docftp/fi1110aguas.pdf>

Cuadro 2. (Continuación)

Clase de tratamiento	Descripción
<p>TRATAMIENTOS TERCIARIOS O AVANZADOS</p>	<p>El objetivo de estos procesos es la eliminación de contaminantes específicos y algunos compuestos se perduran tras procesos anteriores, estos procesos son costosos y muy específicos.</p> <p>ARRASTRE CON AGUA O AIRE: se utilizan para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles.</p> <p>PROCESO DE MEMBRANA: se realiza por medio de una membrana porosa donde se eliminan compuestos de un tamaño determinado dependiendo del tamaño del poro y de los compuestos presentes en el efluente.</p> <p>INTERCAMBIO IÓNICO: se realiza un intercambio de iones por medio de una resina para la eliminación de sales minerales.</p> <p>ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO: se utiliza para la eliminación de compuestos orgánicos y se utiliza carbón activado granulas GAC o en polvo PAC.</p> <p>PROCESOS DE OXIDACIÓN: se utilizan para eliminar materia orgánica e inorgánica oxidable.</p> <p>PROCESOS DE REDUCCIÓN: sirven para la eliminación de compuestos metálicos en estado de oxidación alto.</p> <p>PRECIPITACIÓN QUÍMICA: se basa en reacciones químicas para la obtención de compuestos de baja solubilidad donde el contaminante forma parte de la especie insoluble, esta se precipita y se separa por sedimentación o filtración.</p>

1.2 REUTILIZACIÓN DEL AGUA

El agua es un recurso importante para la vida en la tierra, todos los seres vivos necesitamos de ella; debido a la contaminación de las aguas y el aumento de la densidad demográfica en el planeta se ha venido implementando una serie de actividades para recuperar y reutilizar el recurso hídrico.

Normalmente la gestión típica de aguas residuales tanto urbanas como industriales, finaliza con el vertido de las aguas al medio ambiente. Con ello se fomenta una pérdida y sobreexplotación de recursos, contribuyendo además a la degradación del medio receptor ya que en general nunca se alcanza un grado de depuración completo¹³.

En la industria el agua es indispensable para muchos de los procesos que se realizan, por lo que el vertido al alcantarillado no es una opción viable para la conservación del recurso, para esto se plantean diferentes maneras para reutilizar el agua en las actividades de la empresa.

1.2.1 Aplicaciones de las aguas residuales recuperadas. Las aguas recuperadas se pueden utilizar para diversas actividades, con ello se necesitan diferentes tratamientos para lograr el nivel de calidad para cada actividad en la que será utilizada el agua. Existen diferentes actividades a continuación se presentan las principales:

1.2.1.1 Riesgo agrícola y de espacios verdes. gran parte del agua es dirigido a este campo por lo que en muchos lugares del planeta los cultivos no cuentan con la cantidad de agua necesaria por medio de las lluvias de las zonas y por las temporadas de sequias. Actualmente, el agua también se emplea para el riego de espacios verdes y campos de golf en zonas urbanas. Para llevar a cabo este proceso de reutilización para el riego, se necesita una calidad del agua, debido a que los cultivos y zonas verdes necesitan de nutrientes que están presentes en el agua y sustancias que no sean compatibles con estas plantas podrían ocasionar la pérdida del cultivo y/o la muerte de las especies¹⁴.

1.2.1.2 Reutilización industrial. la cantidad de agua utilizada en la industria alcanza altos valores y el control de las aguas de vertido genera que las empresas busquen maneras para mejorar el uso del agua por lo que presentan alternativas para reutilizar el agua residual que generan. Actualmente, se presentan diferentes alternativas para la utilización del agua residual tratada¹⁵.

- Uso como fluido auxiliar: El agua residual tratada puede emplearse en diversas actividades dentro de la misma planta, dentro los más utilizados se presentan la preparación de suspensiones, soluciones químicas, compuestos intermediarios, torres de enfriamiento y lavado de plantas en general.
- Materia en el proceso: Es común que el agua tratada sea enviada a un nuevo proceso como materia prima o insumo para la obtención de producto final.
- Consumo humano: el agua residual puede ser utilizada en sanitarios, cocinas, restaurantes o demás lugares donde tenga contacto directo con personas.

¹³ BORUP, M.B. y MIDDLEBROOKS, E.J. Pollution Control for the Petrochemical Industry. Lewis Publishers INC. 1987.

¹⁴ OROZCO, Javier y ROMERO, Ober. Reuso de aguas residuales. Tesis de maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. Manizales: Universidad de Manizales. Centro de educación a distancia-CEDUM, 2015.

¹⁵ Manual para la conservación y reuso del agua para la industria. Volumen 1. Colombia 2005. p.30.

1.2.1.3 Otros usos. Además de los usos industriales y agrícolas, el agua residual puede ser empleada en el sistema de tubería contraincendios, entre otros.

1.3 GENERALIDADES FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A.

La empresa Fertilizantes Colombianos FERTICOL S.A. es una empresa del sector petroquímico de propiedad del Departamento de Santander con una participación accionaria a su favor del 99.74%, dedicada a la producción, distribución y comercialización de productos petroquímicos, principalmente abonos nitrogenados y productos químicos derivados con 50 años de experiencia en el mercado agroindustrial. Cuenta con diferentes productos para aplicación en suelo u hojas que ayudan al desarrollo y crecimiento de la planta durante todo el ciclo de cultivo.

Se encuentra ubicada en la ciudad de Barrancabermeja en el departamento de Santander, en la zona industrial Las Granjas. El complejo ocupa un área industrial de 787.373 m² y dentro de las instalaciones de la empresa se encuentran diferentes plantas donde se procesan las materias primas para obtener los productos finales, así:

Planta de Amoniaco – capacidad 65 T.M / día

Planta de Ácido Nítrico de 53-55% - capacidad 150 T.M / día

Planta de Nitrato de Amonio 26-30% N₂ – capacidad 130 T.M./ día

Planta de Urea del 46% N₂ – capacidad 40 T.M. / día

Planta eléctrica – capacidad 15.000 KW

Servicios auxiliares. Suministro agua de enfriamiento, agua de calderas, vapor y aire de instrumentos a las unidades anteriores.

Talleres y equipos de mantenimiento y construcción.

Laboratorio de control de calidad.

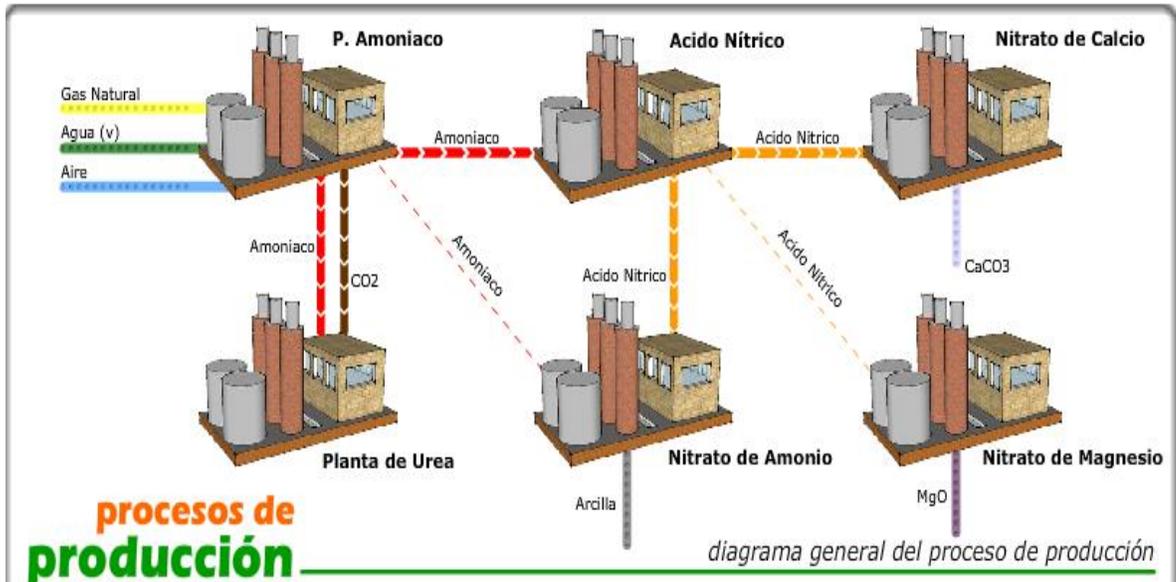
Bodegas para almacenaje de productos con capacidad de 15.000 T.M.

Oficinas de administración

Báscula para pesaje de camiones.

La figura 1 muestra un diagrama general de los procesos de producción en las plantas instaladas en FERTICOL S.A.

Figura 1. Procesos de producción de FERTICOL S.A.



Fuente. FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. [En línea]. [Citado 10 de febrero de 2016]. Web: <<http://www.ferticol.com/Paginas/ProcesosDeProduccion.html>>

Como resultado de estos procesos se obtienen diferentes productos y subproductos listos para la comercialización. En el cuadro 3 se presenta una breve descripción de los productos de la empresa fertilizantes colombianos.

Cuadro 3. Productos FERTICOL S.A.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="332 1262 605 1331">NITRON DOBLE N GRANULADO 26</p> 	<p data-bbox="651 1262 1450 1770">Fertilizante simple nitrogenado de Nitrato de Amonio granulado con una concentración de Nitrógeno de 26% para aplicación al suelo. Se utiliza como materia prima en la fabricación de fertilizantes líquidos. Por su aporte de Nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal, se aplica en la superficie del suelo en los cultivos de arroz, sorgo y pasto, teniendo en cuenta lavar con abundante agua después de su uso para evitar taponamiento o corrosión de los equipos con los que se aplica. Fortalece los cultivos, puede ser aplicado directamente al suelo o por fertirrigación, de fácil uso, manejo y almacenamiento, es de ágil absorción en forma inmediata por las plantas lo que es esencial para el crecimiento y desarrollo de cultivos.</p>

Cuadro 3. (Continuación)

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="321 394 620 426">UREA FERTICOL 46</p> 	<p data-bbox="651 367 1456 909">Proporciona un alto contenido de Nitrógeno, esencial en el metabolismo de la planta porque se relaciona directamente con la cantidad de tallos y hojas, las cuales absorben la luz para el proceso de fotosíntesis. Además, el Nitrógeno está presente en las vitaminas y proteínas, se relaciona con el contenido proteico de los cereales. La Urea se adapta a diferentes tipos de cultivos, el grano se esparce en el suelo, el cuál debe estar bien preparado y ser rico en bacterias, la aplicación puede hacerse en el momento de la siembra o antes, luego el grano se hidroliza y se descompone. Por su aporte de Nitrógeno en forma amoniacal se debe diluir para aplicar en la superficie del suelo en los cultivos de arroz, sorgo y pasto, para evitar quemar los cultivos.</p>
<p data-bbox="347 1014 591 1083">ÁCIDO NITRICO FERTICOL</p>	<p data-bbox="651 989 1456 1203">Es utilizado comúnmente como un reactivo de laboratorio, así como fertilizantes como el Nitrato de Amonio, tiene usos adicionales en metalurgia y en refinado, ya que reacciona con la mayoría de los metales y en la síntesis química. pasto, para evitar quemar los cultivos.</p>
<p data-bbox="354 1346 594 1415">NITRON DOBLE LÍQUIDO 23</p> 	<p data-bbox="651 1392 1456 1570">Fertilizante simple nitrogenado de Nitrato de Amonio líquido, con una concentración de Nitrógeno de 23% para aplicación al suelo por fertirrigación. se emplea en suelos pobres en Nitrógeno para cultivos frutales y de hortalizas.</p>

Cuadro 3. (Continuación)

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="326 390 613 499">SOLUCIÓN UNA 30 Nitrato de Amonio y rea</p> 	<p data-bbox="651 365 1456 947">Es un fertilizante caracterizado por poseer Nitrógeno nítrico, que permite la rápida absorción por la planta promoviendo el crecimiento de ella; Nitrógeno amoniacal que se almacena en los coloides del suelo produciendo un efecto prolongado del fertilizante en el cultivo y Nitrógeno ureico que se hidroliza rápidamente en el suelo y produce amonio el cual es absorbido por la planta favoreciendo su desarrollo. Este fertilizante es de aplicación radicular por fertirrigación o foliar. Se aplica en la superficie del suelo en los cultivos de caña de azúcar, algodón, arroz, sorgo, maíz, palma de aceite, árboles frutales, hortalizas, cereales y otros donde se requiera el suministro de Nitrógeno cuando este es deficiente. Luego de la aplicación se deben lavar con abundante agua los equipos con que se aplica para evitar taponamiento o corrosión.</p>
<p data-bbox="326 968 613 1077">SOLUCIÓN UNA 32 Nitrato de Amonio y Urea</p> 	<p data-bbox="651 1003 1456 1436">Se aplica en la superficie del suelo en los cultivos de caña de azúcar, algodón, arroz, sorgo, maíz, palma de aceite, árboles frutales, hortalizas, cereales y otros donde se requiera el suministro de Nitrógeno cuando este es deficiente. Luego de la aplicación se deben lavar con abundante agua los equipos con que se aplica para evitar taponamiento o corrosión. Fortalece los cultivos, puede ser aplicado directamente al suelo o por fertirrigación, de fácil uso, manejo y almacenamiento, es de ágil absorción en forma inmediata por las plantas lo cual es esencial para el crecimiento y desarrollo de cultivos.</p>
<p data-bbox="337 1633 602 1667">MACNITRÓN 26:4</p>	<p data-bbox="651 1509 1456 1866">Es un fertilizante compuesto granulado para aplicación directa al suelo con las ventajas del Nitrón doble N, mejorado con Calcio y Magnesio. El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono con mayor duración. Por su gran pureza y alta solubilidad es un fertilizante muy utilizado en fertirrigación, aplicándose a todo tipo de cultivos, herbáceos y leñosos.</p>

Cuadro 3. (Continuación)

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="337 331 600 436">NITRATO DE CALCIO LÍQUIDO 8.5-17.5</p> 	<p data-bbox="649 367 1461 808">Fertilizante simple nitrogenado de Nitrato de Calcio líquido, con una concentración de Nitrato de 9% y Calcio como CaO de 19% para aplicación al suelo. Hay productos agrícolas exigentes en Calcio como las hortícolas, fresas, frutales y cítricos. Es utilizado como aditivo en la preparación de los lodos de perforación. El Nitrógeno sigue el ciclo natural de nitrificación/desnitrificación para dar finalmente Nitrógeno u óxidos de Nitrógeno, se utiliza para aplicación directa a cultivos por fertirrigación después de disolución del producto. Se emplea para corregir carencias de Calcio en suelos deficientes en este elemento y en cultivos exigentes.</p>
<p data-bbox="329 1033 612 1102">TRIPLE FERTICOL 15:15</p>	<p data-bbox="649 882 1461 1354">Contiene los macronutrientes necesarios como Nitrógeno, Fósforo y Potasio en formas que son de inmediata disponibilidad y por consiguiente de fácil y rápida absorción por la planta promoviendo el crecimiento de ella. Ayuda a balancear el equilibrio iónico del suelo. Es un abono de alta solubilidad en la mayoría de sus nutrientes al tiempo que posee otros que aportan un efecto prolongado de fertilización al cultivo. Garantiza excelentes resultados en aplicaciones después de la germinación. Su granulometría facilita labores de aplicación manual, industrial o aérea. Incrementa el rendimiento de los cultivos y la calidad de los frutos y semillas.</p>

Fuente. FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. [En línea]. [Citado 10 de febrero de 2016]. Web: <<http://www.ferticol.com/Paginas/portafolio.html> >

2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE NITRATO DE AMONIO

En éste capítulo se describe el sistema general de captación de agua, la utilización de la misma, así mismo se muestra el proceso realizado en la planta de Nitrato de Amonio y el estado actual de la PTAR de esta planta, teniendo en cuenta que es esta planta la que deja como residuo el agua en estudio. Se realizará el diagnóstico con base en la información suministrada por la empresa FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A; por otra parte, se presentan los resultados del análisis de caracterización del agua residual proveniente de esta planta.

2.1 CAPTACION GENERAL DE AGUA EN FERTICOL S.A.

FERTICOL para sus procesos industriales requiere grandes volúmenes de agua, por lo cual tiene dos fuentes de captación, una superficial de la Ciénaga San Silvestre y otra subterránea.

Para el consumo industrial FERTICOL usa 300 m³/h de agua captada de la Ciénaga San Silvestre y 14 m³/h de agua captada de Pozo Profundo, de la siguiente manera:

En forma de vapor en la planta de Amoniaco, el cual provee por medio de catálisis, Hidrógeno para la formación de Amoniaco y Oxígeno para la oxidación del Carbono.

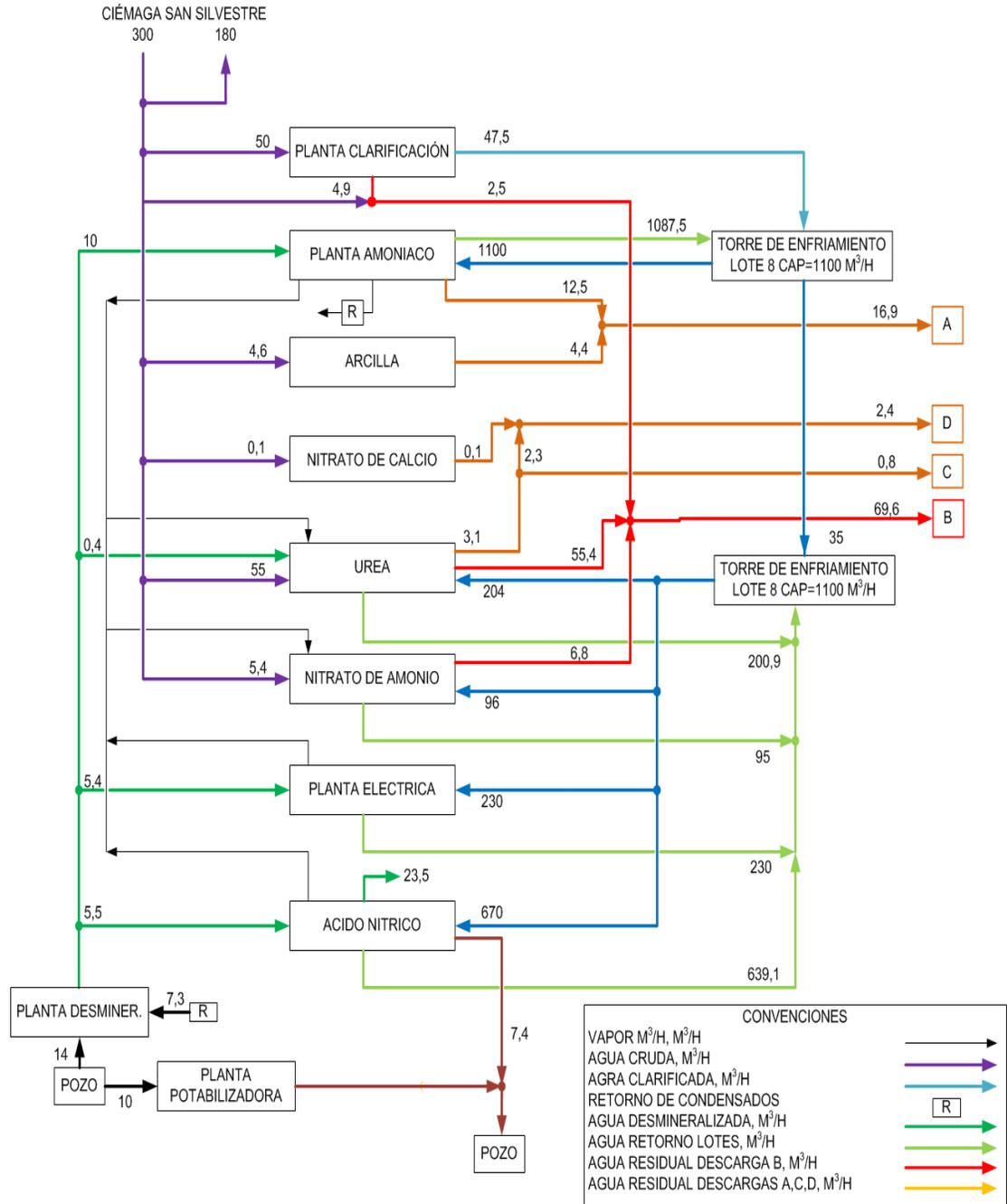
En forma líquida en la planta de Ácido Nítrico como agua desmineralizada, para el proceso de Absorción de los Gases Nitrosos y producción del Ácido Nítrico.

En forma líquida en la planta de Urea como agua suavizada, para el proceso de Absorción de los Gases Amoniacales en la Torreta de Lavado de Gases, los cuales se recirculan al reactor.

En forma líquida en la planta de Nitrato de Amonio y Urea como agua desmineralizada, para la preparación de soluciones de Nitrato de Amonio y UNA.

El agua captada de la Ciénaga se distribuye de la siguiente manera: 180 m³/h son directamente revertidos a la ciénaga por medio de un bypass; 50 m³/h para la Planta de Clarificación; 55 m³/h para la Planta de Urea; 4,6 m³/h para la Planta de Arcilla; 5,4 m³/h para la Planta de Nitrato de Amonio; 0,1 m³/h para la Planta de Nitrato de Calcio; 4,9 m³/h descargados como Agua Cruda en uno de los efluentes. La red de distribución del recurso hídrico se observa en la figura 2.

Figura 2. Red de distribución del recurso hídrico de FERTICOL S.A.



Fuente: Guevara L., Calvo M., Torres A., Santos E. (1997). Plan de Manejo Ambiental P.M.A, Fertilizantes Colombianos S.A. 124-130 p

2.2 FUENTE DE AGUA RESIDUAL EN ESTUDIO

Como se indicó en los preliminares del presente documento, el estudio que se realiza, únicamente se limita a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Planta de Nitrato de Amonio de FERTICOL S.A., por lo que se describirá en primer lugar el proceso de producción de esta planta y luego el proceso y tratamiento de sus aguas residuales.

2.2.1 Proceso Planta de nitrato de amonio¹⁶. Este proceso comienza con una etapa de evaporación, donde se toma el amoniaco gaseoso proveniente de la planta de amoniaco o de tanques de almacenamiento y se calienta para evaporar el contenido de amoniaco líquido que esté presente en él, seguido pasa al reactor donde se mezcla con el ácido nítrico para la formación de nitrato de amonio debido a una reacción de neutralización; la solución resultante es enviada a un equipo concentrador donde se aumenta la concentración de nitrato de amonio hasta el 92%.

La arcilla preparada en un proceso paralelo es transportada a la planta para la formación de gránulos de diferentes tamaños, de este proceso se selecciona una corriente de reciclaje que es rociada con la solución concentrada de nitrato de amonio y reincorporarlo a las cócleas de granulación para impregnar el resto de la corriente hasta alcanzar un porcentaje de nitrógeno de 26 a 30% según requerimiento. Seguido, se pasa a la etapa de secado donde los gránulos son sometidos a gases calientes controlados a temperatura de 100 a 110°C, estos van en el mismo sentido de circulación a la corriente. Al finalizar, los gránulos enviados a las cribas donde son separados por tamaño siendo pasados por dos tamices de tamaño de partícula de 4X4mm y 2X2mm clasificando el material en tres corrientes: los finos que son atrapados por el agua cruda de la ciénaga para no ser emitidos al ambiente; los gruesos que son enviados a molinos para disminuirlos de tamaño y poder reclasificarlos y ser devueltos al proceso y, por último, está el producto.

Este es enviado a la siguiente etapa que es de recubrimiento en donde se utiliza arcilla caliente pulverizada con el fin de formar una película sobre el gránulo que impide la saturación de estos por la humedad, la posible alteración de la calidad del producto y la aglomeración de los granos, este proceso se realiza para obtener un 1.5 a 2.5% de recubrimiento. Como último paso, el producto es enviado a la bodega de almacenamiento para ser empacado y embalado para ser distribuido. Las figuras 3 y 4, presentan el diagrama de bloques y de flujo del proceso de la planta de nitrato de amonio.

¹⁶ En el anexo A se presenta el diagrama de proceso de la planta de nitrato de amonio.

Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de la planta de nitrato de amonio.

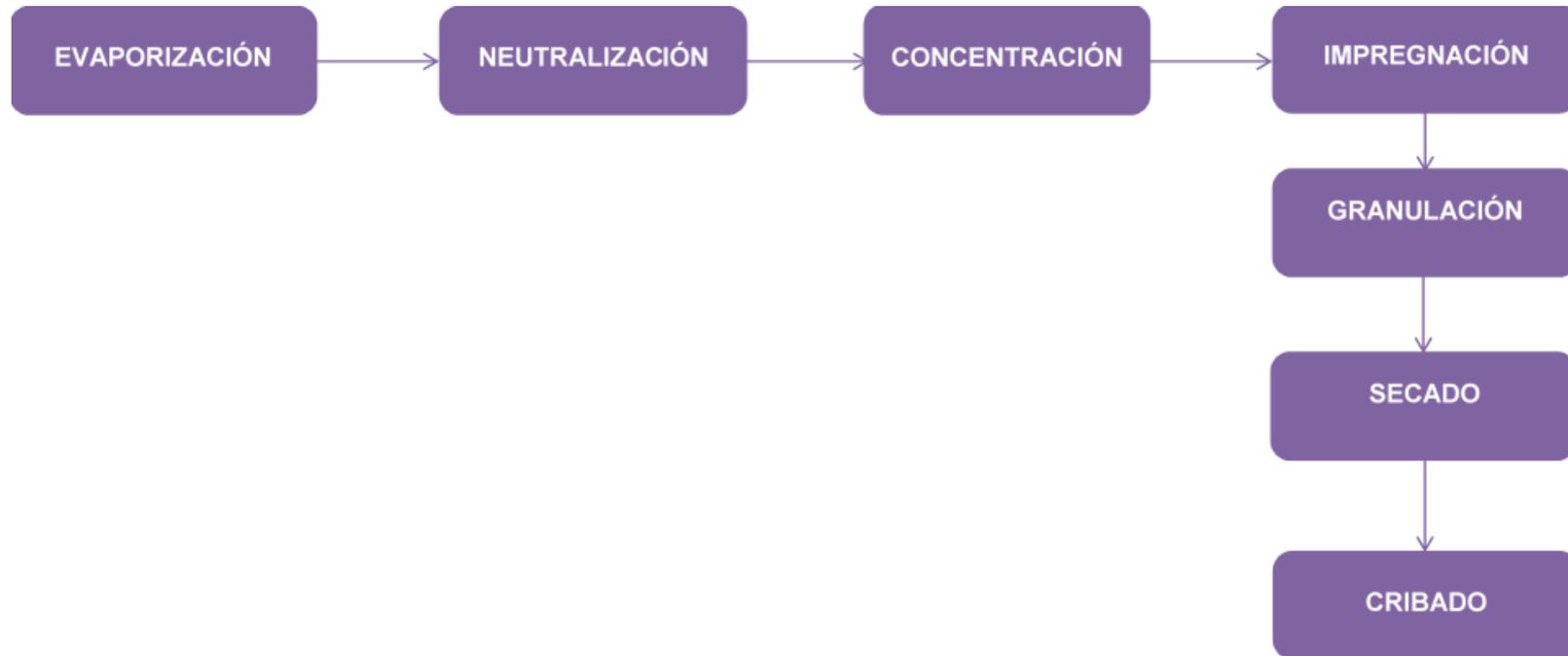
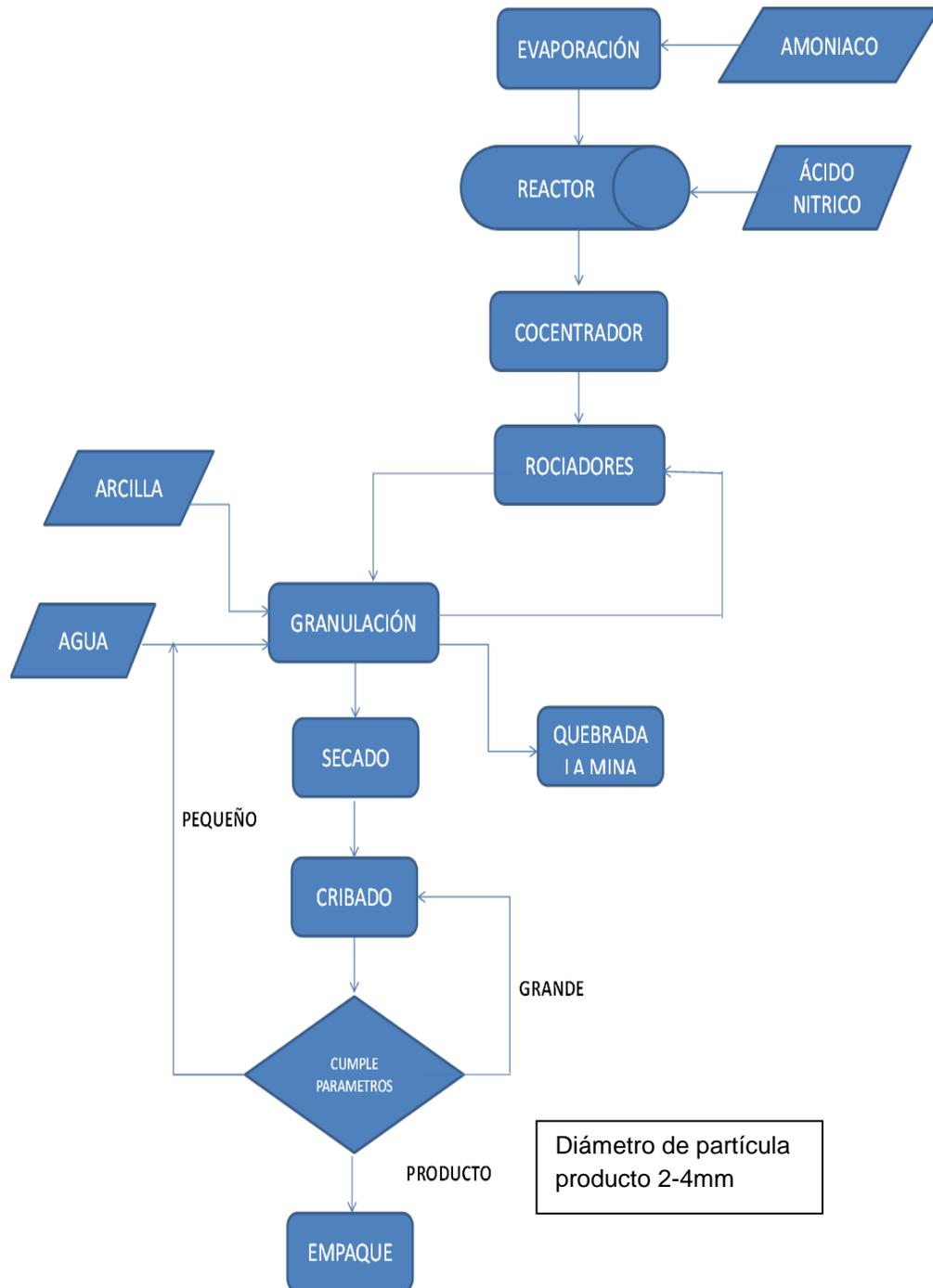


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de la planta de nitrato de amonio



2.2.2 Descripción actual del proceso de tratamiento de agua residual de la planta de nitrato de amonio. La empresa FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio, instalada en el año 2002.

La planta de tratamiento de agua de la planta de nitrato de amonio, ocupa aproximadamente un terreno de 30m de largo por 7m de ancho, que corresponde a un área de 210m². Tal y como se observa en la imagen 1, de acuerdo con sus características se trata de una planta compacta hidráulica porque en su estructura se incluyen las principales operaciones unitarias que intervienen en el tratamiento de agua.

Imagen 1. Vista actual de la planta de tratamiento de agua



Esta planta dejó de funcionar a finales del año 2012, según los registros encontrados en la empresa relacionados con la última compra del polímero floculador.

Sin embargo, se debe señalar que el principio básico de funcionamiento de esta planta de tratamiento es la coagulación de las partículas de arcilla por medio de un agente químico polimérico, que desestabiliza las partículas y permite la formación de un flóculo con mayor peso que decanta rápidamente. La figura 5. Presenta el diagrama de bloques del proceso de la PTAR.

Figura 5. Diagrama de bloques del proceso de tratamiento de aguas residuales.



La planta compacta Hidráulica funcionaba de manera continua durante el tiempo de operación del Sistema de Granulación en la Planta de Nitrato de Amonio. En la actualidad el agua residual de esta Planta es vertida sin tratamiento en la Quebrada la Mina.

En forma breve el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua de la planta de Nitrato de Amonio cuando se encontraba en funcionamiento era el siguiente:

Al efluente a tratar se le dosifica el polielectrolito catiónico, seleccionado como el de mayor capacidad coagulante para este tipo de aguas.

La dosificación del polímero se hacía desde un tanque donde se almacena y se mantiene homogéneo por agitación con aire. El polímero se inyecta al efluente a través de una bomba dosificadora con un flujo predeterminado mediante la Prueba de Jarras, según la concentración de los sólidos suspendidos a tratar. El efluente pasa luego a la Cámara de floculación, en donde se busca que ocurra un contacto íntimo entre los sólidos suspendidos y el polímero en el menor tiempo posible. El agua entra a esta cámara a través de un vertedero rectangular utilizado para aforar permanentemente.

El efluente sale de la cámara a través de un canal provisto de material granular que garantiza la formación de un flujo microturbulento, a fin de facilitar la formación de un flóculo denso y voluminoso por aglomeración de las micropartículas. Posteriormente, el agua tratada pasa al sedimentador donde ocurre la separación de los flóculos formados. El líquido clarificado pasa sobre el bafle de separación y los lodos formados van a la cámara de lodos. Finalmente, el agua tratada pasa a un tanque de almacenamiento temporal desde donde se recircula hacia el depurador de polvos a través de una bomba y se repite nuevamente el ciclo descrito. Los lodos separados provenientes de la Planta de Nitrato de Amonio son depositados en áreas aledañas a la Empresa. En las Figuras 6 y 7, se presentan el Diagrama de flujo y de proceso de la planta de

tratamiento de agua residual de la Planta de Nitrato de Amonio que se llevaba a cabo.

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de aguas residuales.

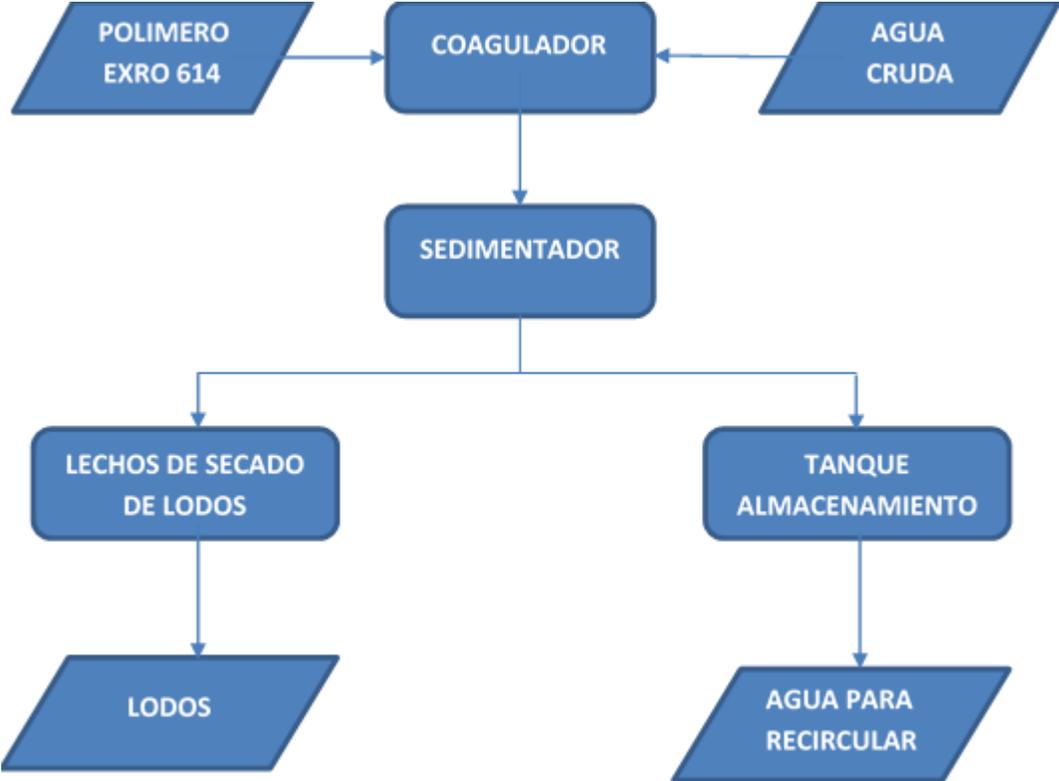
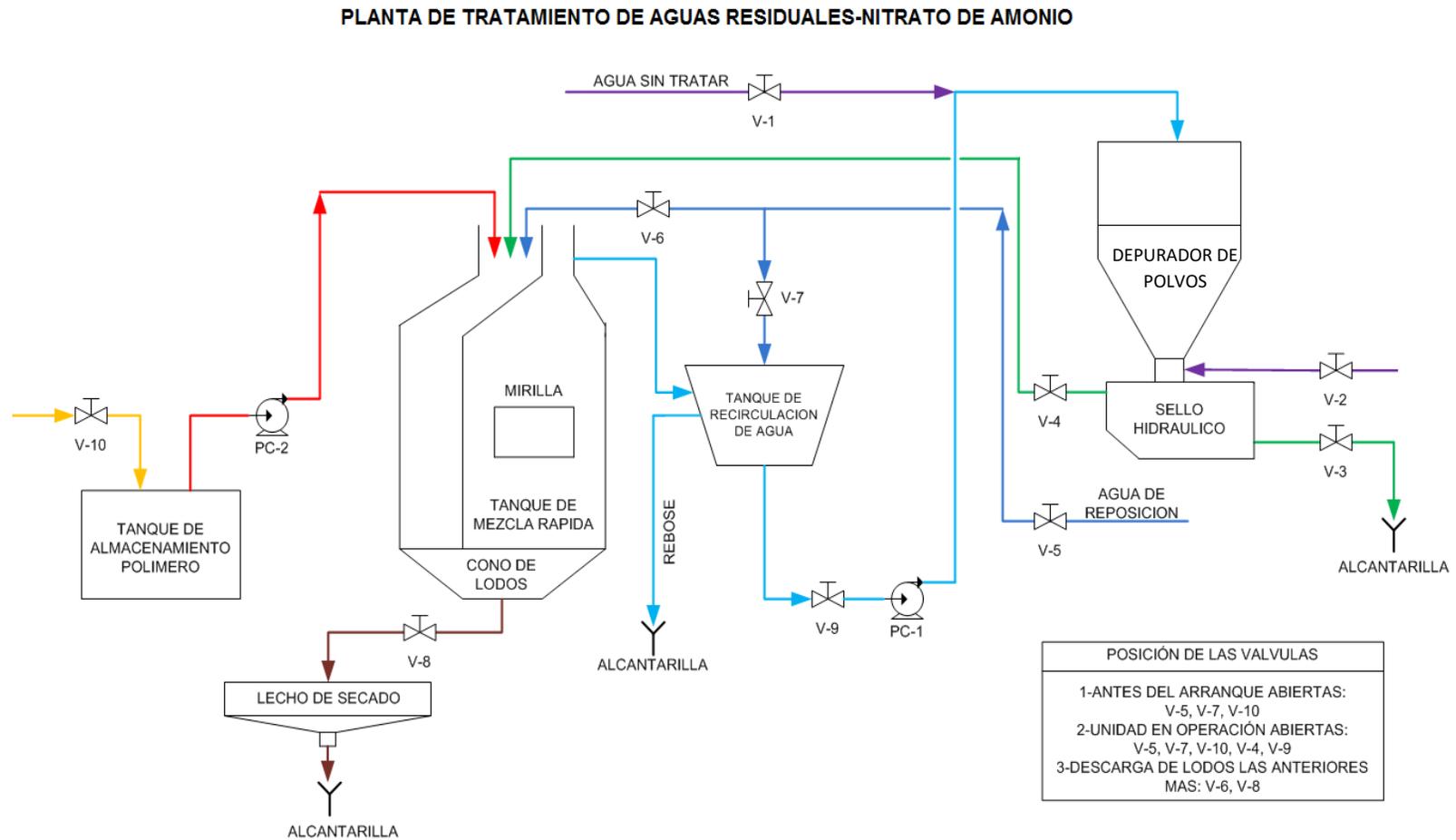


Figura 7. Diagrama de proceso planta de tratamiento agua residual Planta de nitrato de amonio de FERTICOL S.A.



Fuente: Guevara L., Calvo M., Torres A., Santos E. (1997). Plan de Manejo Ambiental P.M.A, Fertilizantes Colombianos S.A.

2.2.3 Descripción de equipos de la PTAR. La planta de tratamiento de aguas de nitrato de amonio consta de diferentes unidades, tal y como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de equipos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR

Equipos	Descripción
<p data-bbox="317 565 890 602">CONTENEDOR DE LA UNIDAD TOTAL</p> 	<p data-bbox="982 540 1852 721">Unidad en lámina de acero al carbón, que contiene las cámaras de floculación y sedimentación, en ella se inyecta el agua proveniente de la planta de nitrato de amonio; es allí, donde se efectúa la floculación para el tratamiento del agua. Tiene una capacidad de 2m³.</p> <p data-bbox="982 760 1136 792">MEDIDAS</p> <p data-bbox="982 834 1402 1052"> Altura total: 3,15 m Ancho: 1,2 m Largo: 1,2 m Inclinación cono: 45° Altura sección cónica: 0,56 m Lado cono: 0,68 m </p>

Cuadro 4. (Continuación)

Equipos	Descripción
<p data-bbox="338 407 869 440">CÁMARA DE MEZCLADO Y AFORO</p> 	<p data-bbox="984 444 1850 581">Esta cámara es la encargada de recibir el agua de la planta, es un vertedero de forma rectangular en lámina de acero al carbón y controla la cantidad de agua que llega a la cámara de floculación.</p> <p data-bbox="984 626 1129 659">MEDIDAS</p> <p data-bbox="984 699 1184 732">Altura: 0,45 m</p> <p data-bbox="984 737 1188 769">Ancho: 0,32 m</p> <p data-bbox="984 774 1182 807">Largo: 0,26 m</p>
<p data-bbox="390 894 816 927">CÁMARA DE FLOCULACIÓN</p>  	<p data-bbox="984 932 1850 1068">Cámara de acero al carbón, se encuentra debajo de la cámara de Mezclado y aforo; en ella se vierte material granular (recortes de tubería en PVC), para proporcionar un flujo microturbulento.</p> <p data-bbox="984 1114 1129 1146">MEDIDAS</p> <p data-bbox="984 1187 1184 1219">Altura: 1,35 m</p> <p data-bbox="984 1224 1178 1256">Ancho: 1,2 m</p> <p data-bbox="984 1261 1182 1294">Largo: 0,26 m</p>

Cuadro 4. (Continuación)

Equipos	Descripción
<p style="text-align: center;">CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN</p> 	<p>Aquí ocurre el proceso de sedimentación de los lodos formados por la floculación. Ésta cámara está compuesta por un concentrador de lodos, baffles de separación y módulos de sedimentación tipo lamada encargados de facilitar la sedimentación floc formado.</p> <p>MEDIDAS Altura: 1,35 m Ancho: 1,2 m Largo: 0,94 m</p>
<p style="text-align: center;">BOMBA DOSIFICADORA</p> <p>No está presente en la PTAR.</p>	<p>La dosificación se realiza por medio de una bomba dosificadora que transporta el polímero a la cámara de floculación en el contenedor de la unidad total, esta bomba cuenta con descarga graduable y es una bomba de 2 HP y de 220 voltios. De acuerdo con información suministrada esta bomba se encuentra dañada.</p>

Cuadro 4. (Continuación)

Equipos	Descripción
<p data-bbox="373 402 835 435">TANQUE DE RECIRCULACIÓN</p> 	<p data-bbox="982 443 1843 548">Es el tanque de agua utilizado para almacenar el agua tratada antes de ser enviada de nuevo al proceso de granulación. Tiene una capacidad de 2m³.</p>
<p data-bbox="384 883 825 948">BOMBA CENTRIFUGA HACIA RECIRCULACIÓN</p> 	<p data-bbox="982 919 1843 1097">El proceso de transporte del agua tratada de nuevo al proceso de granulación en la planta de nitrato de amonio se realiza por medio de una bomba centrífuga de 220 voltios y 1HP. Este equipo de la PTAR se encuentra en condiciones de uso.</p>

Cuadro 4. (Continuación)

Equipos	Descripción
<p data-bbox="289 407 919 472">CONTROL DE DESFOGUE DE LODOS DE FLOCULACIÓN</p> 	<p data-bbox="982 469 1843 573">Este proceso se realiza por medio de válvulas manuales, una manguera y tubería de descarga hacia los lechos de secado de lodos de 3” de diámetro.</p>
<p data-bbox="352 963 856 995">LECHOS DE SECADO DE LODOS</p> 	<p data-bbox="982 1000 1843 1101">Están constituidos por tres piscinas con membrana geotextil para el drenaje de la humedad, la capacidad de estos lechos es de 7m³.</p> <p data-bbox="982 1146 1129 1179">MEDIDAS</p> <p data-bbox="982 1219 1192 1328"> Altura:0,60 m Ancho: 3,12 m Largo: 3,60 m </p>

2.3 DIAGNOSTICO DE OPERACIÓN

Como ya se indicó, la PTAR no se encuentra en funcionamiento por lo que la operación no cuenta con supervisión, ni se realiza análisis químico alguno. La PTAR presenta bastante deterioro causado por el paso de los años y la falta de mantenimiento en las estructuras que la componen, generando erosión en la pintura, corrosión en las partes desprotegidas y taponamiento de tuberías.

Existe un laboratorio de pruebas, sin embargo, se utiliza para otros análisis de producción. Este laboratorio cuenta con todos los equipos necesarios para realizar las pruebas de control para este proceso de tratamiento. El cuadro 5 presenta la descripción de los equipos presentes en el laboratorio de fertilizantes colombianos para realizar el test de jarras y control de pH.

Cuadro 5. Equipos presentes en el laboratorio de FERTICOL S.A.

Equipo	Descripción
<p data-bbox="440 810 711 842">TEST DE JARRAS</p> 	<p data-bbox="863 940 1458 1150">Es un test de jarras de la marca VELD SCIENTIFICA en la referencia JLT6. Cuenta con 6 puestos para realizar los procedimientos de análisis. Y en el laboratorio se cuenta con 6 beakers de 1000mL para estos análisis.</p>
<p data-bbox="451 1325 699 1356">TURBIDÍMETRO</p> 	<p data-bbox="863 1455 1458 1560">Es un Turbidímetro de la marca HACH en la referencia 2100Q. Es un instrumento utilizado para medir la turbidez en NTU.</p>

Cuadro 5. (Continuación)

Equipo	Descripción
<p data-bbox="493 331 657 363" style="text-align: center;">pH METRO</p> 	<p data-bbox="865 394 1458 646">Es un pH metro de la marca HANNA INSTRUMENTS en la referencia pH 210. Este instrumento es utilizado para medir las unidades de pH. Se encuentra en buenas condiciones y se realizan calibraciones, no se tiene registro de periodicidad de estas.</p>

De acuerdo con información suministrada, con anterioridad a la suspensión de operación de la PTAR (finales de 2012), los análisis se realizaban en periodos intermitentes; no se llevaba un seguimiento continuo del agua en diferentes puntos y de vez en cuando se realizaban ensayos de jarras y cambio de dosificaciones. Adicionalmente no se presentaba control en los procesos realizados ni cadena de custodia de las muestras recolectadas, por lo que no existe documentación alguna de los procesos efectuados en el laboratorio frente al control de aguas residuales.

De otra parte y con relación al control de operaciones, se observa que no se presentan medidores de caudal en la entrada del proceso de tratamiento, ni en ninguna parte durante la utilización del agua en el proceso de producción de la planta de nitrato de amonio, por lo que no se cuenta con un control ni registro del volumen de agua cruda utilizada ni del agua tratada en la PTAR.

2.4 DIAGNOSTICO DE DISEÑO

La planta de tratamiento de agua tiene las unidades básicas de un sistema convencional, pero se debe hacer una revisión para identificar las unidades existentes, si se encuentran en condiciones de funcionamiento y cuáles habría que re-implementar al proceso, esta información se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Verificación de unidades del sistema de tratamiento.

Unidad	CANT.	Existe	Posibilidad de funcionamiento	Observaciones
Contenedor de la unidad total	1	Si	Si	Se encuentra deteriorada la pintura y el material se encuentra oxidado. Se desconoce la empresa fabricante del equipo debido a la falta de registros en la empresa.
Tanque contenedor floculante	1	Si	No	Es un tanque de aluminio de 1m ³ de capacidad, se encuentra totalmente deteriorado. No presenta sistema de mezclado debido a que el floculante utilizado era líquido. No se realizaba ninguna dilución del mismo.
Medidor de caudales	2	No	No	No se presenta control de volumen de agua
Válvulas	4	No	No	Se verifica la existencia de una sola válvula empleada para el control de desagüe de lodos a lechos de secado. No funciona
Bomba transportadora del floculante al tanque de floculación	1	No	No	Se encuentra dañada y fue retirada del sitio asignado en la PTAR. No se encuentra en el departamento de materiales ni mantenimiento
Coagulante	1	No	NA	No presenta coagulante para desestabilizar las cargas de las partículas
Floculante	1	No	NA	El floculante que se venía utilizando antes de que se dañara la bomba transportadora era un polielectrolito catiónico de la empresa EXRO Ltda. con referencia EXRO 614. La ficha técnica se presenta en el Anexo B. El último reporte existente de compra es del año 2012

Cuadro 6. (Continuación) 1

Unidad	CANT.	Existe	Posibilidad de funcionamiento	Observaciones
Tanque de almacenamiento para recirculación	1	Si	Si	Es un tanque de agua de biocapa multiusos de referencia perdurit en PVC de la marca COLOMBIT, con 2m ³ de capacidad. Se encuentra en buen estado.
Tubería de Lodos	1	Si/No	No	Se presenta un tramo de la tubería con una longitud de 9m perteneciente a la llegada de la tubería a los lechos de secado de lodos hacia el contenedor de la unidad total. La manguera que conecta la tubería con la salida de la cámara de sedimentación de lodos se encuentra taponada y en mal estado, rota e incompleta.
Piscinas de secado de lodos	3	Si	Si	Se encuentran 3 piscinas de secado, presentan deterioro en las rendijas de drenaje debido a la falta de mantenimiento. No existen las membranas geotextiles.

Nota: NA: No aplica

En conclusión teniendo en cuenta que la empresa dejó de realizar mantenimiento a la PTAR, se empezaron a deteriorar los equipos dando como consecuencia el daño de la bomba dosificadora de polímero, la pérdida de una parte de la tubería que conectaba el tanque de mezcla rápida con las piscinas de secado de lodos y el taponamiento del resto de las tuberías lo que conllevó a la suspensión del funcionamiento de la PTAR desde finales del 2012 y como consecuencia de esta situación el agua residual es vertida sin tratamiento en la quebrada “la mina” sitio establecido por la empresa para desechar los residuos generados en la planta de nitrato de amonio.

2.5 DIAGNÓSTICO QUIMICO – CARACTERIZACION DEL AGUA

Para el proceso de caracterización del agua residual de la planta de nitrato de amonio se realizó una toma de muestras por medio de un muestreo compuesto el cual, es el apropiado para la recolección de este tipo de muestras.

Este consistió en la recolección de agua en un periodo de tiempo de 5 horas con intervalos para la toma de muestra de media hora el proceso consistió en la captación de 1000mL de agua por cada toma, estas muestras se almacenaron en refrigeración continua para evitar la alteración de las propiedades en el transcurso del proceso. Al tener todas las muestras se procedió a combinarlas en un solo recipiente y tomar una sola muestra de 1000mL para ser llevada al laboratorio para realizar los análisis correspondientes.

Por otra parte, se realizó una única toma de 1000mL para el análisis de grasas y aceites debido a las condiciones especiales que requería por el laboratorio para el análisis, estos requisitos son: toma única y estar contenido en un recipiente de vidrio de boca ancha; al igual que la muestra compuesta, esta muestra estuvo en refrigeración hasta el momento de ser enviada al laboratorio para el análisis.

Al mismo tiempo en que se recolectaban las muestras se realizaron diferentes pruebas IN-SITU que consistieron en la medición de pH, Temperatura y caudal, este último por medio del método volumétrico, donde se realizó el aforo de un recipiente con capacidad de 5 galones.

La tabla 1 presenta los resultados de la medición de los parámetros descritos.

Tabla 1. Parámetros tomados IN-SITU.

Muestra	Hora (AM)	pH	TEMP. (°C)	Tiempo (s)	Caudal (m³/s)
1	6:30	3.97	30	1.56	0.00121
2	7:00	3.94	30	1.59	0.00119
3	7:30	3.95	29	1.70	0.00111
4	8:00	3.97	31	1.64	0.00115
5	8:30	3.98	30	1.60	0.00118
6	9:00	3.97	32	1.58	0.00120

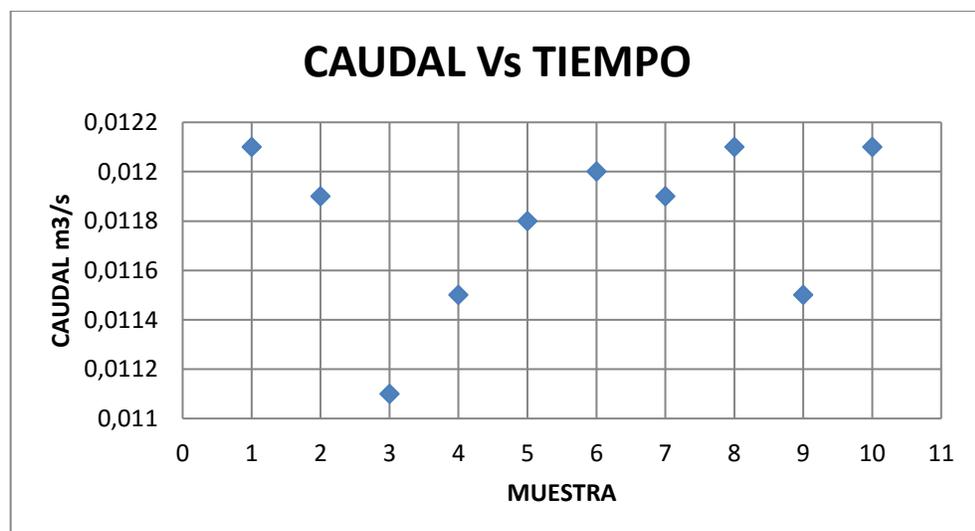
Tabla 1. (Continuación)

Muestra	Hora (AM)	pH	TEMP. (°C)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
7	9:30	3.95	30	1.59	0.00119
8	10:00	3.96	30	1.57	0.00121
9	10:30	3.97	28	1.65	0.00115
10	11:00	3.99	30	1.57	0.00121
Promedio		3.965	30	1.605	0.00118
Desviación estándar muestral		0,01509	1,05409	0,04453	0,000033

Se decidió realizar esta toma en un solo día debido a que la utilización del agua para la retención de finos en el proceso de granulación no se lleva a cabo de manera continua, siendo utilizado solo mientras el proceso de granulación y clasificación es realizado, esto para 2 de 3 procesos que se presentan en la planta de nitrato de amonio en dos turnos al día de 6am a 2pm y de 2pm a 10pm.

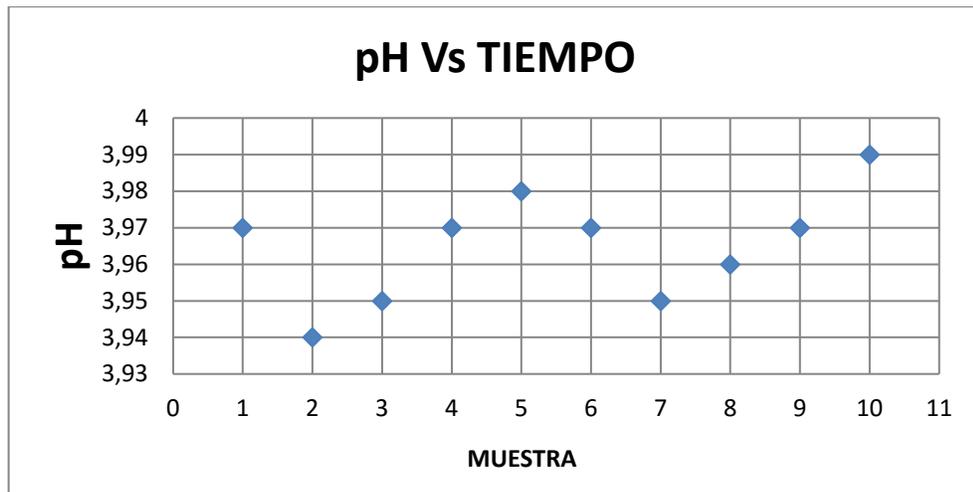
En la gráfica 1, se muestra la variación del caudal con relación a cada una de las muestras tomadas donde se refleja como caudal mínimo 0,00111m³/s y como máximo 0,00121 m³/s; teniendo estos valores una diferencia de 8.26% lo cual se puede corroborar por medio de la desviación estándar que para este caso es de 0,000033 con relación a la muestra, por esta razón se tomó un valor promedio para determinar la cantidad de agua que será utilizada en el proceso.

Grafica 1. Caudal Vs Tiempo



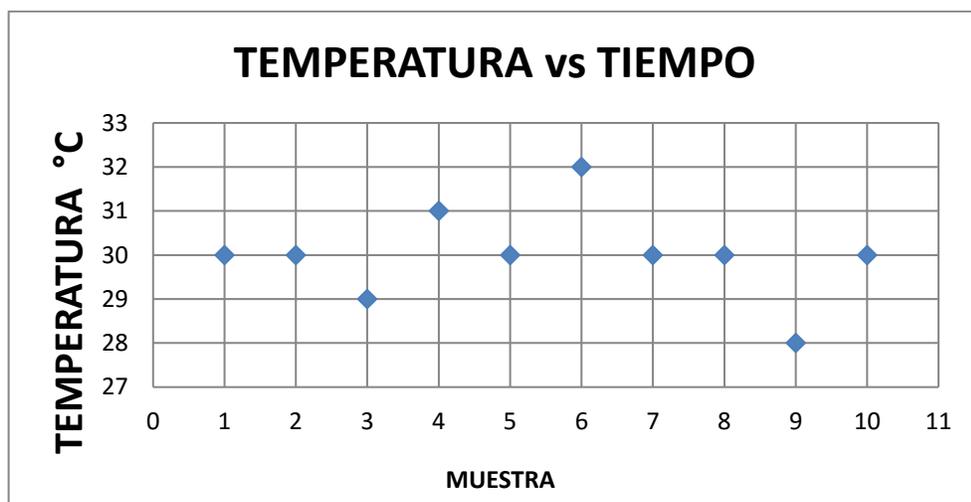
De igual manera, la gráfica 2 presenta la variación del pH en el tiempo, siendo el valor mínimo de pH 3,94 y como máximo 3,99 por lo que se tomó también un valor promedio de estos valores debido a que tiene una diferencia de 1.27% y una desviación estándar con relación al promedio de 0,01509.

Gráfica 2. pH vs Tiempo



Por último, la temperatura durante el proceso no tuvo una gran variación y se mantuvo cercana a la temperatura ambiente de 30°C que es la correspondiente en la ciudad de Barrancabermeja, siendo el punto más alto 32°C y el más bajo 28°C, con una diferencia de 12,5% y una desviación estándar de 1,05409, la gráfica 3 muestra la variación de este parámetro con respecto al tiempo.

Gráfica 3. Temperatura vs Tiempo



Las muestras tomadas el día 18 de noviembre de 2015 fueron enviadas al laboratorio químico de consultas industriales de la Universidad Industrial de Santander -UIS en la ciudad de Bucaramanga al día siguiente, 19 de noviembre. Se realizaron diferentes pruebas para determinar los componentes presentes en el agua, en la tabla 2 se presentan los análisis y los resultados que arrojaron comparados con la resolución 1207 de 2014¹⁷ en la que se establecen los límites permitidos de sustancias en el agua para ser reutilizada en procesos de la misma empresa y con la resolución 0631 de 2015¹⁸ donde se establecen los límites permitidos de sustancias en el agua para el vertimiento de las mismas. Adicionalmente se presenta el parámetro de pH dado que este también está contemplado en la normatividad.

Tabla 2. Resultado de los análisis del agua.

Parámetro	Resultado	Resolución 1207 de 2014 Reutilización	Resolución 631 de 2015 Vertimiento
DBO (mgO ₂ /L)	95	30	60
DQO (mgO ₂ /L)	219	--	180
Grasas y aceites (mg/L)	0,53	--	15
Nitritos (mgNO ₂ ⁻ /L)	0,097	--	Análisis y reporte
Nitratos (mgNO ₃ ⁻ /L)	0,27	5	Análisis y reporte
Sólidos Suspendidos (mg/L)	1880	--	50
Sólidos Disueltos (mg/L)	1436	--	
Sólidos Totales (mg/L)	3316	--	50
Sólidos Sedimentables (ml/L)	4,8	--	1,0
Alcalinidad Total (mgCaCO ₃ /L)	23	--	Análisis y reporte
Acidez Total (mgCaCO ₃ /L)	165,6	--	Análisis y reporte
pH promedio	3,965	6-9	6-9

Como se observa en la Tabla 2, los resultados obtenidos muestran un gran contenido de sólidos producto de la utilización de arcilla en el proceso, ésta es arrastrada debido al gran caudal con el que circula el agua. Por lo tanto, este va a ser uno de los parámetros principales para determinar las diferentes alternativas a estudiar, dado que lo que se pretende es retirar del agua los sólidos finos de la corriente de proceso.

¹⁷ En el anexo C se presenta la tabla de valores máximos permitidos para reutilización en la industria

¹⁸ En el anexo D se presenta la tabla de valores máximos permitidos para vertimiento en la industria petroquímica

Además, el agua se encuentra en un rango de pH demasiado bajo por lo que el agua saliente es ácida esto se confirma gracias al análisis de acidez total que presenta un alto valor de CaCO_3 para lograr la neutralización. Y para ser utilizada para el propósito de reutilización esta debe tener un pH mayor, que debe estar entre 6 y 9.

Por otra parte, se presenta un contenido de $95 \text{ mgO}_2/\text{L}$ para el parámetro de DBO, que al ser comparado con la norma de reutilización se encuentra fuera de los límites permitidos, por lo que será un parámetro a considerar en la postulación y selección de las alternativas.

En cuanto al parámetro de nitratos teniendo un valor de $0.27 \text{ mgNO}_3/\text{L}$ al estar cumpliendo con la norma, no será necesario considerarlo en ninguna de las alternativas de mejoramiento.

Finalmente debe señalarse que actualmente se cumple con la resolución 0631 de 2015 relacionada con el vertimiento de aguas residuales en relación al nivel máximo permitido de grasas y aceites presentes en el agua que se reporta $0,53 \text{ mg/L}$. Aun así, para los parámetros de sólidos suspendidos, totales y sólidos sedimentables no se está cumpliendo con la norma; tampoco cumple con el pH que se encuentra en 3,965 y debe estar entre 6 y 9. Igualmente se presenta un valor de DQO de $219 \text{ mgO}_2/\text{L}$ que no es adecuado para el vertimiento por cuanto el máximo permitido es de $180 \text{ mgO}_2/\text{L}$. En cuanto al DBO éste se encuentra en $95 \text{ mgO}_2/\text{L}$ encontrándose fuera de los límites permitidos por la normatividad vigente de $60 \text{ mgO}_2/\text{L}$ por lo que es indispensable que se reactive la utilización de la PTAR y el agua sea tratada y reutilizada y no vertida sin tratamiento alguno en la quebrada La Mina como se está efectuando actualmente, con el fin de evitar posibles sanciones por contaminación ambiental.

El reporte de los resultados realizados en el laboratorio de la UIS se presenta de manera detallada en el anexo E.

3. EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE NITRATO DE AMONIO

En este capítulo se presentan las diferentes alternativas que se consideraron para el mejoramiento de la PTAR, tanto a nivel de tratamiento de aguas como del funcionamiento de la Planta.

3.1 ESTUDIO DE PROCESOS PARA EL PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Debido a que el agua a tratar va a ser reutilizada por la misma empresa se debe tener en cuenta la resolución 1207 de 2014¹⁹, en la cual, se plantean los límites máximos permitidos de sustancias presentes en el agua para su reutilización en diferentes actividades. Dentro de la normatividad se presentan parámetros como DBO, pH y nitratos, clasificados en diferentes categorías dependiendo del uso que se vaya a dar al recurso hídrico.

En la tabla 3 se presentan los valores máximos para la reutilización de aguas residuales con fines de uso en los mismos procesos de la empresa o limpieza, comparándolos con los parámetros encontrados en el diagnóstico del agua.

Tabla 3. Comparación parámetros medidos contra valores máximos permitidos para el reuso

Parámetro	Estado actual de la planta	Resolución 1207 de 2014
DBO (mgO ₂ /L)	95	30
Nitratos (mgNO ₃ ⁻ /L)	0,27	5
pH promedio	3,965	6-9

Como se puede observar en la tabla 3, son tres parámetros los que se contemplan en la resolución, por lo que estos se consideraron para el planteamiento de las alternativas.

Además, como se presentó en el capítulo 2, los principales contaminantes del agua son sólidos por lo que las propuestas se centraron igualmente en la remoción de sólidos en suspensión, sólidos sedimentables y sólidos disueltos, dado que el objetivo del uso del agua es el control de material particulado.

Como ya se vio anteriormente, los procesos de tratamiento serán enfocados en la eliminación de sólidos, disminución del DBO y corrección del pH., por lo cual, según la revisión bibliográfica se estableció que para cumplir con el objetivo

¹⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1207 de 2014(25, julio, 2014). Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2014.

descrito se cuenta con diferentes operaciones unitarias, las cuales están divididas según los compuestos a eliminar.

En el cuadro 7 se presentan los diferentes parámetros a remover y los posibles tratamientos que cumplen con estos parámetros.

Cuadro 7. Posibles tratamientos según parámetros.

Parámetros	Posibles tratamientos
Reducción de DBO	Tratamientos primarios
Eliminación de sólidos	Tratamientos primarios, terciarios
Corrección pH	Tratamientos primarios

Para el caso de estudio los procesos contemplados en los tratamientos secundarios no son tenidos en cuenta debido a que el objetivo principal de estos es la eliminación de materia orgánica biodegradable.

Así las cosas, se estudió el conjunto de operaciones unitarias adecuadas para cumplir con la remoción de las sustancias presentes en el agua, la reducción de BDO y la corrección del pH y lograr el nivel de calidad del agua establecida por la normatividad vigente, determinando que corresponden a los tratamientos primarios y terciarios como se describen en el cuadro 8.

Cuadro 8. Operaciones unitarias según contaminantes.

Contaminantes	Operaciones unitarias
DQO Y DBO Sólidos suspendidos	Decantación Sedimentación con químicos (floculación) Filtración Flotación Precipitación química (coagulación) Cloración Intercambio iónico Ultrafiltración Electrodialisis
pH	Neutralización Homogenización

Por otra parte, se analizaron estas operaciones unitarias y se determinaron los usos, las ventajas y desventajas que cada una de ellas puede presentar en el proceso de tratamientos de aguas. Para el estudio de estas operaciones se tomarán en cuenta de la más sencilla hasta la que presente una tecnología más compleja. Este proceso se realiza para encontrar las opciones que mejor se adecuen a los requerimientos tanto de la empresa como de la normatividad vigente.

3.1.1 Homogenización. Este proceso consiste en la mezcla de dos corrientes para formar una sola con características relativamente constantes. En el cuadro 9 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 9. Ventajas Vs desventajas de la homogenización.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elimina o reduce las cargas de choque²⁰ 2. Se establece el pH 3. Mejora el control de dosificación para tratamientos siguientes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se necesitan varias corrientes con diferentes pH para lograr un ajuste adecuado

3.1.2 Neutralización. Por medio de este proceso se ajusta el pH de una corriente de agua residual gracias a un agente ácido y alcalino. En el cuadro 10 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 10. Ventajas Vs desventajas de la neutralización.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Proceso de fácil implementación 2. Adecua el efluente para los demás procesos 3. Bajo costo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requiere de control de la dosificación constante

3.1.3. Decantación. Este proceso se realiza netamente por acción de la gravedad, elimina los sólidos presentes en el agua. En el cuadro 11 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 11. Ventajas Vs desventajas de la decantación.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disminución de DQO Y DBO, sólidos suspendidos totales 2. No requiere de agentes adicionales 3. Proceso de fácil implementación 4. Bajos costos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tiempos alto para lograr gran remoción

3.1.4 Sedimentación con químicos – floculación. Este proceso requiere de agentes químicos para el aumento de tamaño de las partículas y por ende, del peso específico con esto aumenta la velocidad de sedimentación realizando un

²⁰METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. 3 ed. Madrid, España: McGraw-Hill, 1995. Vol. 1. 234 p.

proceso más rápido y efectivo con relación a la decantación. En el cuadro 12 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 12. Ventajas Vs desventajas de la sedimentación con químicos.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disminución de DQO Y DBO, sólidos suspendidos totales. 2. Gran variedad de agentes químicos 3. Procesos de fácil implementación 4. Bajos costos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puede necesitar de un coagulante para mayor eficiencia 2. Requiere de control de la dosificación constante

3.1.5 Filtración. El objetivo es eliminar los sólidos en suspensión presentes después de un tratamiento químico o biológico. En el cuadro 13 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 13. Ventajas Vs desventajas de la filtración.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disminuye DBO y sólidos en suspensión 2. Elimina fosforo precipitado por vía química 3. Variedad de filtros 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lavado o regeneración de filtros 2. Costos medios

3.1.6 Flotación. Se emplea para la separación de sólidos por medio de la generación de burbujas en el agua de tratamiento. En el cuadro 14 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 14. Ventajas Vs desventajas de la flotación.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Permite la eliminación más rápida de partículas de tamaño muy pequeño comparado con la sedimentación 2. Disminución de DBO Y DQO, sólidos suspendidos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Altos costos debido al vacío de requiere la operación 2. Control constante del vacío para lograr la saturación, debido a la diferencia de las aguas. 3. No es posible utilizarlo con sustancias de gran peso

3.1.7 Precipitación química – coagulación. Se lleva a cabo por la adición de productos químicos (coagulantes) los cuales reaccionan alterando el estado físico de sólidos disueltos y suspendidos para facilitar la eliminación. En el cuadro 15 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 15. Ventajas Vs desventajas de la precipitación química.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disminución de DQO Y DBO, sólidos suspendidos y disueltos 2. Variedad de agentes químicos 3. Procesos de fácil implementación 4. Bajos costos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requiere de control de la dosificación constante

3.1.8 Cloración: se realiza por medio de la adición de compuestos de cloro al agua para la desinfección. En el cuadro 16 se muestran las ventajas y desventajas de este proceso.

Cuadro 16. Ventajas Vs desventajas de la cloración.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disminución de DBO 2. Variedad de agentes químicos 3. Bajos costos 4. Variedad de usos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se debe mantener el pH ácido 2. Requiere control constante de la dosificación

3.1.9 Intercambio iónico. Es un método por el cual los iones de las especies presentes en el agua desplazan los iones insolubles de un material de intercambio, las resinas de intercambio iónico. En el cuadro 17 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 17. Ventajas Vs desventajas del intercambio iónico.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 5. Alta eliminación de sólidos disueltos 6. Alta capacidad de tratamiento 7. Resinas de alta duración y fácil regeneración 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Altas concentraciones de sólidos suspendidos pueden taponar los lechos de intercambio iónico. 2. Los iones disueltos no se eliminan por igual, debido a que cada resina de intercambio iónico se caracteriza por una serie selectiva²¹ 3. Altos costos

²¹METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. 3 ed. Madrid, España: McGraw-Hill, 1995. Vol. 2. 857 p.

3.1.10 Ultrafiltración. Se utilizan membranas porosas para la eliminación de materia disuelta y coloidal, presenta presiones relativamente bajas, inferiores a 1034kPa²². En el cuadro 18 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 18. Ventajas Vs desventajas de la ultrafiltración.

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elimina materia coloidal y moléculas de gran tamaño con pesos moleculares mayores a 5000²³ 2. Eliminación de la turbidez causada por coloides 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alto costo de las membranas 2. Procesos de limpieza para la membrana

3.1.11 Electrodiálisis. La separación se hace por medio de una membrana semipermeable selectiva de iones y electrodos aniónico y catiónico, acomodados alternados entre ellos. En el cuadro 19 se muestran las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 19. Ventajas Vs desventajas de la electrodiálisis

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alta eliminación de sólidos disueltos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posible precipitación de sales en la superficie de la membrana 2. Obstrucción de la membrana por alto contenido de material coloidal 3. Alto costo

3.2 ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Con la información antes señalada es posible establecer cuáles son las operaciones y procesos que se tendrán en cuenta para las alternativas. Como primera medida se observa que tratamientos como intercambio iónico, electrodiálisis y ultrafiltración no son convenientes para tratar este tipo de agua dada la gran cantidad de sólidos suspendidos que se presentan en el agua. Adicionalmente, debido al principio de funcionamiento de la flotación, este tampoco es adecuado para ser tenido en cuenta en las alternativas.

Por otro lado, se observa que los tratamientos primarios como coagulación o floculación presentan buenas posibilidades para el tratamiento de las aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en FERTICOL S.A., como también el

²²Ibid., p. 858.

²³Ibid., p. 858.

proceso de cloración por su capacidad de disminuir la concentración de DBO en el agua y la filtración por su capacidad de disminuir el DBO y eliminar sólidos suspendidos; por último, se establece que la neutralización es un proceso fundamental en cada una de las alternativas a seleccionar debido a que el pH es muy bajo.

Por ello, se establecieron tres diferentes alternativas para el tratamiento y son descritas a continuación:

3.2.1 Descripción alternativa 1. Nos presenta diferentes procesos dentro de los cuales está la cloración que por medio de agentes clorados tiene la capacidad de disminuir el DBO, seguido a esto se realiza una neutralización donde se pretende corregir el pH para evitar inconvenientes con los procesos posteriores; por último, se realiza una decantación primaria que pretende eliminar los sólidos suspendidos y la concentración de DBO. La figura 8, muestra el diagrama de bloques para la alternativa 1.

Figura 8. Diagrama de bloques alternativa 1.



3.2.2 Descripción alternativa 2. Esta alternativa presenta diferentes procesos dentro ellos está como primera etapa la neutralización que corrige el pH y evita que se presenten inconvenientes en los procesos posteriores, seguido a esto se estableció una decantación primaria para eliminar solidos suspendidos por acción de la gravedad y la disminución del DBO, DQO y turbidez; por último, se realiza una filtración donde se pueden eliminar sólidos suspendidos que no se pudieron retirar en la decantación anterior. La figura 9, muestra el diagrama de bloques para la alternativa 2.

Figura 9. Diagrama de bloques para la alternativa 2.



3.2.3 Descripción alternativa 3. Los tratamientos primarios muestran diferentes procesos dentro de los cuales se presenta una neutralización cuya finalidad es corregir el pH para evitar inconvenientes con los procesos posteriores, además se realiza un proceso de coagulación para desestabilizar las cargas presentes en el agua y poder tener una floculación con mejores resultados, estos procesos permiten la disminución del DBO, DQO, turbidez y mejora el color del agua, seguido a estos procesos se realiza una sedimentación que permite la separación

de los flocs formados en los pasos anteriores del agua tratada. La figura 10 muestra el diagrama de bloques para el proceso planteado.

Figura 10. Diagrama de bloque para la alternativa 3.



3.3 SELECCIÓN

3.3.1 Criterios de selección. Existen diferentes parámetros que influyen sobre la posibilidad de la implementación de alguna de las alternativas, por ello es importante tenerlos en cuenta para escoger el conjunto de procesos adecuados para el tratamiento del agua de estudio.

Para realizar la selección de la alternativa adecuada para el tratamiento de aguas en FERTICOL S.A. se necesita de una matriz de selección ponderada donde se evalúan y califican diferentes criterios que son relevantes tanto para la empresa como para el proceso de tratamiento.

El cuadro 20 presenta los criterios de selección y el rango de calificación en el que será evaluado.

Cuadro 20. Criterios de selección y rango de calificación.

Criterio	Descripción	Calificación	%
Factibilidad	Con relación a la infraestructura existente y al proceso realizado anteriormente, se busca que la alternativa se adecue y complemente los procesos realizados.	0-5	25%
Costos implicados	Se evalúa con relación a los costos generados en la implementación de la alternativa. Se busca que la alternativa no requiera una alto inversión económica.	0-5	25%

Cuadro 20. (Continuación)

Criterio	Descripción	Calificación	%
Remoción de sustancias	Es el porcentaje de remoción teórico de cada sustancia con el fin de cumplir con la normatividad vigente para la reutilización de agua. Se busca que la alternativa cumpla con los parámetros contemplados en la normatividad.	0-5	15%
Requerimiento de área	Se refiere a la necesidad de aumentar la cantidad de área existente destinada para la PTAR en la planta de nitrato de amonio. Se busca que la alternativa no requiera de un área adicional para el funcionamiento	0-5	15%
Mantenimiento	se refiere a la necesidad de mantenimiento de los equipos con relación a cada proceso. Se busca que la alternativa no necesite gran cantidad de equipos para evitar altos costos de mantenimiento.	0-5	5%
Personal	La cantidad de personal necesario para la operación de la PTAR. Se busca que la alterativa requiera poco personal para el manejo de los equipos y pruebas de laboratorio.	0-5	5%
Necesidades químicas	Se refiere a la necesidad de agentes químicos para el tratamiento. Se busca que la alternativa no requiera de varios agentes químicos.	0-5	5%
Tiempo de implementación	se refiere al tiempo necesario para implementar y poder en funcionamiento la alternativa. Se busca que la alternativa requiera poco tiempo de implementación.	0-5	5%

3.3.2 Evaluación de criterios de selección. para la matriz de selección se evaluaron los criterios mencionados anteriormente y en el cuadro 21 se presenta el resultado con relación a las tres alternativas planteadas.

Cuadro 21. Evaluación de los criterios de selección por cada alternativa.

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Factibilidad	Para esta alternativa es necesario la implementación de un nuevo sistema de tratamiento por lo que no se adecua ni complementa los equipos ni la infraestructura existente.	De igual manera para esta alternativa la empresa no cuanta con infraestructura dentro de la PTAR para este tratamiento por lo que esta alternativa no se adapta ni complementa lo existente.	La estructura y equipos de la PTAR presentan un tanque floculador el cual se puede adaptar con el proceso propuesto en esta alternativa por lo cual complementa y se ajusta a lo existente.
Costos implicados	Los costos para esta alternativa están sujetos principalmente a la adquisición de los equipos para cloración y la decantación.	Para esta alternativa se presentan los costos principalmente para la compra de los equipos de decantación y filtración	Para este proceso se presenta un costo de inversión principal debido a la presencia de una neutralización que en este caso no se puede realizar en el equipo existente y se necesita un equipo adicional que es un tanque donde se lleve a cabo la neutralización.
Remoción de sustancias	En el numeral 3.3.2.1, se analizará individualmente cada alternativa para este criterio		

Cuadro 21. (Continuación)

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<p>Requerimiento de área</p>	<p>Debido a que se requieren de equipos adicionales para este proceso se requiere un aumento del área establecida para la PTAR</p>	<p>Por la presencia de filtros para el tratamiento de igual forma se requiere de una mayor área para el tratamiento.</p>	<p>Por los equipos complementarios que requiere la alternativa se necesita un aumento de área para el funcionamiento de la PTAR.</p>
<p>Mantenimiento</p>	<p>Con relación a este punto se presenta que cada equipo implicado en el tratamiento requiere de un mantenimiento periódico dependiendo de la complejidad del proceso que realice y del mismo equipo. Por la presencia de cloración se necesita de constante monitoreo del impacto de los agentes clorados en el equipo. Adicionalmente, el equipo de decantación necesita de limpieza constante por la cantidad de sedimento generado.</p>	<p>Con relación a este punto se presenta que cada equipo implicado en el tratamiento requiere de un mantenimiento periódico dependiendo de la complejidad del proceso que realice y del mismo equipo. En este caso presenta una filtración por lo que se necesita monitorio para los agentes filtrantes para su adecuado funcionamiento, por otro lado, el equipo de decantación necesita de limpieza constante por la cantidad de sedimento generado.</p>	<p>Con relación a este punto se presenta que cada equipo implicado en el tratamiento requiere de un mantenimiento periódico dependiendo de la complejidad del proceso que realice y del mismo equipo. En este caso, el tanque de flocculación requiere mantenimiento constante y limpieza por la cantidad de sedimento generado en los procesos de coagulación y flocculación.</p>

Cuadro 21. (Continuación)

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Personal	En relación al personal requerido en planta se requiere de operarios que controlen los tableros de mando para mantener el proceso constante. En relación al laboratorio se necesita personal que realice las curvas de cloración periódicamente para tener control de la dosificación del agente clorado.	En relación al personal requerido en planta se requiere de operarios que controlen los tableros de mando para mantener el proceso constante. Para esta alternativa no se requiere personal de laboratorio para controlar algún parámetro dentro del proceso.	En relación al personal requerido en planta se requiere de operarios que controlen los tableros de mando para mantener el proceso constante. Para el laboratorio se requiere personal para realizar pruebas continuas con relación a la dosificación de coagulante y floculante en el proceso por medio de test de jarras.
Necesidades químicas	Requiere de agentes clorados para la disminución de DBO	No requiere agentes químicos para el proceso	Se requieren agentes coagulantes y floculantes para la eliminación de sólidos suspendidos y disminución de DBO.
Tiempo de implementación	Por la adquisición de nuevos equipos las alternativas requieren de un tiempo de espera según la empresa distribuidora de equipos que sea contactada.		

3.3.2.1 Remoción de sustancias: Para este criterio se tienen en cuenta las remociones teóricas de cada parámetro con relación a cada operación unitaria planteada, con el fin de mostrar si las alternativas planteadas logran el cumplimiento de la normatividad vigente para la reutilización del agua en los procesos de la planta de nitrato de amonio.

Dado lo señalado en la resolución 1207 de 2014 donde se presentan los límites de algunos parámetros del agua para su reuso en la industria, es necesario tener en cuenta la remoción y/o disminución de estos, por lo cual, se evalúa este criterio con base en la remoción teórica presentada por Metcalf & Eddy²⁴.

En la Tabla 4 se presentan los valores para cada uno de los parámetros presentes en el agua con relación al método utilizado.

Tabla 4. Porcentajes de eliminación de cada parámetro con relación a los procesos

Proceso de tratamiento	Porcentaje de eliminación (%)		
	DBO	DQO	Sólidos suspendidos
Filtración	65	60	85
Cloración	80	70	--
Precipitación química o coagulación	70	60	90
Floculación	50	50	95
Sedimentación primaria o decantación	40	40	65

Fuente. La autora.

De otra parte, se calcula la cantidad de remoción con el fin de determinar los valores para cada uno de ellos y determinar si esta cumple con los valores permitidos por la resolución 1207 de 2014. La tabla 5 muestra la remoción para cada parámetro con relación al proceso de tratamiento.

Tabla 5. Valores de eliminación de cada parámetro con relación a los procesos

Proceso de tratamiento	DBO	DQO	Sólidos suspendidos
	(mgO ₂ /L)	(mgO ₂ /L)	(mg/L)
Filtración	61,75	131,4	1599
Cloración	76	153,3	--
Precipitación química o coagulación	66,5	131,4	1692
Floculación	47,5	109,5	1786
Sedimentación primaria o decantación	38	87,6	1222

²⁴METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. Vol. 1. Op. Cit. p. 195.

Al evaluar los valores para la serie de operaciones que se van a llevar a cabo se presentan valores finales para cada uno de los parámetros. En la tabla 6 se presentan estos valores finales para cada alternativa según el parámetro a tratar.

Tabla 6. Valores de remoción teórica para cada alternativa.

Alternativa	DBO (mgO ₂ /L)	DQO (mgO ₂ /L)	Sólidos suspendidos (mg/L)
1	11,4	39,42	658,35
2	19,95	52,56	98,75
3	8,55	26,28	3,29

Teniendo estos valores, se puede concluir que por medio de esta serie de procesos se puede cumplir la norma vigente de 30 mgO₂/L para el parámetro de DBO para cualquiera de las tres alternativas y conseguir la reutilización del agua en el proceso de granulación en la planta de nitrato de amonio, no obstante, el que mejor comportamiento presentaría respecto de los sólidos suspendidos es la alternativa 3.

3.3.3 Calificación de la matriz de selección. según la evaluación realizada en el ítem anterior se procede a calificar la matriz para cada alternativa según el criterio evaluado. El cuadro 22 muestra la matriz de selección calificada.

Cuadro 22. Matriz de selección.

Criterios	Alternativas		
	1	2	3
Factibilidad	2	2	5
Costos implicados	2	3	4
Remoción de sustancias	4	4	5
Requerimiento de área	2	2	4
Mantenimiento	3	3	3
Personal	3	3	3
Necesidades químicas	3	4	3
Tiempo de implementación	2	2	2
Total ponderado	2,45	2,75	4,15

Como se observa en la matriz, la alternativa que obtuvo una mayor calificación fue la alternativa 3, debido a los buenos puntajes obtenidos en los puntos más importantes que contaron con una ponderación más alta, como lo son los costos, factibilidad y remoción de sustancias. Con relación a las otras alternativas, estas

presentan buenos valores de remoción, pero debido a la necesidad de varios equipos presentaron calificación baja en criterios como costos implicados, factibilidad y requerimiento de área. Con relación al personal requerido y al mantenimiento de equipos se presenta que las tres alternativas necesitan de ellos para el buen funcionamiento de la PTAR. Por lo anterior, la alternativa seleccionada para el proceso de tratamiento de aguas en la planta de nitrato de amonio en FERTICOL S.A. es la alternativa 3.

3.4 DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS A NIVEL LABORATORIO

En este numeral se presentan los diferentes reactivos que se utilizan dentro del tratamiento de aguas, se seleccionan los que sean más convenientes y más efectivos para eliminar las sustancias en el agua por medio de diferentes pruebas de laboratorio incluyendo test de jarras, pruebas de neutralización, entre otras. Adicionalmente, se presentan los análisis de laboratorio realizados al agua después de los diferentes tratamientos en cada alternativa y seleccionar la alternativa definitiva para la propuesta de tratamiento de aguas.

Dentro de los procedimientos que se van a realizar se encuentran neutralización y clarificación. Como primera etapa se realiza el proceso de neutralización que se realiza con Hidróxido de sodio (NaOH) dado que el pH del agua de estudio es ácido, estando alrededor de 4. Con este proceso se establece la cantidad de NaOH necesaria para alcanzar un pH superior a 8, dado que, para el proceso de coagulación-floculación es necesario que el pH sea alto para una mayor eficacia de los reactivos. Seguido a esto se realizan diferentes test de jarras que requiere la adición de agentes químicos, coagulantes y floculantes. El objetivo de este proceso es encontrar tanto los productos como la dosificación adecuada de ellos para el tratamiento.

Para el desarrollo experimental, se utilizaron diferentes equipos de laboratorio que se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Equipos utilizados en el desarrollo experimental.

Equipo	Descripción
<p style="text-align: center;">PH METRO</p> 	<p>Marca HACH en la referencia HQ40d. Equipo utilizado para la medición de pH de las muestras de aguas.</p>

Cuadro 23. (Continuación)

Equipo	Descripción
<p style="text-align: center;">TURBIDIMETRO</p> 	<p>Marca HACH en la referencia 2100Q. Mide la turbiedad de soluciones por medio de un haz de luz</p>
<p style="text-align: center;">TEST DE JARRAS</p> 	<p>Es el equipo utilizado en el laboratorio para realizar pruebas de coagulación y floculación</p>

3.4.1 Condiciones iniciales del agua. El agua a analizar fue tomada del mismo punto de donde se realizó la toma anterior para el diagnóstico de las condiciones del agua, para este proceso se tomaron 30L necesarios para las diferentes pruebas que se realizaron en el laboratorio. Las condiciones del agua cruda se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Parámetros del agua sin tratamiento.

Parámetro	Valor
TURBIEDAD (NTU)	833
pH	5,63

3.4.2 Neutralización. Como se mencionó anteriormente el agua residual de la planta de nitrato de amonio de la empresa FERTICOL S.A. presenta una condición de pH ácido, por lo que se requiere llegar a un valor de entre 6 y 9 como se manifiesta en la resolución 1207 de 2014. Para ello, se realiza una prueba de neutralización por medio de una base fuerte, en este caso NaOH al 5% (ver anexo F), con el fin de lograr un pH por encima de 8 para obtener una coagulación-floculación adecuada y poder cumplir con la normatividad.

A una muestra de 1L de agua residual con pH inicial de 5,63, se dosificó 1ml de NaOH al 5% equivalente a 200ppm dando como resultado un pH de 8.12.

3.4.3 Clarificación. Para realizar este proceso se debe tener en cuenta diferentes parámetros requeridos, dentro de estos se encuentra el número de agitaciones por minuto, tiempo de mezclado y tiempo de sedimentación. Para establecer estas condiciones se realizó una revisión bibliográfica de diferentes trabajos de grado²⁵ donde se realizaron análisis de agua residual con productos de la empresa LIPESA S.A. Con estos datos se establecieron las condiciones para el test de jarras, las cuales se muestran en la tabla 8

Tabla 8. Condiciones de operación para test de jarras.

Parámetro		Valor
NEUTRALIZACIÓN		100 ppm
MEZCLA RÁPIDA	Número de agitaciones	100 rpm
	Tiempo de agitación	1 min
MEZCLA LENTA	Número de agitaciones	40 rpm
	Tiempo de agitación	3 min
	Tiempo de sedimentación	5 min

3.4.3.1 Selección de los reactivos adecuados. Para los procesos que se realizan en el laboratorio se necesitan diferentes reactivos, en el mercado existe gran variedad de ellos, pero se debe tener en cuenta el tipo de agua a procesar por lo que para la selección de estos reactivos se considera el tipo de sustancias a remover, en este caso es principalmente arcilla, dependiendo de estos existen diferentes productos que son adecuados para lograr la remoción de estas sustancias; consultando la empresa LIPESA S.A se encontraron diferentes productos para la clarificación del agua.

- Coagulante. Los productos sugeridos para lograr un buen resultado son los mencionados en el cuadro 24.

²⁵ADRADA AHUMADA, Cristian Darío. Propuesta de tratamiento para las aguas residuales industriales generadas por la empresa PROALIMENTOS LIBER S.A.S. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías. Departamento de ingeniería química. 2015. 72 p.

Cuadro 24. Coagulantes LIPESA S.A.

Producto	Descripción
L-AC005	Es un coagulante líquido de policloruro de aluminio, inodoro y de color ámbar que actúa en un amplio rango de pH de 5 a 10.
L-AC011	Es un coagulante líquido de cloruro férrico, de olor característico y color café que actúa en un rango de pH de 5 a 10
L-1627	Es un polímero floculante catiónico orgánico de color amarillo a ámbar e inodoro que actúa en un amplio rango de pH de 3 a 12

- Floculantes. Los productos sugeridos por la empresa son los mencionados en el cuadro 25.

Cuadro 25. Floculante LIPESA.S.A.

Producto	Descripción
L-1538	Es un polímero floculante sólido de muy alto peso molecular y fuertemente aniónico de color blanco e inodoro que actúa en un amplio rango de pH de 1 a 12
L-1564	Es un polímero floculante sólido de muy alto peso molecular y fuertemente catiónico de color blanco e inodoro que actúa en un amplio rango de pH de 1 a 13
L-1547M	Es un polímero floculante sólido de muy alto peso molecular y ligeramente aniónico de color blanco e inodoro que actúa en un amplio rango de Ph
L-1550 ^a	Es un polímero floculante no iónico sólido de muy alto peso molecular de color blanco e inodoro que actúa en un amplio rango de Ph

Las especificaciones para estos reactivos se presentan en las fichas técnicas adjuntas en el anexo G.

3.4.3.2 Test de Jarras para la selección y dosificación del coagulante y floculante. Este proceso está dividido en dos secciones principales, la selección de coagulante y su correspondiente dosificación y la selección del floculante también con la dosificación adecuada.

- Selección de coagulante. Para este proceso se realizan diferentes test de jarras con el fin de encontrar el coagulante adecuado y la dosis correspondiente. Como primer paso, se realizaron Las soluciones para cada uno de los coagulantes al 5% y floculantes al 0,1% (ver anexo F) Contando con los reactivos preparados se pasó a realizar los test de jarras de la siguiente manera:

Se coloca una cantidad de 500mL de muestra a cada uno de los beakers del equipo de jarras, se agrega 100ppm de NaOH a cada muestra, se agita; seguido se adiciona el coagulante AC-005 en las cantidades que se observan en la tabla 9.

Tabla 9. Dosificación coagulante AC-005.

Beaker 1	Beaker 2	Beaker 3	Beaker 4
250ppm	500ppm	750ppm	1000ppm

Se procede a realizar la mezcla rápida y se agrega un floculante aleatorio en una dosificación de 2ppm para cada Beaker con el fin de ver el comportamiento del coagulante, este floculante no se toma como el definitivo. Se procedió a realizar la mezcla lenta y la sedimentación. (Ver procedimiento en el anexo H)

Al finalizar todo el proceso se tomó una muestra de 40ml del agua para realizar pruebas de turbiedad y pH, obteniendo los resultados presentados en las tablas 10, 11 y 12. Los procedimientos para estas mediciones también se encuentran en el anexo H.

Para determinar que coagulante y/o floculante es el adecuado para el proceso se necesita calificar la formación del floc, la velocidad de sedimentación, la aglomeración del floc y la sedimentación del mismo; para ello, se utiliza el índice de Willcomb que presenta una calificación según la eficiencia de los parámetros anteriormente mencionados. El cuadro 26, muestra la clasificación del floc según el índice de Willcomb.

Cuadro 26. Clasificación índice de Willcomb

No. DE ÍNDICE	DESCRIPCION
0	Ningún signo de aglutinamiento
2	Floc muy pequeño, casi imperceptible
4	Floc que sedimenta muy lentamente o no sedimenta
6	Floc de tamaño relativamente grande, esponjoso, que sedimenta con lentitud
8	Floc de sedimentación fácil, aunque deja algo de turbiedad en el agua
10	Floc de muy buena sedimentación que deja agua cristalina

Fuente: GALVIS, Nubia. Ensayos de tratabilidad del agua, una herramienta concluyente para el diseño de plantas de potabilización. Trabajo de grado maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales. Facultad de ciencias contables económicas y administrativas. 2014.

La imagen 2, muestra los resultados visuales del test de jarra para el coagulante AC-005.

Imagen 2. Resultados primer test de jarras coagulante AC-005.



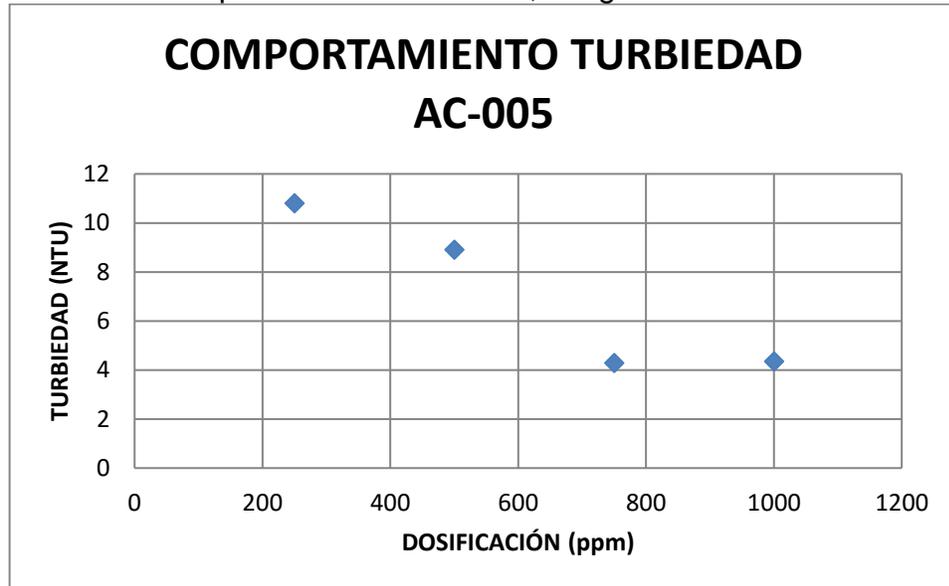
Tabla 10. Resultados primer test de jarras, coagulante AC-005.

AC-005	Beaker 1	Beaker 2	Beaker 3	Beaker 4
Ppm	250	500	750	1000
FLOCULANTE (ppm)	2	2	2	2
TURBIEDAD (NTU)	10,8	8,90	4,28	4,35
pH	7,86	7,94	7,81	7,67
REMOCIÓN	98,70%	98,93%	99,48%	99,47%
ÍNDICE DE WILLCOMB	6	6	10	4

Como se observa en la tabla 10, la remoción de sustancias para el coagulante AC005 es muy buena teniendo valores entre 98,7 y 99,48%, según la dosificación realizada. El índice de Willcomb que clasifica el floc generado en el proceso oscila entre 4 y 10, donde para el Beaker 4 se dio una baja puntuación debido a que el floc se presenta de forma arenosa y no sedimenta rápidamente, por el lado opuesta está el Beaker 3 que presenta un floc de 10 en la escala de Willcomb por su tamaño, velocidad de sedimentación y aglomeración del floc. En cuanto, los beakers 1 y 2, el floc se presenta de tamaño considerable, aunque sedimentan de forma lenta.

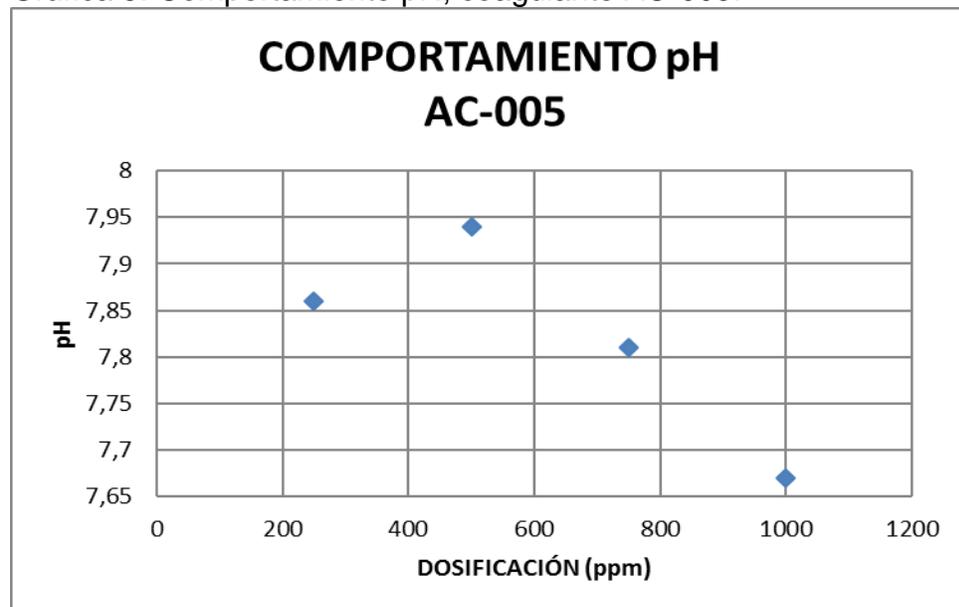
Con relación al Beaker 4, se observa una sobre dosificación dando como resultado un evidente aumento de la turbiedad, de 4,28 a 4,35 teniendo en cuenta el Beaker 3 donde se presentó la turbiedad más baja. Este fenómeno se puede ver en la Gráfica 4, donde se presenta la relación de turbiedad Vs dosificación.

Grafica 4. Comportamiento turbiedad, coagulante AC-005.



Adicionalmente se observa un cambio de pH con relación a la dosificación, estos resultados se presentan en la Gráfica 5.

Gráfica 5. Comportamiento pH, coagulante AC-005.



Como se muestra en la Gráfica 5, el pH va cambiando según la dosificación de coagulante adicionada en cada Beaker, para una dosificación de 250 ppm, se obtuvo un pH de 7,86; para la siguiente cantidad de coagulante, 500 ppm se obtuvo un aumento en el pH siendo este 7,94. Con relación a los dos últimos beakers, se observa que el pH disminuye según la cantidad de coagulante

utilizada, teniendo el pH más bajo el Beaker 4 que contaba con la dosificación más alta de coagulante, 1000ppm.

Este procedimiento se realizó de la misma manera con los otros dos coagulantes, los resultados de estos ensayos se presentan en la tabla 11 y 12.

La imagen 3, muestra los resultados visuales del test de jarras para el coagulante L-1627.

Imagen 3. Resultados segundo test de jarras coagulante L- 1627.



Tabla 11. Resultados Segundo test de jarras coagulante L-1627.

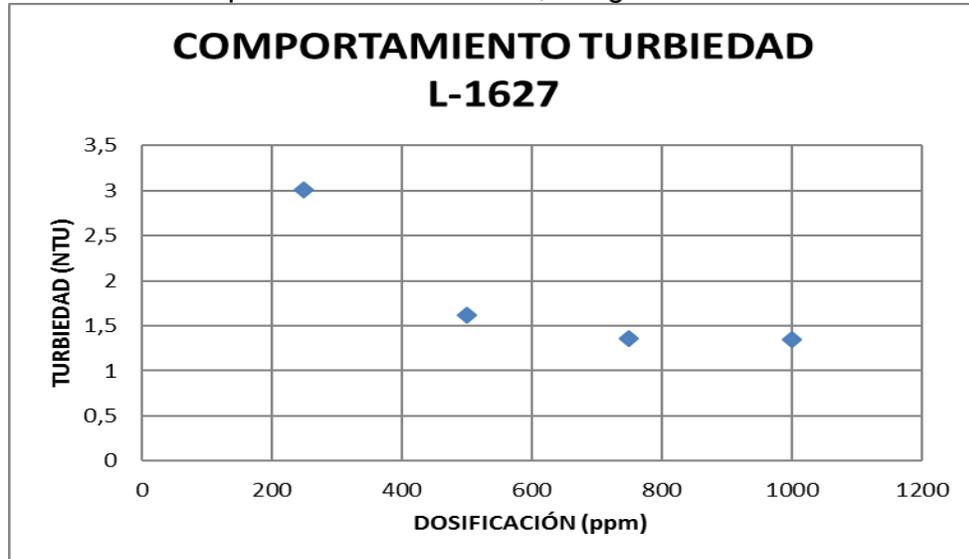
L-1627	Beaker 1	Beaker 2	Beaker 3	Beaker 4
ppm	250	500	750	1000
FLOCULANTE (ppm)	2	2	2	2
TURBIEDAD (NTU)	3,01	1,62	1,36	1,35
pH	7,90	7,86	7,71	7,52
REMOCIÓN	99,63%	99,80%	99,83%	99,84%
ÍNDICE DE WILLCOB	6	10	8	10

De igual manera como se realizó con el primer coagulante, se observa que la remoción de sustancias para el coagulante L-1627 se encuentra entre 99,63 y 99,84%, según la dosificación realizada. Para el índice de Willcomb se observa para los 4 casos una buena formación de floc, con velocidades de sedimentación buenas; difieren en el tamaño del floc producido, en el Beaker 1 se observa un floc de tamaño más pequeño con relación a los otros 3, en el caso del Beaker 2, el tamaño del floc es grande y se presenta de forma compacta con una buena velocidad de sedimentación; para el Beaker 3, se presenta gran tamaño de floc pero no se encuentra de forma compacta, por último, el Beaker 4, muestra el mejor floc, con velocidad alta de sedimentación y buena aglomeración.

La turbiedad registrada es inversamente proporcional a la cantidad de coagulante adicionada, por lo que la dosificación del Beaker 4 es la que obtiene la menor

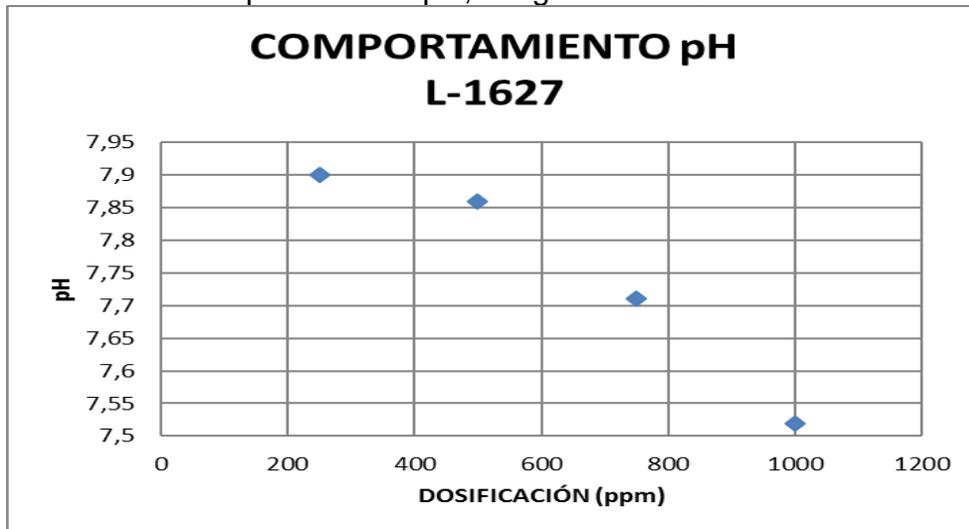
turbidez. Estos resultados se pueden observar en la Gráfica 6, donde se presenta la relación de turbiedad Vs dosificación.

Gráfica 6. Comportamiento turbiedad, coagulante L-1627



De igual manera como se presentó en el primer test de jarras, se presenta un cambio de pH según la cantidad de coagulante añadida, para este caso se obtuvo que el pH disminuye con relación a la cantidad dosificada, esto quiere decir que entre mayor cantidad de coagulante se presentó, registra menor pH. Estos resultados se presentan en la Gráfica 7.

Gráfica 7. Comportamiento pH, coagulante L-1627



La Imagen 4, muestra los resultados visuales del test de jarras para el coagulante AC-011

Imagen 4. Resultados tercer test de jarras coagulante AC-011.



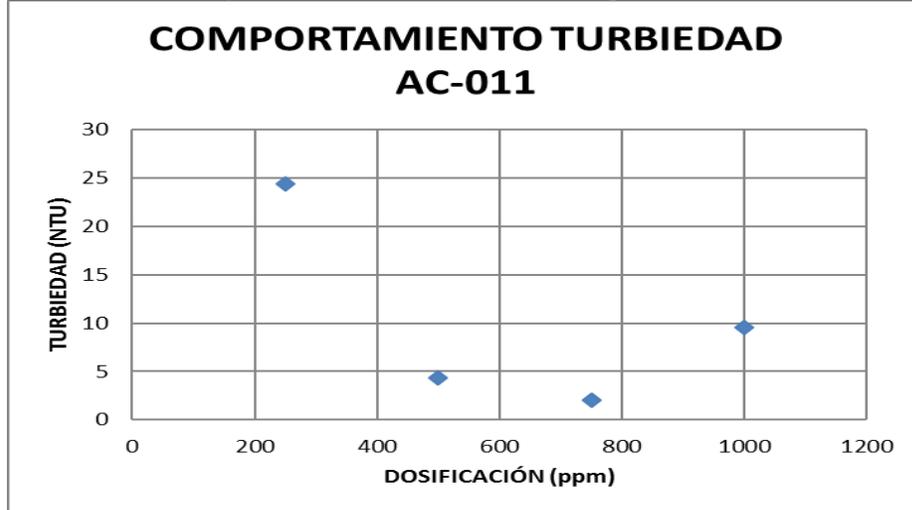
Tabla 12. Resultados tercer test de jarras coagulante AC-011.

AC-011	Beaker 1	Beaker 2	Beaker 3	Beaker 4
PPM	250	500	750	1000
FLOCULANTE (ppm)	2	2	2	2
TURBIEDAD (NTU)	24,4	4,33	2,07	9,52
pH	7,58	7,10	6,19	4,02
REMOCIÓN	97,07%	99,48%	99,75%	98,85%
ÍNDICE DE WILLCOMB	4	6	8	4

Para este último coagulante el AC-011, se observa que la remoción de este se encuentra entre 97,07 y 98,85% siendo la más baja con relación a los otros coagulantes probados. El índice de Willcomb para el Beaker 1, es 4 por el tamaño del floc y la velocidad de sedimentación adicionalmente, se presenta una turbiedad alta por lo que el floc no se formó completamente; para el Beaker 2, se califica con 6 por la baja velocidad de sedimentación; el siguiente Beaker, el número 3, presenta un floc bien aglomerado y con alta velocidad de sedimentación por lo que se le otorgo 8 según el índice de Willcomb; por último, el Beaker 4, obtiene 4 de clasificación por la forma arenosa del floc lo que incide en el tamaño, aglomeración del floc y velocidad de sedimentación.

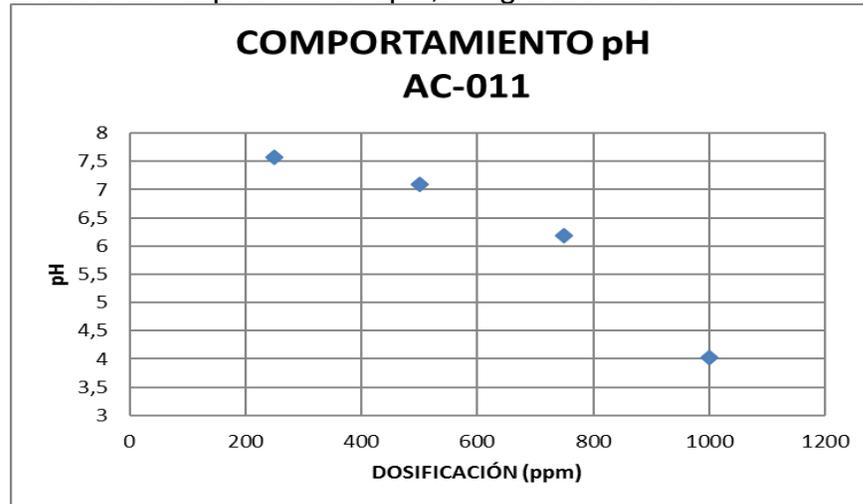
Se observa una sobredosificación en el Beaker 4 donde se ve un aumento de turbiedad con relación al Beaker 3. Estos resultados se pueden observar en la Gráfica 8, donde se presenta relación de turbiedad Vs dosificación.

Gráfica 8. Comportamiento turbiedad, coagulante AC-011



Adicionalmente, se observa un cambio en el pH dependiente de la dosificación realizada. Al igual que en los casos anteriores se observa que es inversamente proporcional a la dosificación. Estos resultados se pueden observar en la Gráfica 9.

Gráfica 9. Comportamiento pH, coagulante AC-011



Comparando los resultados obtenidos para la selección de coagulante, se determina que el coagulante para el tratamiento de agua es el coagulante de referencia L-1627 con una dosificación de 500ppm, dado que la turbiedad en ese caso bajó de 833 a 1,62 y el pH se encuentra dentro de los límites de la normatividad vigente.

Con relación a los resultados de los Beakers 3 y 4 se ve que la cantidad dosificada de 750 y 1000ppm respectivamente es alta, comparada con la disminución de la

turbiedad registrada en estos dos casos de 1,36 y 1,35, por lo que una dosificación de 500ppm y una turbiedad de 1,62 es la adecuada para el procedimiento.

- Selección de floculante: para determinar el coagulante adecuado que se empleará en el tratamiento, se tendrá en cuenta el tamaño del floc formado, la rapidez de formación y la aglomeración de los flocs. Para este proceso se tomaron los 4 Beakers con una muestra de 500ml, se realizó la neutralización del mismo modo que en el proceso anterior, seguido, se dosificó 500ppm del coagulante seleccionado, el L-1627, se realizó la mezcla rápida, y se dosificó 4ppm de cada floculante a cada Beaker, se prosiguió con la mezcla lenta y la sedimentación.

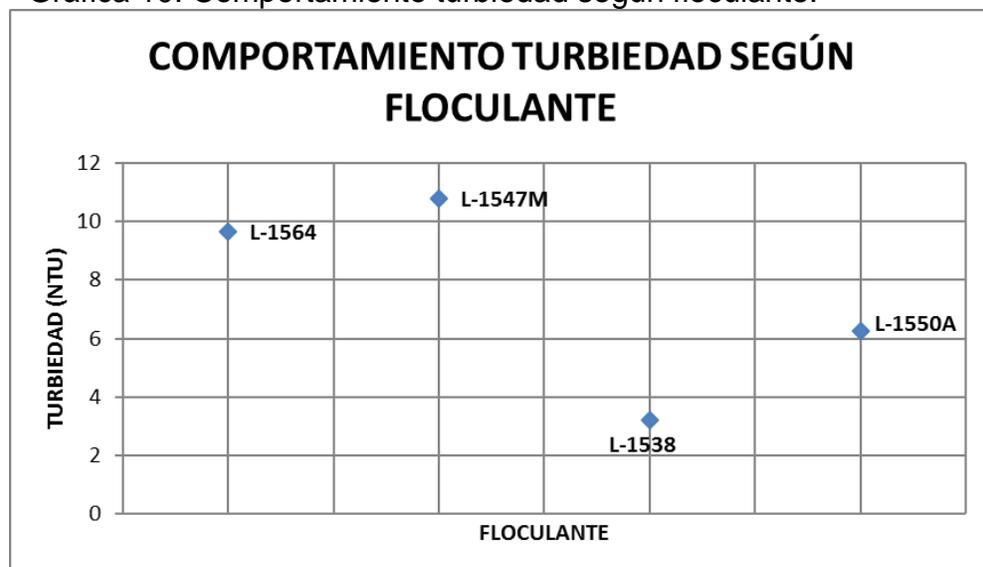
La tabla 13 muestra los resultados de este procedimiento.

Tabla 13. Resultados selección de floculante.

	Beaker 1	Beaker 2	Beaker 3	Beaker 4
Floculante 4ppm	L-1564	L-1547M	L-1538	L-1550A
Coagulante L-1627	500ppm	500ppm	500ppm	500ppm
Turbiedad (NTU)	9,66	10,8	3,21	6,26
pH	7,48	7,68	7,41	7,14
REMOCIÓN	98,84%	98,71%	99,61%	99,24%
ÍNDICE DE WILLCOM	4	2	10	8

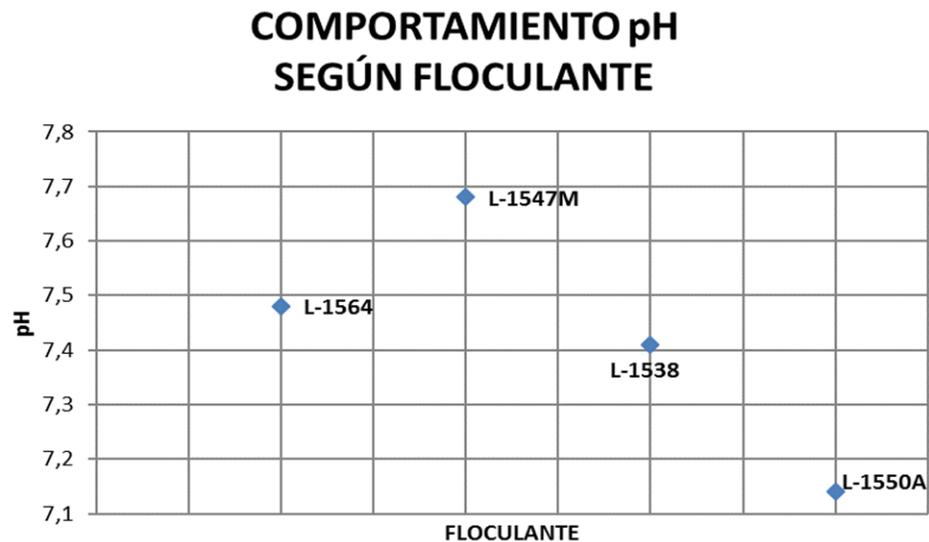
Como se observa en la tabla 13, para la selección del floculante se obtuvieron remociones entre 98,71 y 99,61% dependiendo del floculante suministrado. En la Gráfica 10, se muestra la turbiedad Vs floculante.

Gráfica 10. Comportamiento turbiedad según floculante.



Con relación al pH se observa que cada floculante presenta un pH diferente, esto se observa en la Gráfica 11.

Gráfica 11. Comportamiento pH según floculante.



La Imagen 5, muestra los resultados visuales del test de jarras para la selección del floculante.

Imagen 5. Resultados test de jarras, selección floculante.



Con los resultados mostrados en la imagen 5, se establece que según el índice de Willcomb, el Beaker 1 perteneciente al floculante L-1564 presenta un floc disperso que se forma de manera uniforme, pero es pequeño y no sedimenta completamente, cuenta con un índice de 4.

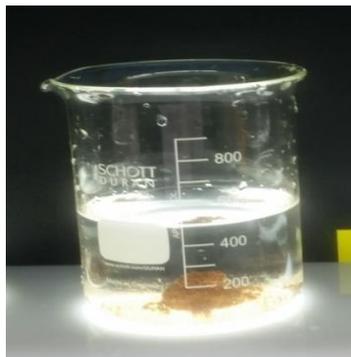
El Beaker 2 con floculante L-1547M presenta un floc visible dado que es muy pequeño y no sedimenta completamente, presenta un índice de 2.

Con relación el tercer Beaker con floculante L-1538, se presenta un floc bien formado con alta aglomeración que sedimenta completamente por lo que cuenta con una calificación excelente y un índice de 10.

Por último, el Beaker 4 al que se le adicionó floculante L-1550A presenta un floc con buena aglomeración, se forma rápidamente pero no sedimenta completamente por lo que la clasificación es de bueno con índice de Willcomb de 8.

Según el análisis realizado anteriormente se determina que el floculante que mejor actúa es el L-1538, debido a la formación del floc y la turbiedad presentada, siendo esta la más baja y con los mejores resultados respecto al tamaño, velocidad de formación y aglomeración del floc como se muestra en la Imagen 6.

Imagen 6. Formación de floc del floculante L-1538.



Después de este procedimiento se trataron 4L de agua para ser enviados a análisis pos-tratamiento con las siguientes condiciones de operación.

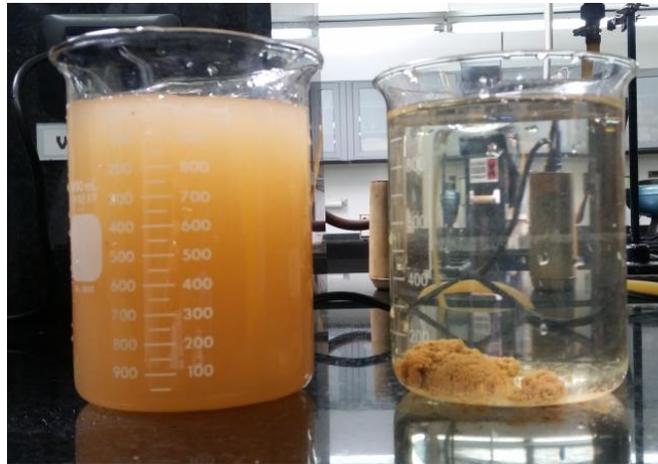
Tabla 14. Condiciones de operación para el tratamiento de agua.

Parámetro		Valor
NEUTRALIZACIÓN		200 ppm/L
MEZCLA RÁPIDA	Número de agitaciones	100 rpm
	Tiempo de agitación	1 min
	Coagulante	1000ppm/L
MEZCLA LENTA	Número de agitaciones	40 rpm
	Tiempo de agitación	3 min
	Floculante	8 ppm/L
Tiempo de sedimentación		5 min

3.4.4 Condiciones finales del agua y análisis de laboratorio del agua tratada. Después del proceso descrito en los numerales anteriores, se realizó una comparación entre el agua cruda y después del tratamiento.

La Imagen 7 muestra el resultado del tratamiento con las condiciones establecidas.

Imagen 7. Antes y después del tratamiento de aguas.



Se tomaron datos de turbiedad y pH para determinar el porcentaje de remoción de sólidos, El agua cruda presentó una turbiedad de 833 NTU y pH 5,63.

Al finalizar el proceso de tratamiento se obtuvieron 2,57NTU y 7,72 de pH. Con estos datos se puede determinar el porcentaje de remoción, se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Porcentaje de remoción.

	Cruda	Tratada
Turbiedad NTU	833	2,57
pH	5,63	7,72
Remoción		99,691%

Con este porcentaje de remoción de 99,691% se observa que el tratamiento fue efectivo y la remoción de sólidos fue excelente. Además, se obtuvo un pH de 7,72 el cual se encuentra dentro de los parámetros permitidos por la resolución 1207 de 2014 para reutilización de agua para el control de material particulado.

Adicionalmente se enviaron 2L de agua tratada al laboratorio ANALQUIM LTDA, donde se le realizaron análisis de acidez, DBO, sólidos suspendidos, sólidos

disueltos, sólidos sedimentables y sólidos totales para verificar el cumplimiento de la normatividad vigente, resolución 1207 de 2014.

La tabla 16 presenta la comparación de los resultados de los análisis suministrados por el laboratorio.

Tabla 16. Resultados análisis de agua tratada.

PARAMETRO	VALOR AGUA CRUDA	VALOR AGUA TRATADA	RESOLUCIÓN 1207 DE 2014
ACIDEZ TOTAL (mgCaCO ₃ /L)	165,6	43	--
DBO (mgO ₂ /L)	95	4	30
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	1880	5	--
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)	4,8	<0,1	--
SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	3316	638	--

Fuente: Laboratorios ANALQUIM, Bogotá

Como se muestra en la tabla anterior, el nivel de DBO pasó de 95 a 4 mgO₂/L cumpliendo con la normatividad vigente, resolución 1207 de 2014; con relación a los sólidos suspendidos, la cantidad pasó de 1880 a 5 mg/L, lo que demuestra la eliminación de estos para poder reutilizar el agua en el proceso de granulación.

El cambio en la acidez total se debe al ajuste de pH por medio de la neutralización que nos arroja un valor de pH de 7,72 estando este valor dentro de los límites de la norma actual.

En resumen, los reactivos y las concentraciones seleccionados para realizar el tratamiento del agua para ser reutilizada en el proceso de producción de la Planta de Nitrato de Amonio son: NaOH al 5%: 200 ppm/L de agua, coagulante L1627 al 5%: 1000ppm/L de agua y floculante L-1538 al 0.1%: 8ppm/L de agua, de la empresa LIPESA S.A. El reporte de los resultados de ANALQUIM, se presenta en el anexo I.

3.5 ALTERNATIVAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE NITRATO DE AMONIO

Como se puede observar en el diagnóstico realizado y descrito en el capítulo 2, la PTAR de la Planta de Nitrato de Amonio de FERTICOL S.A. no se encuentra en funcionamiento por deterioro y desuso de algunos de sus componentes, por lo que se presentan dos alternativas que permitirán dar solución a la problemática encontrada.

3.5.1 Descripción alternativa 1. Cambio de los siguientes equipos: tanque floculador, bomba centrífuga, tanque de almacenamiento para recirculación. Compra de los siguientes equipos: tanque de preparación floculante, bombas dosificadoras, tanque almacenamiento agua cruda y bombas centrífugas adicionales.

Dado que la planta de tratamiento se encuentra en desuso, es necesario realizar una serie de arreglos para lograr ponerla en funcionamiento nuevamente. Para ello, se propone realizar el cambio del tanque floculador, tanque de almacenamiento para recirculación y de las bombas centrífugas debido al deterioro por la falta de uso de los mismos. Adicionalmente, se requiere de la compra de otros equipos que son indispensables para realizar la mejora en relación a los procesos de tratamiento, estos equipos son: tanque de preparación de floculante, tanque de almacenamiento del agua cruda y las bombas dosificadoras de NaOH, coagulante y floculante.

Para llevar a cabo ésta alternativa es necesario tener en cuenta que existen actividades adicionales que se tendrían que realizar para lograr el objetivo y poner en funcionamiento la planta de tratamiento de aguas. En el cuadro 27, se presentan las actividades complementarias necesarias para llevar a cabo esta propuesta.

Cuadro 27. Descripción de las actividades complementarias alternativa 1

Ítem	Descripción
1	Cambio de tuberías en el sistema de salida del proceso a la entrada del tanque de almacenamiento de agua cruda
2	Cambio de tuberías en el sistema de salida del tanque almacenamiento de recirculación a proceso
3	Compra de tubería para el tramo de tanque de almacenamiento de agua cruda hacia tanque floculador y compra tubería para el tramo del tanque floculador hacia tanque de almacenamiento de recirculación
4	Medidor de caudal a la entrada de la PTAR, entrada del tanque de almacenamiento de agua cruda

Cuadro 27. (Continuación)

Ítem	Descripción
5	Adecuación de los sistemas eléctricos para el funcionamiento de la PTAR
6	Pruebas físico-químicas del agua, resultado del tratamiento efectuado con las mejoras y los nuevos equipos instalados
7	Charla de capacitación tanto en manejo como en mantenimiento al personal que laborará en la PTAR

El costo para implementar la alternativa 1, está estimado en \$16.374.100, tal y como se detalla en el Anexo J.

3.5.2 Descripción alternativa 2. Acondicionamiento y Mantenimiento de los siguientes equipos: tanque floculador, bomba centrífuga y tanque almacenamiento para recirculación. Compra de los siguientes equipos: tanque de preparación de floculante, tanque de almacenamiento agua cruda y bombas dosificadoras y bombas centrífugas adicionales.

En este caso, se propone seguir con el mismo sistema de tratamiento y con los equipos existentes. Se necesita la adecuación y mantenimiento para los equipos existentes. Por otro lado, se requiere de igual manera que en la propuesta anterior, la adquisición de diferentes equipos que son complementos para el tratamiento de aguas residuales; estos equipos son: tanque de preparación de floculante, tanque de almacenamiento del agua cruda y las bombas dosificadoras de NaOH, coagulante y floculante.

En esta alternativa, se requieren diferentes actividades complementarias para poder poner la PTAR en funcionamiento nuevamente. El cuadro 28, muestra estas actividades.

Cuadro 28. Descripción de las actividades complementarias alternativa 2

Ítem	Descripción
1	Cambio de tuberías en el sistema de salida del proceso a la entrada del tanque de almacenamiento de agua cruda
2	Cambio de tuberías en el sistema de salida del tanque almacenamiento de recirculación a proceso
3	Compra de tubería para el tramo de tanque de almacenamiento de agua cruda hacia tanque floculador y compra tubería para el tramo del tanque floculador hacia tanque de almacenamiento de recirculación
4	Medidor de caudal a la entrada de la PTAR, entrada del tanque de almacenamiento de agua cruda

Cuadro 28. (Continuación)

Ítem	Descripción
5	Pintura anticorrosiva para el tanque floculador y demás aditamentos para el mantenimiento de la PTAR
6	Adecuación de los sistemas eléctricos para el funcionamiento de la PTAR
7	Compra de medidor de caudal a la entrada de la PTAR, entrada del tanque de almacenamiento de agua cruda

El costo para implementar la alternativa 1, está estimado en \$8.769.000, tal y como se detalla en el Anexo K.

3.5.3 Criterios de selección y evaluación de alternativas. La evaluación y valoración de las alternativas se fundamenta en los factores que se presentan en el cuadro 29.

Cuadro 29. Criterios de selección y evaluación para el funcionamiento de la PTAR

Parámetro	Descripción	Calificación	Valoración
Necesidades químicas	Insumos necesarios para el tratamiento de aguas, agentes de coagulación y floculación y soda caustica que van a ser suministrados.	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8
Necesidades energéticas	Es necesario conocer las necesidades de energía que genera la operación de la planta	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8
Personal	La necesidad de operarios para la instalación, operación, control y supervisión de los procesos y unidades de la PTAR	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8
Mantenimiento	Equipos y accesorios que sean críticos en la PTAR y requieran de mantenimiento	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8
Inversión Inicial	La inversión económica que se genera al implementar la alternativa	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8
Pérdidas	La disminución y control de pérdidas en la implementación de la alternativa	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8

Cuadro 29. (Continuación)

Ítem	Descripción	Ítem	Descripción
Impacto ambiental	Impacto que tenga la estructura de la PTAR	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8
Dificultad de operación	La dificultad de la operación en la planta en cuanto accesibilidad, facilidad de control, cambio de equipos y estabilización	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8
Tiempo de Implementación	El tiempo que toma la implementación de la alternativa y puesta en marcha	0-8	Alta: 0-2 Media: 3-5 Baja: 6-8

En la Tabla 17 se observan las puntuaciones que tiene cada alternativa frente a los diferentes factores señalados en el cuadro 29.

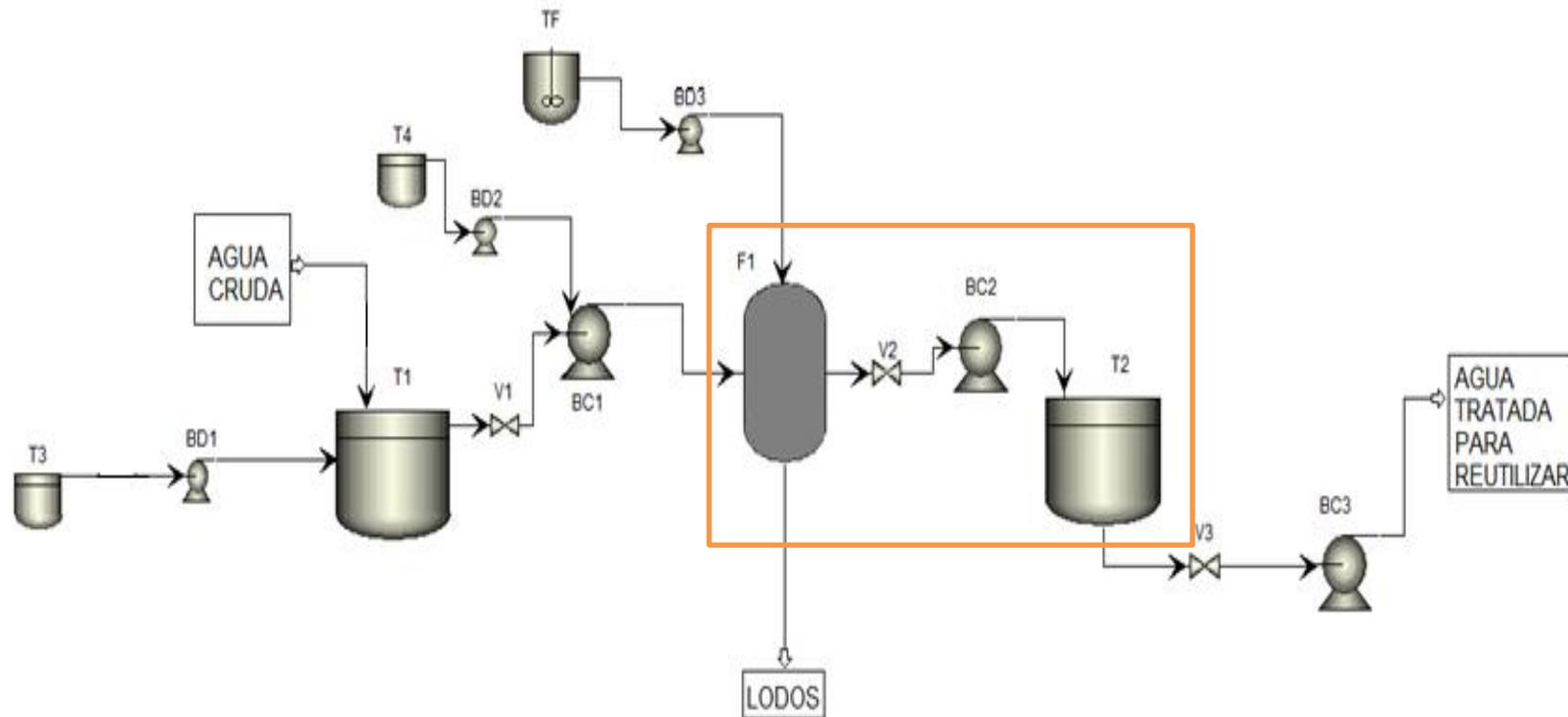
Tabla 17. Evaluación de alternativas de mejoramiento

CONS.	Criterio	Puntuación de alternativa	
		1	2
1	Necesidades químicas	5	5
2	Necesidades energéticas	2	2
3	Personal	1	6
4	Mantenimiento	8	2
5	Inversión Inicial	1	5
6	Pérdidas	3	7
7	Impacto ambiental	3	5
8	Dificultad de operación	4	4
9	Tiempo de Implementación	1	6
PUNTUACIÓN TOTAL		28	42

Según la puntuación anterior se selecciona la alternativa 2, que se refiere a la adecuación y mantenimiento de los equipos existentes y la compra de los equipos faltantes, se establece que esta selección se dio principalmente por los costos implicados en la adquisición de nuevos equipos, del personal necesario para la instalación y traslado de los equipos; adicionalmente, por el tiempo requerido para la implementación y puesta en funcionamiento de la PTAR; así mismo las pérdidas serían más altas para la alternativa 1 generando un mayor impacto económico para la empresa.

La figura 11, muestra el diagrama de proceso de la propuesta seleccionada para el tratamiento del agua de estudio.

Figura 11. Diagrama de proceso de la propuesta seleccionada.



T1: tanque almacenamiento agua cruda
 T2: tanque almacenamiento agua tratada
 T3: tanque almacenamiento NaOH
 T4: tanque almacenamiento coagulante L-1627
 TF: tanque preparación floculante L-1538
 F1: tanque floculador
 BC1: bomba centrifuga 1
 BC2: bomba centrifuga 2
 BC3: bomba centrifuga 3
 BD1: bomba dosificadora NaOH

BD2: bomba dosificadora L-1627
 BD3: bomba dosificadora L-1538
 V1: válvula 1
 V2: válvula 2
 V3: válvula 3
NOTA: Los equipos dentro del rectángulo naranja son los equipos existentes que se encuentran en buenas condiciones de uso en la PTAR.

Como se aprecia en la figura 12, el proceso de tratamiento de aguas está constituido por equipos existentes los cuales están demarcados dentro del rectángulo naranja, estos se encuentran en buenas condiciones; los equipos son: F1 tanque floculador, BC2 bomba centrífuga hacia el tanque de almacenamiento y T2 taque de almacenamiento, por lo que, no es necesario el remplazo de los mismos. Adicionalmente, es importante mencionar que durante el mes de abril de 2016 se realizó el mantenimiento de estos equipos, llevándose a cabo procesos de pintura anticorrosiva al tanque floculador, acondicionamiento eléctrico de la bomba y verificación de fugas en el tanque de almacenamiento. En la imagen 8 se puede ver el antes en el año 2015 y el después en abril de 2016 de los equipos mencionados.

Imagen 8. Antes y después de los equipos presenten (año 2015 y abril 2016).



3.5.4 Dimensionamiento de los equipos para la alternativa seleccionada. Dado que los equipos utilizados para la propuesta ya se encuentran en la empresa, únicamente será necesario determinar las dimensiones del tanque de preparación del floculante, el cual requiere una preparación especial.

Para tratar 2m^3 según lo establecido en el desarrollo experimental de la propuesta, se recomienda operarlos aproximadamente a una carga de 75% de la carga máxima del equipo, se aumenta un 25% del volumen de agua a tratar para el diseño del mismo, siendo $2,5\text{m}^3$ el volumen utilizado.

Los datos para realizar este dimensionamiento fueron extraídos del libro Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño de Jairo Alberto Romero Rojas²⁶, y se calculan de la siguiente manera.

Ecuación 1. Cantidad floculante.

$$\begin{array}{l} 4 \text{ mL de floculante} \rightarrow 1\text{L de agua} \\ x \qquad \qquad \qquad \rightarrow 2500\text{L de agua} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} x = 10\text{L de floculante} \\ x = 0,01\text{m}^3 \text{ de floculante} \end{array}$$

Ecuación 2. Volumen del cilindro, despejando D. (Diámetro)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times v_{cilindro}}{\pi \times h}}$$

Remplazando h, de la relación,

Ecuación 3. Relación entre altura y diámetro

$$\frac{h}{D} = 1,5$$

Se obtiene,

²⁶ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C., Colombia. Nuevas ediciones Ltda. 1999.

Ecuación 4. Relación reemplazando h

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times v_{cilindro}}{\pi \times 1,5}}$$

Reemplazando en la ecuación

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0,01m^3}{\pi \times 1,5}}$$

$$D = 0,203m$$

Teniendo el diámetro de 0,203m se calcula la altura del tanque por medio de la relación de la ecuación 4, dando 0,3045m

Y un área de:

Ecuación 5. Área del cilindro.

$$A = 2\pi r(h + r)$$

$$A = 0,259m^2$$

En conclusión, las dimensiones del equipo requerido para la preparación del floculante que será utilizado en el proceso de tratamiento de agua que se genera en el proceso de granulación de la planta de nitrato de amonio, son: Diámetro 0,203m, altura 0,3045m y Área 0,259m².

3.5.5 Cálculo potencia de las bombas. Teniendo en cuenta que, para el proceso se requieren diferentes bombas dosificadoras se debe conocer la potencia necesaria para que cumpla con el proceso de forma adecuada.

Para ello, se requieren las características del fluido que será transportado por la bomba. En este caso, se pretenden usar 3 bombas por las cuales fluirá el coagulante L-1627, el floculante L-1538 y el NaOH, estos tres en solución. Adicionalmente, se necesita conocer la altura hasta donde será transportado el fluido y, por último, el caudal de los fluidos. La tabla 18, muestra los datos requeridos para el cálculo de la potencia.

Tabla 18. Datos para el cálculo de la potencia.

	Parámetro	Valor
DENSIDAD kg/m ³	Coagulante L-1627	1109,9
	Floculante L-1538	999,8
	NaOH	1018,4
CAUDAL m ³ /s	Coagulante L-1627	2,2x10 ⁻⁶
	Floculante L-1538	4,4 x10 ⁻⁶
	NaOH	1,1 x10 ⁻⁶
ALTURA m	Coagulante L-1627	2,25
	Floculante L-1538	3,15
	NaOH	2,25

Con los datos presentados anteriormente se calcula la potencia para cada bomba por medio de la ecuación 6, que muestra la manera para calcular la potencia.

Ecuación 6. Potencia de una bomba.

$$P = \rho gQH$$

Remplazando la ecuación con los términos para la primera bomba que transporta la solución del coagulante,

$$P = \left(1109,9 \frac{kg}{m^3}\right) \times \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) \times \left(2,2E^{-6} \frac{m^3}{s}\right) \times (2,25m)$$

$$P = 0,0538kW$$

De igual forma se realiza el proceso para las otras bombas, los resultados se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Potencia de las bombas dosificadoras.

Bomba dosificadora	Potencia kW
Coagulante L-1627	0,0538
Floculante L-1538	0,136
NaOH	0,00247

Como se ve en la tabla 19, las potencias para las bombas dosificadoras son bajas, pero estas deben ser capaces de dosificar pequeñas cantidades de producto como se puede ver en la tabla 18 en el ítem de caudal.

4. EVALUACIÓN FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En este capítulo se desarrolla una evaluación financiera para la implementación de la propuesta para el tratamiento de aguas residuales escogida. Dentro de esta evaluación se presentan los costos de inversión y de operación, se presenta el costo total para el primer año de operación, se determinan los beneficios y se proyecta durante cinco (5) años, calculando el VPN y su Costo Beneficio.

4.1 DETERMINACION DE COSTOS

4.1.1 Costos de inversión. Como primera medida se presentan los costos de inversión que corresponden a la compra de los equipos necesarios para la instalación y ejecución de la propuesta de la planta correspondiente.

Con relación al costo de los equipos, estos fueron calculados con relación al caudal a tratar, que es de 1,2L/s aproximadamente como se determinó en el capítulo 2, Diagnóstico del estado actual de la planta de tratamiento.

La tabla 20 muestra los costos de los equipos necesarios; esta información fue suministrada por la empresa Gestión integral de mantenimiento Ltda., el reporte completo de la cotización se presenta en el anexo L.

Tabla 20. Costo de equipos requeridos.

Equipo	Valor unidad	CANT.	Valor total
Tanque preparación floculante	\$ 648.000	1	\$ 648.000
Tanque de Almacenamiento	\$ 2.295.000	1	\$ 2.295.000
Bombas dosificadoras	\$ 620.960	3	\$ 1.862.880
Bombas Centrifugas	\$ 680.000	2	\$ 1.360.000
Válvulas mariposa	\$ 226.316	3	\$ 678.948
	Total, antes de IVA		\$ 6.844.828
		IVA 16%	\$ 1.095.172
		Total	\$7.940.000

Adicionalmente, se requiere del mantenimiento y adecuación de los equipos existentes en la planta por lo que este valor de inversión aumenta en \$829.000, para un total de \$8.769.000

4.1.2 Costos de operación. Para determinar los costos de operación se tiene en cuenta los costos generados por los insumos, mano de obra y el costo de la energía eléctrica.

4.1.2.1 Insumos. Se determinaron las cantidades necesarias para el proceso, estas se presentan en la tabla 20 del capítulo 3. Con estos valores se determinó la cantidad anual requerida y según la información suministrada por la empresa LIPESA S.A. para los coagulantes y floculantes y con relación al hidróxido de sodio se tomó la cotización por internet de NaOH de la página web de VADEQUIMICA²⁷. De esta forma se determinó el costo de los insumos para el primer año de funcionamiento. La tabla 21 muestra el valor anual de los insumos para el desarrollo de la propuesta.

Tabla 21. Costos anuales de insumos requeridos.

Insumo	Presentación	Costo unidad	Dosis anual	Costo anual
COAGULANTE L-1627	Caneca 70 Kg	\$ 5.400	32 unidades	\$ 12.096.000
FLOCULANTE L-1538	Saco 25 Kg	\$ 17.500	4 unidades	\$ 1.750.000
NaOH ESCAMAS	Saco 25 Kg	\$ 121.600	4 unidades	\$ 486.400
			TOTAL AI	\$ 14.332.400
			IVA 16%	\$ 2.293.184
			TOTAL	\$ 16.625.584

4.1.2.2 Energía. La empresa FERTICOL S.A. se encarga directamente de la generación de la totalidad de la energía que utiliza, tanto para la parte administrativa como para producción y mantenimiento, por medio de un turbo generador y gas metano proveniente del gas natural suministrado por Ecopetrol. Según información suministrada por la dirección de producción de la empresa, el costo de la energía es aproximadamente de \$90 KW/h y para la PTAR de Nitrato de Amonio se utilizan aproximadamente 980 KW/h, laborando al año 320 días por 16 horas, tenemos un costo anual de \$5.017.600

4.1.2.3 Mano de Obra. Esta se refiere al pago del salario del personal asignado a la planta de nitrato de amonio, quienes adicionalmente tienen dentro de sus funciones, la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales perteneciente a esta planta, por lo que los costos del pago de estos salarios serán incluidos únicamente en la proporción del tiempo destinado a la operación de la PTAR dentro de esta evaluación.

Las tablas 22, 23 y 24 presentan los costos anuales del personal de la PTAR de la planta de nitrato de amonio.

²⁷VADEQUÍMICA. Soda cáustica sólida. Uso industrial. [En línea] [citado el 25 de abril de 2016]
 Web:<http://www.vadequimica.com/sosa-y-potasa/195-sosa-caustica-1kg-25-kg.html?search_query=HIDROXIDO+DE+SODIO&results=2>

Tabla 22. Costos anuales proporcionales del personal encargado de la PTAR.

Cargo	Salario mensual	% Destinado a la PTAR	Salario mens. propor.	Salario anual propor.
Jefe de planta	\$ 2.800.000	5%	\$ 140.000	\$ 1.680.000
Supervisor planta	\$ 2.500.000	5%	\$ 125.000	\$ 1.500.000
Tablerista	\$ 1.600.000	15%	\$ 240.000	\$ 2.880.000
Operarios	\$ 1.600.000	25%	\$ 400.000	\$ 4.800.000
Jefe de laboratorio	\$ 2.800.000	5%	\$ 140.000	\$ 1.680.000
Supervisor laboratorio	\$ 2.500.000	5%	\$ 125.000	\$ 1.500.000
Laboratoristas	\$ 1.600.000	10%	\$ 160.000	\$ 1.920.000

Tabla 23. Costos anuales proporcionales carga prestacional del personal encargado de la PTAR.

Cargo	Prestaciones sociales anuales				Seguridad social anual			Total carga prestacional
	Cesantías	Intereses cesantías	Prima de servicios	Vacaciones	Salud	Pensiones	Riesgos laborales	
Jefe de planta	\$ 140.000	\$ 16.800	\$ 2.520.000	\$ 840.000	\$ 157.500	\$ 201.600	\$ 19.680	\$ 3.895.580
Supervisor planta	\$ 125.000	\$ 15.000	\$ 2.250.000	\$ 750.000	\$ 140.625	\$ 180.000	\$ 19.680	\$ 3.480.305
Tablerista	\$ 240.000	\$ 28.800	\$ 4.320.000	\$ 1.440.000	\$ 270.000	\$ 345.600	\$ 59.040	\$ 6.703.440
Operarios	\$ 400.000	\$ 48.000	\$ 2.200.000	\$ 2.400.000	\$ 450.000	\$ 576.000	\$ 98.400	\$ 11.172.400
Jefe de laboratorio	\$ 140.000	\$ 16.800	\$ 2.520.000	\$ 840.000	\$ 157.500	\$ 201.600	\$ 19.680	\$ 3.895.580
Supervisor laboratorio	\$ 125.000	\$ 15.000	\$ 2.250.000	\$ 750.000	\$ 140.625	\$ 180.000	\$ 19.680	\$ 3.480.305
Laboratoristas	\$ 160.000	\$ 19.200	\$ 880.000	\$ 960.000	\$ 180.000	\$ 230.400	\$ 39.360	\$ 4.468.960

Tabla 24. Costos totales anuales del personal encargado de la PTAR

Cargo	Número trabajadores	Salario total proporcional	Costo total de personal
Jefe de planta	1	\$ 5.575.580	\$ 5.575.580
Supervisor planta	2	\$ 4.980.305	\$ 9.960.610
Tablerista	2	\$ 9.583.440	\$ 19.166.880
Operarios	2	\$ 15.972.400	\$ 31.944.800
Jefe de laboratorio	1	\$ 5.575.580	\$ 5.575.580
Supervisor laboratorio	1	\$ 4.980.305	\$ 4.980.305
Laboratoristas	4	\$ 6.388.960	\$ 25.555.840
Costo anual total personal			\$ 102.759.595

4.1.2.4 Costos totales. Teniendo en cuenta los costos presentados anteriormente se puede obtener el total de los costos relacionados a la inversión de la empresa para el primer año de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. La tabla 25 presenta el total de costos involucrados en la propuesta.

Tabla 25. Costos totales de la PTAR para el primer año.

Costos	Valor
INVERSIÓN	\$ 8.769.000
OPERACIÓN	
-Insumos	\$ 16.625.584
-Energía	\$ 5.017.600
-Personal	\$ 102.759.595
TOTAL	\$ 133.171.779

El costo total en el primer año para la implementación y ejecución de la propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Planta de Nitrato de Amonio es de \$133.171.779

Es importante mencionar que el costo de personal se incluye en este aparte, no obstante, se ponga nuevamente o no en funcionamiento la PTAR, este costo lo está asumiendo la empresa dado que el personal que se asigna, trabaja para FERTICOL S.A., pero no está ejerciendo la función desde que la planta dejó de funcionar.

4.2 DETERMINACION DE BENEFICIOS

Para efectos de evaluar la pertinencia de la ejecución del proyecto se hace necesario estimar los ingresos que está en condiciones de generar. Las variables que deben definirse se refieren a Ingresos por ventas o a beneficios valorados a través de un proceso de precios equivalentes. Para el caso en estudio se tendrán

en cuenta los beneficios que se describen en los siguientes numerales, teniendo en cuenta que para este proyecto no se estiman ingresos por ventas.

4.2.1 Disminución de tasa por utilización de aguas²⁸. Se refiere a la tasa que se debe pagar por la utilización de agua de un recurso hídrico, si FERTICOL S.A., reutiliza el agua del proceso de nitrato de amonio, se disminuiría la tasa por utilización de aguas. Esta tasa es cobrada por el volumen de agua efectivamente captada, dentro de los límites y condiciones establecidos en la concesión de aguas.

La tarifa de la tasa por utilización de agua (TUA) expresada en pesos/m³, está compuesta por el producto de dos componentes: la tarifa mínima (TM) y el factor regional (FR): $TUA=TM * FR$, donde: TM: Es la tarifa mínima nacional, expresada en pesos por metro cúbico (\$/m³) y FR: Corresponde al factor regional, adimensional.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, fija anualmente el monto tarifario mínimo de las tasas por utilización de aguas, el cual para el año 2016 equivale a \$0,84 por cada metro cúbico de agua utilizada.

El factor regional - FR integra los factores de disponibilidad, necesidades de inversión en recuperación de la cuenca hidrográfica y condiciones socioeconómicas de la población y se establece mediante las variables cuantitativas de índice de escasez, costos de inversión y el índice de necesidades básicas insatisfechas, respectivamente el cual es determinado por las autoridades ambientales regionales, teniendo en cuenta el siguiente rango para agua superficial: $1 \leq FR \leq 7$ y $1 \leq FR \leq 12$ para agua Subterránea.

De acuerdo con la información telefónica aportada por la Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS, el factor regional para la Ciénaga de San Silvestre de Barrancabermeja es de 7, por lo que el valor de la TUA por cada 1000 litros de agua (1m³) sería de \$5,9 por cuanto FERTICOL S.A. utiliza para este proceso aguas superficiales.

Teniendo en cuenta que para el proceso de granulación de la Planta de Nitrato de Amonio son descargados 21750 m³ año de agua, al reutilizar esta agua en este proceso en lugar de verterla, se ahorrarían al año, \$128.325.

²⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 00155 de 2004. Por el cual se reglamenta el artículo de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. Bogotá D.C.: el Ministerio, 2004

4.2.2 Disminución de tasa retributiva por contaminación del recurso hídrico²⁹. Esta tasa se refiere al pago que deben hacer todos los usuarios que arrojan sus desechos directamente a las fuentes hídricas, la cual es establecida por el Ministerio del Medio Ambiente con el propósito de desarrollar un proceso de gestión ambiental integral para fomentar la descontaminación de nuestras fuentes de aguas, buscando la sostenibilidad de los recursos naturales.

El Ministerio del Medio Ambiente determinó con base en estudios técnicos, que los parámetros básicos para iniciar el cobro de la tasa retributiva son: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Para el año 2016 la tasa retributiva por vertimientos puntuales es DBO: 131,17(\$/kg) y SST: 56,09(\$/kg)

Teniendo en cuenta que los resultados del análisis físico-químico del agua sin tratamiento señalados en la Tabla 2, el DBO es de 95 mgO₂/L y que el consumo de agua para este proceso es de 21.750 m³ al año, la tasa retributiva anual equivale a \$271.030.

De otra y como el resultado del análisis de los sólidos suspendidos del agua sin tratamiento es de 1.880 mg/L e igualmente el consumo de agua es de 21.750 m³ al año, la tasa retributiva anual equivale a \$2.293.520.

Por lo anterior al reutilizar esta agua en el proceso de granulación de la Planta de Nitrato de Amonio en lugar de vertirla, se ahorrarían al año, \$2.564.550.

4.2.3 Eliminación de multas por incumplimiento de la norma³⁰. De conformidad con la metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental, diseñada por el Ministerio de Medio Ambiente, para determinar el valor monetario de la multa, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de la afectación en muy alta, alta, moderada, baja o muy baja a la cual se le asigna un valor de 1, 0.8, 0.6, 0.4 y 0.2, respectivamente.

De otra parte, se determina el riesgo de acuerdo con el nivel potencial de impacto y se aplica un factor de la tabla definida para ello y de esta forma determinar el valor monetario del mismo, a partir de la ecuación 6.

²⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 3100 de 2003. Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por vertimientos directos. Bogotá D.C.: el Ministerio. 2003. Y Decreto 3440 de 2004. Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003. Bogotá D.C.: el Ministerio. 2004.

³⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 3678 de 2010. Por el cual se establecen los criterios para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones. Bogotá D.C.: el Ministerio. 2010.

Ecuación 7. Valor monetario de la importancia del Riesgo

$$R = (11.03 \times SMMLV) \times r$$

Donde,

R=Valor monetario de la importancia del riesgo

SMMLV = Salario mínimo mensual legal vigente en pesos: \$689.454 para 2016

r = Riesgo: 40 (Ver tabla 12³¹).

Aplicando la fórmula, R = \$228.140.329

Por lo anterior al reutilizar el agua en el proceso de granulación de la Planta de Nitrato de Amonio, en lugar de verterla sin tratamiento a la quebrada “La Mina, FERTICOL S.A. no se expondría a ser multada por incumplimiento de la norma y se ahorrarían al año \$228.140.329.

4.2.4 Beneficios totales. Teniendo en cuenta los beneficios presentados anteriormente se puede obtener el total de los mismos para el primer año de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. La tabla 26 presenta el total de beneficios involucrados en la propuesta.

Tabla 26. Beneficios totales de la PTAR

Beneficios	Valor
TASA UTILIZACIÓN AGUA	\$128.325
TASA RETRIBUTIVA	\$2.564.550
MULTAS	\$228.140.329
TOTAL	\$230.833.204

4.3 EVALUACION FINANCIERA

Para la realización del análisis financiero fueron utilizados los supuestos e indicadores económicos que se describen a continuación con el fin de proyectar el estado de flujo.

Se maneja una inflación de precios incremental del 6% año a año, teniendo en cuenta el comportamiento histórico del IPC en Colombia³².

³¹ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Viceministerio de Ambiente. Dirección de licencias, permisos y tramites ambientales. Metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental. 2010. 28 p

La tasa de descuento utilizada es del 12% efectivo anual³³

El costo de personal no se tiene en cuenta en la evaluación financiera dado que no implica un costo adicional del proyecto por cuanto los trabajadores ya se encuentran incluidos dentro de la nómina y una de sus funciones se encuentra relacionada con las actividades en la PTAR, la cual dejaron de ejercer desde que dejó de funcionar esta planta.

El valor de la multa se toma como único y el beneficio se difiere proporcionalmente en los 5 años. Lo anterior teniendo en cuenta que, si la empresa continúa incumpliendo la norma ambiental, podría acarrearle el cierre de la planta, no obstante, se le aplica una tasa de interés equivalente al 6% anual

4.3.1 Relación costo Beneficio. Como resultado de los beneficios, la inversión y los costos se genera el flujo de caja al cual se le calcula la relación costo beneficio que refleja las ganancias extras en dinero de hoy que se producen por encima de la tasa de oportunidad por cada peso invertido, y se calcula de la siguiente manera:

Se calcula el valor presente de los beneficios asociados con el proyecto, se calcula el valor presente de los egresos del proyecto y se establece una relación entre el VPN de los beneficios y el VPN de los egresos, al dividir la primera cantidad entre la segunda se obtiene la relación del Costo/Beneficio.

Cuando la relación B/C es > 1 el VPN es > 0 el proyecto es atractivo y la TIR es $>$ a la tasa de oportunidad

VPN (12%) = \$ 87.708.215, es mayor que 0

TIR = 310% es mayor que la tasa de oportunidad = 12%

Relación Costo / Beneficio = 3 es mayor a 1

El Periodo de retorno de la inversión se establece desde el primer año del proyecto.

En la tabla 27 se presenta el cálculo del VPN, TIR y relación B/C del proyecto.

³² ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR – IPC. [en línea]. [citado 19de junio de 2016] Web: <www.dane.gov.co <http://www.dane.gov.co/index.php/esp/precios-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor/111-boletines/indice-de-precios-y-costos/4972-comunicados-boletines-2006-2013-ipc>>

³³ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Metodología para la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública MGA. Subdirección territorial y de inversiones públicas. Bogotá D.C. 2013. 24 p.

Tabla 27. Cálculo VPN, TIR y relación B/C

	AÑO					VPN	
	0	1	2	3	4		5
BENEFICIOS		48.320.941	51.220.197	54.293.409	57.551.014	61.004.074	193.811.161
COSTOS	-8.769.000	21.643.184	22.941.775	24.318.282	25.777.378	27.324.021	69.678.536
FLUJO DE EFECTIVO	-8.769.000	26.677.757	28.278.422	29.975.128	31.773.635	33.680.053	87.708.215
RELACION B/C	3						
TIR	310%						

El anterior resultado se presenta básicamente porque la inversión para volver a poner en funcionamiento la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Planta de Nitrato de Amonio es muy baja, respecto de la posibilidad de aplicación de multas por incumplimiento de normas ambientales, por lo que es altamente recomendable implementar la propuesta de mejoramiento presentada como alternativa escogida.

5. CONCLUSIONES

- El agua captada por la empresa es distribuida para las diferentes actividades, siendo el 8% enviado a la planta de nitrato de amonio, correspondiente a 5,4 m³/h de los cuales se utilizan 4,3 m³/h para el control de material particulado en la sección de granulación de la planta.
- La planta de tratamiento de aguas de la planta de nitrato de amonio no se encuentra actualmente en funcionamiento debido al daño de la bomba dosificadora de polímero, dando como resultado el deterioro de los equipos por falta de uso.
- Según los resultados arrojados en el diagnostico se observa que el tanque floculador se encuentra en buenas condiciones para poder ser utilizado en la reactivación de la PTAR. Accesorios como mangueras y tuberías se encuentran en mal estado y no es viable utilizarlas para el proceso de tratamiento.
- Los equipos de laboratorio necesarios para el control y monitoreo de la PTAR se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento.
- Se encuentra que el agua residual de la planta con cumple con la resolución 0631 de 2015 donde se establecen los límites máximos permitidos para el vertimiento de aguas residuales industriales.
- Se encuentra que el agua residual de la planta de nitrato de amonio no está en condiciones para ser reutilizada según lo presenta la normatividad vigente, resolución 1207 de 2014, en los parámetros de DBO y pH.
- Se establecieron 3 diferentes alternativas para el tratamiento del agua residual de la planta de nitrato de amonio, quedando seleccionada la alternativa 3 con un puntaje de 4,15; por medio de una matriz ponderada que evaluaba los criterios de: factibilidad, costos implicados, remoción de sustancias, requerimiento de área, mantenimiento, personal, necesidades químicas y tiempo de implementación.
- se realizó la experimentación de la propuesta seleccionada para el tratamiento obteniendo los reactivos seleccionados: NaOH, coagulante L-1627 y floculante L-1538 de la empresa LIPESA S.A con concentraciones de NaOH al 5%: 200ppm/L de agua, Coagulante L-1627 al 5%: 1000ppm/L de agua y floculante L-1538 al 0.1%: 8ppm/L de agua.
- La remoción de sólidos después del tratamiento propuesto fue de 99.691%

- Se establecieron 2 alternativas con relación al funcionamiento de la PTAR, quedando seleccionada la alternativa 2, con un puntaje de 42 por medio de una matriz de selección que evaluaba los criterios de; necesidades químicas, Necesidades energéticas, personal, mantenimiento, inversión inicial, pérdidas, impacto ambiental, dificultad de operación y tiempo de implementación.
- Se realizó una evaluación financiera para la implementación de la propuesta donde se establecieron los costos de inversión y de operación siendo de \$133.171.779
- Se determinaron los posibles costos de multas y tasas de retribución que acarrearía continuar con el vertimiento del agua sin ningún tipo de tratamiento, generando pérdidas a la empresa de \$230.833.204.
- Se realizó el análisis de costo beneficio con relación a las multas y tasas de retribución que se estarían ahorrando debido a la reutilización del agua, dando como resultado que a partir del primer año de operación se estaría generando un beneficio en la empresa al no incumplir la normatividad vigente.

6. RECOMENDACIONES

- Analizar los lodos generados en el proceso de tratamiento para realizar una correcta disposición.
- Desarrollar una alternativa para la utilización de los lodos generados en el proceso de clarificación.
- Desarrollar una alternativa para el vertimiento del agua residual de la planta de nitrato de amonio.

BIBLIOGRAFÍA

ADRADA AHUMADA, Cristian Darío. Propuesta de tratamiento para las aguas residuales industriales generadas por la empresa PROALIMENTOS LIBER S.A.S. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías. Departamento de ingeniería química. 2015.

ANALIZA CALIDAD. Tratamiento de aguas residuales industriales analiza. [En línea]. [citado el 04 de mayo de 2016]. Web: <www.analizacalidad.com/docftp/fi1110aguas.pdf>

CARACTERÍSTICAS DE las aguas residuales [Anónimo].

CENTRO PANAMEROCANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Parámetros y características de las aguas residuales. Lima, Perú.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Metodología para la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública MGA. Subdirección territorial y de inversiones públicas. Bogotá D.C. 2013. 24 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 00155 de 2004. Por el cual se reglamenta el artículo de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. Bogotá D.C.: el Ministerio, 2004

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 3100 de 2003. Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por vertimientos directos. Bogotá D.C.: el Ministerio. 2003. Y Decreto 3440 de 2004. Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003. Bogotá D.C.: el Ministerio. 2004.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 3678 de 2010. Por el cual se establecen los criterios para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones. Bogotá D.C.: el Ministerio. 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1207 de 2014 (25, julio, 2014). Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Bogotá D.C.: El ministerio, 2014.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Viceministerio de Ambiente. Dirección de licencias, permisos y

tramites ambientales. Metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental. 2010. 28 p

COOPERATIVA DE TEXAS EXTENSIÓN. Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras. [En línea]. [citado el 10 de febrero de 2016]. Web: <https://www.h-gac.com/community/water/ossf/OSSF-Treatment-Systems_Trickling-Filter-S.pdf>

CYCLUS. Contactores biológicos rotativos: Biodiscos y biocilindros. [En línea]. [Citado el 10 de febrero de 2016]. Web: < <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/contactores-biologicos-rotativos/>>

FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. [En línea]. [Citado 10 de febrero de 2016]. Web:<<http://www.ferticol.com/Paginas/ProcesosDeProduccion.html> >

GALVIS, Nubia. Ensayos de tratabilidad del agua, una herramienta concluyente para el diseño de plantas de potabilización. Trabajo de grado maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. Manizales, Colombia. Universidad de Maizales. Facultad de ciencias contables económicas y administrativas. 2014.

ÍNDICE DE PRECIOS AL CONCIMIDOR – IPC. [en línea]. [citado 19de junio de 2016] Web: <www.dane.gov.co <http://www.dane.gov.co/index.php/esp/precios-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor/111-boletines/indice-de-precios-y-costos/4972-comunicados-boletines-2006-2013-ipc>>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION. Documentación. Presentación de tesis trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización, Bogotá: en instituto. 2008.

_____. Referencias bibliográficas, contenido, forma, y estructura. NTC 5613. Bogotá: el Instituto. 2008.

_____. Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: el instituto. 1998.

LOPEZ GOMEZ, Camilo y GONZÁLEZ CANIZALES, Camila Alejandra. Propuesta para la rehabilitación de la planta de potabilización de agua subterránea en productos alimenticios Doria S.A. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. 2009

Manual para la conservación y reuso del agua para la industria. Volumen 1. Colombia 2005.

METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. 3 ed. Madrid, España: McGraw-Hill, 1995.

OROZCO, Javier y ROMERO, Ober. Reuso de aguas residuales. Tesis de maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. Manizales: Universidad de Manizales. Centro de educación a distancia-CEDUM, 2015.

OTERO, Natalia. Filtración de aguas residuales para reutilización. [En línea]. [Citado el 31 de enero de 2016]. Web: <<ftp://tesis.bbt.ull.es/ccppytec/cp273.pdf>>

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C., Colombia. Nuevas ediciones Ltda. 1999.
R. S., Ramalho. Tratamiento de aguas residuales. Edición revisada. Barcelona, España. Editorial Reverté. S.A. 1996.

RUIZ, Oscar. Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Servi agua móvil, S.A: de C. V. México D.F.

Sistemas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados. [En línea]. [Citado el 10 de febrero de 2016]. Web: <<https://aguasresiduales.wordpress.com/2008/06/02/sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-por-lodos-activados/>>

TECEXSA. Tratamiento primario: flotación Vs decantación. [En línea]. [Citado el 31 de enero de 2016]. Web: <<http://www.tecexsa.es/tecexsa/images/stories/tecexsa/pdf/DIFERENCIAS%20ENTRE%20DECANTACION%20Y%20FLOTACION.pdf>>

UNAD. Tratamiento secundario y terciario. [En línea]. [Citado 28 de enero de 2016] Web: <<http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales Contenido en linea/ eccin 24 tratamiento secundario y terciario.html>>

USCATEGUI DIAZ, Lida Marcela y SASTOQUE SUAREZ, Isabel maría. Mejoramiento de las etapas de coagulación y floculación en el proceso de tratamiento de agua potable en la planta Tibitoc. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación universidad de América. 2003.

VADEQUÍMICA. Soda cáustica sólida. Uso industrial. [En línea] [citado el 25 de abril de 2016] Web: <http://www.vadequimica.com/sosa-y-potasa/195-sosa-caustica-1kg-25-kg.html?search_query=HIDROXIDO+DE+SODIO&results=2>

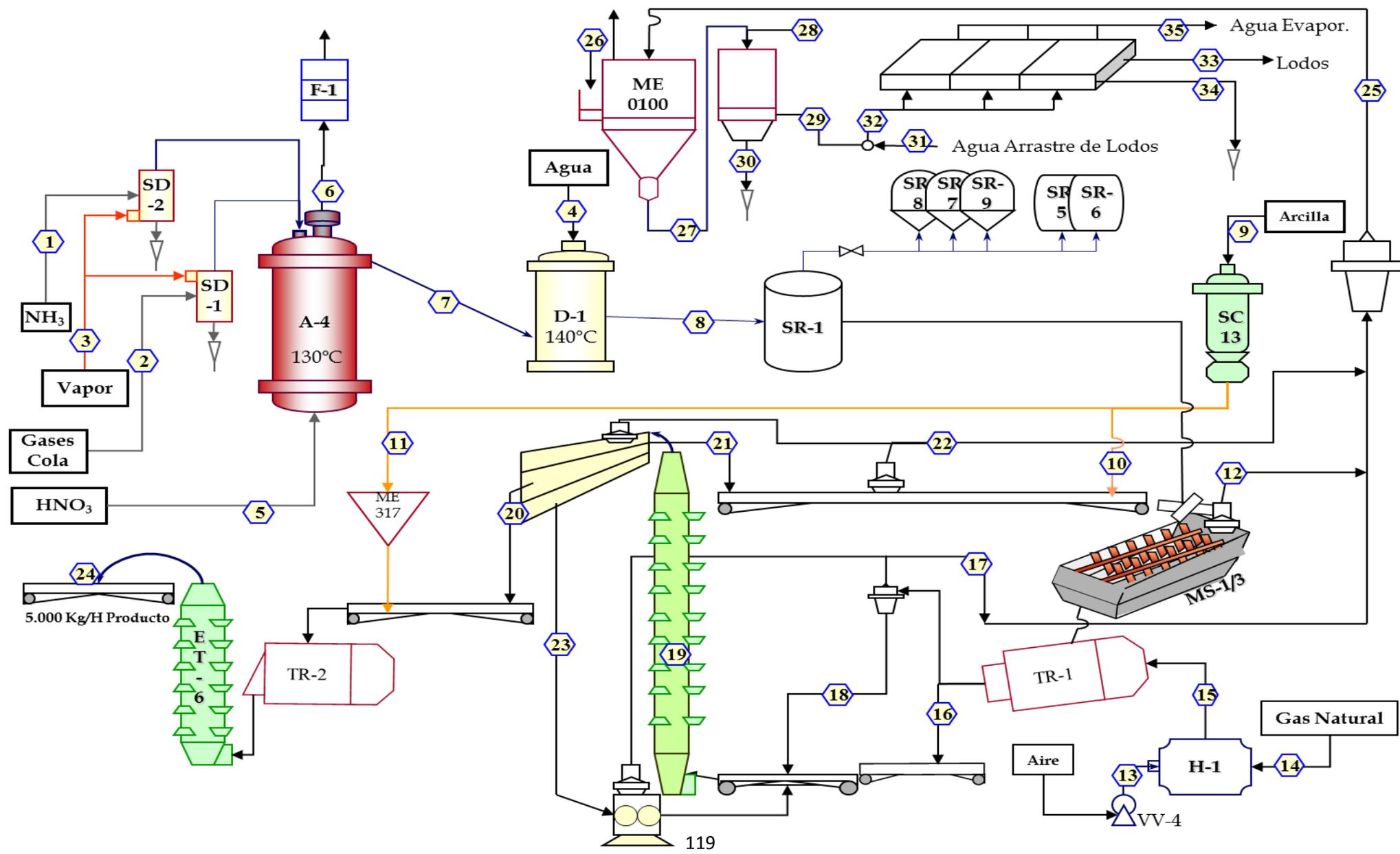
VASQUEZ, Naydu. RE: cotización. [en línea]. Mensaje para: Margarita FORIGUA MEDINA. 12 de mayo de 2016. [citado el 13 de mayo de 2016]. Comunicación personal.

VELEZ BERNAL, Jennifer. Propuesta de mejoramiento en la planta de tratamiento de agua industrial y potable en el complejo de la superintendencia de operaciones orito (sor) de Ecopetrol S.A. Trabajo de grado ingeniería química Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería química. 2008.

ANEXOS

ANEXO A
DIAGRAMA DE PROCESO PLANTA DE NITRATO DE AMONIO.

DIAGRAMA DE PROCESO EN LA PLANTA DE NITRATO DE AMONIO



ANEXO B
FICHA TÉCNICA EXRO 614

EXRO 614

Clarificación

COAGULANTE CATIONICO

DESCRIPCION GENERAL

EXRO 614 es un coagulante catiónico primario, utilizado como floculante en el tratamiento de aguas potables e industriales hasta una concentración de 100 ppm.

EXRO 614 es especialmente efectivo en clarificación de aguas de baja turbidez y alta coloración.

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Color

Apariencia

Carácter Iónico

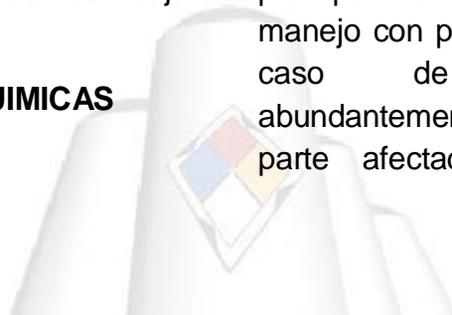
Grav. Espec., 20° C

pH (15 %)

Solubilidad en agua

Al₂O₃ (%)

Basicidad (%)



100%

20 ± 0.1

70 ± 0.1

MANEJO Y APLICACION

EXRO 614 trabaja sobre un rango de pH bastante amplio. Forma lodos muy compactos y biodegradables.

EXRO 614 debe ser aplicado al sistema en zonas de alta turbulencia por medio de bombas de desplazamiento positivo que sean resistentes a la corrosión.

EXRO 614 debe dosificarse de acuerdo con la especificación de las aguas a ser tratadas. Para aguas potables se recomienda una dosis de 20 ppm.

PRECAUCIONES

EXRO 614 puede producir irritación en los ojos y con menor intensidad en la piel por lo cual se recomienda su manejo con prendas de protección. En caso de contacto, lave abundantemente con agua y jabón la parte afectada y busque atención

ANEXO C

TABLA VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS EN RESOLUCIÓN 1204 DE 2014

"Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas"

2. USO INDUSTRIAL

Variable	Unidad de Medida	Valor Límite Máximo Permissible			
		Intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas	Descarga de Aparatos Sanitarios	Limpieza mecánica de vías y Riego de vías para el control de material particulado	Sistemas de redes de contralincendio
FISICOQUÍMICOS					
pH	Unidades de pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1,0*E(+3)	1,0*E(+4)	1,0*E(+3)	1,0*E(+1)
Helmintos Parásitos Humanos	Huevos y Larvas/L	0,1	1,0	1,0	0,1
Protozoos Parásitos Humanos	Quistes/L	0,0	1,0	1,0	1,0
<i>Salmonella sp.</i>	NMP/100 ml	1,0	1,0	1,0	1,0
QUÍMICOS					
Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX)	mg/L	0,001		0,001	
Esteres Ftalatos	mg/L	0,005		0,005	
Fenoles	mg/L	0,002		0,002	
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	0,01		0,01	
Biocidas					
2,4 D ácido	mg/L	0,0001		0,0001	
Diurón	mg/L	0,0001		0,0001	
Glifosato	mg/L	0,0001		0,0001	
Mancozeb	mg/L	0,0001		0,0001	
Propineb	mg/L	0,0001		0,0001	
Iones					
Cianuro Libre	mg CN ⁻ /L	0,05			
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	300,0		300,0	300,0
Fluoruros	mg F ⁻ /L	1,0			
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	500,0		500,0	500,0
Metales					
Aluminio	mg Al/L	5,0		5,0	
Berilio	mg Be/L	0,1		0,1	
Cadmio	mg Cd/L	0,01		0,01	
Cinc	mg Zn/L	3,0		3,0	
Cobalto	mg Co/L	0,05		0,05	
Cobre	mg Cu/L	1,0		1,0	
Cromo	mg Cr/L	0,1		0,1	
Plomo	mg Pb/L	5,0		5,0	

"Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas"

Variable	Unidad de Medida	Valor Limite Máximo Permissible			
		Intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas	Descarga de Aparatos Sanitarios	Limpieza mecánica de vías y Riego de vías para el control de material particulado	Sistemas de redes contraincendio
Hierro	mg Fe/L	5,0		5,0	
Litio	mg Li/L	2,5		2,5	
Manganeso	mg Mn/L	0,2		0,2	
Mercurio	mg Hg/L	0,001		0,001	
Molibdeno	mg Mo/L	0,07		0,07	
Níquel	mg Ni/L	0,2		0,2	
Vanadio	mg V/L	0,1		0,1	
Metales					
Arsénico	mg As/L	0,1		0,1	
No Metales					
Selenio	mg Se/L	0,01		0,02	
Otros					
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO ₅)	mg O ₂ /L			30,0	

ANEXO D

TABLA VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS EN RESOLUCIÓN 0631 DE 2015

"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"

SECTOR: ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS

ARTÍCULO 11. *Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con hidrocarburos (petróleo crudo, gas natural y derivados).* Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de las actividades asociadas con hidrocarburos (petróleo crudo, gas natural y derivados) a cumplir, serán los siguientes:

HIDROCARBUROS

PARÁMETRO	UNIDADES	EXPLORACIÓN (UPSTREAM)	PRODUCCIÓN (UPSTREAM)	REFINO	VENTA Y DISTRIBUCIÓN (DOWNSTREAM)	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO (MIDSTREAM)
Generales						
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	400,00	180,00	400,00	180,00	180,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	200,00	60,00	200,00	60,00	60,00
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Grasas y Aceites	mg/L	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Fenoles	mg/L	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"

PARÁMETRO	UNIDADES	EXPLORACIÓN (UPSTREAM)	PRODUCCIÓN (UPSTREAM)	REFINO	VENTA Y DISTRIBUCIÓN (DOWNSTREAM)	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO (MIDSTREAM)
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Hidrocarburos						
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte		
Compuestos de Fósforo						
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Ortofósforos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte		
Compuestos de Nitrógeno						
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte		
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte		
Nitrógeno Total (N)	mg/L	10,00	10,00	10,00 o 40,00 si en el proceso de refino se incluyen actividades de hidrogenación	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Iones						
Cianuro Total (CN)	mg/L	1,00	1,00	1,00		
Cloruros (Cl)	mg/L	1.200,00	1.200,00	500,00	250,00	250,00
Fluoruros (F)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte		
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300,00	300,00	500,00	250,00	250,00
Sulfuros (S ²⁻)	mg/L	1,00	1,00	1,00		
Metales y Metaloides						
Arsénico (As)	mg/L	0,10	0,10	0,10		
Bario (Ba)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte		
Cadmio (Cd)	mg/L	0,10	0,10	0,10		
Cinc (Zn)	mg/L	3,00	3,00	3,00		
Cobre (Cu)	mg/L	1,00	1,00	1,00		
Cromo (Cr)	mg/L	0,50	0,50	0,50		
Hierro (Fe)	mg/L	3,00	3,00	3,00		
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	0,01	0,01		
Níquel (Ni)	mg/L	0,50	0,50	0,50		
Plata (Ag)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte		
Plomo (Pb)	mg/L	0,20	0,20	0,10		
Selenio (Se)	mg/L	0,20	0,20	0,20		
Vanadio (V)	mg/L	1,00	1,00	1,00		
Otros Parámetros para Análisis y Reporte						
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m ⁻¹	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

ANEXO E
RESULTADOS ANÁLISIS AGUA CRUDA

 	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código:	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 1 de 2	
<i>"Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2015, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas"</i>		 <i>"Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1615 de 2015, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano"</i>	

Informe de resultados No. I-15-560 **Fecha de emisión:** Diciembre 03 de 2015

Cliente: MARGARITA FORIGUA MEDINA

Dirección del cliente: Carrera 11 No. 140-87

Solicitud de servicio No. 15-515 **No. de muestras:** 01

Fecha de recepción de las muestras: Noviembre 19 de 2015

Muestras recibidas por: Amparo López

Fecha de análisis: Noviembre 19 de 2015 – Diciembre 03 de 2015

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 15-515-01

Tipo de muestra: Puntual

Identificación de la muestra: MUESTRA 1

Matriz de la muestra: Agua Residual

Muestreo realizado por: El Cliente

Lugar y punto de muestreo: Barrancabermeja / Empresa Fertilizantes

Fecha del muestreo: Noviembre 18 de 2015

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Demanda Bioquímica Oxígeno (mg O ₂ /L)	95	Respirométrico / SM 5210 D
Demanda Química Oxígeno (mg O ₂ /L)	219	Titrimétrico -Reflujo Cerrado/SM 5220 C
Grasas y Aceites (mg/L)	0,53	Extracción Líquido-Líquido / SM 5520 B
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,097	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,27	Espectrofotométrico/ RODIER
Sólidos Suspendidos	1880	Gravimétrico/SM 2540 D
Sólidos Disueltos (mg/L)	1436	Gravimétrico/SM 2540 C
Sólidos Totales (mg/L)	3316	Gravimétrico/ SM 2540 B
Sólidos Sedimentables (ml/L)	4,8	Cono Imhoff/ SM 2540 F
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	23	Titrimétrico / SM 2320 B
Acidez Total (mg CaCO ₃ /L)	165,6	Titrimétrico/ SM 2310 B

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222

Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463-1469-2465. Telefax: (7) 6349009

Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com; labquimco@uis.edu.co

Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código:	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 2	

Informe de resultados No. I-15-560 **Solicitud de servicio No.** 15-515

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:



Luz Yolanda Vargas Fiallo Directora del Laboratorio Química.
M.Sc Química UIS MP
PQ 1144

Elaboró: Amparo López G

____ Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222

Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463-1469-2465. Telefax: (7) 6349009

Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com; labquimco@uis.edu.co

Bucaramanga -
Colombia

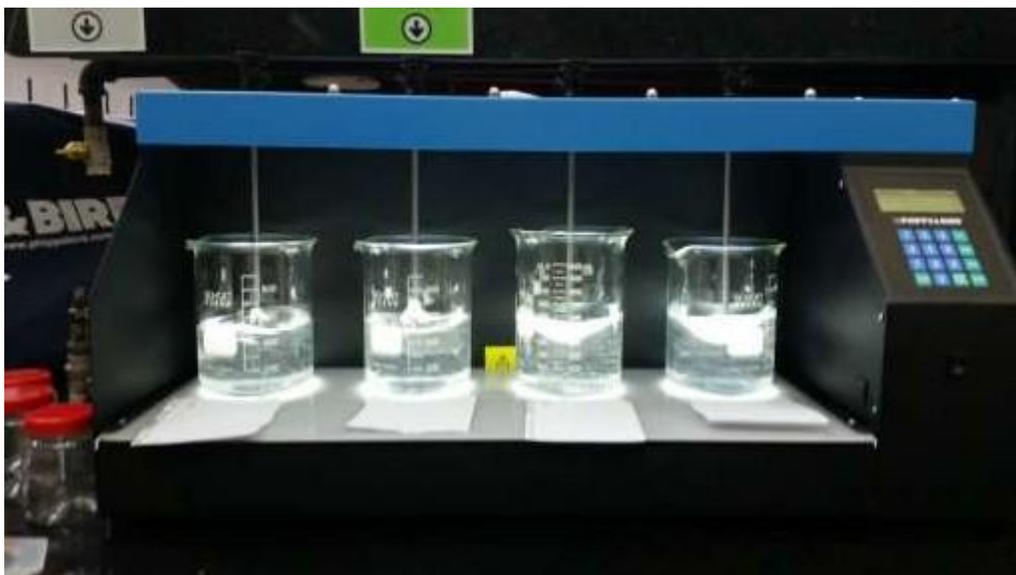
ANEXO F
PREPARACIÓN REACTIVOS

PREPARACIÓN REACTIVOS DESARROLLO EXPERIMENTAL

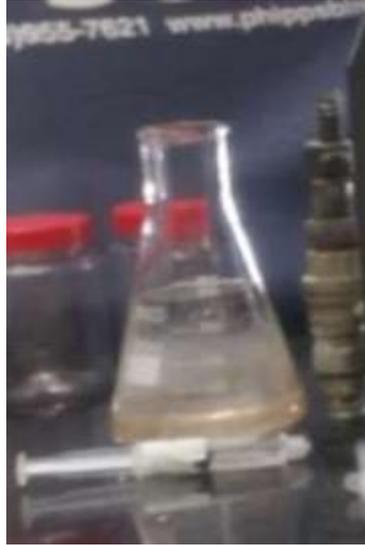
COAGULANTES: Los coagulantes utilizados son líquidos. Se realiza una solución al 5%, para lo que se pesan 5g de cada coagulante en una probeta y se completan 100mL con agua.



FLOCULANTES: Primero se prepara este producto debido a que su presentación es sólida, se debe realizar una solución al 0,1% por lo que se toman 0,5 gramos de cada polímero y se mezclan con 500ml de agua este proceso se realiza con el equipo de test de jarras a 100rpm por un periodo de 30 min, la agregación del floculante debe hacerse de manera paulatina para obtener una mejor solución.



NaOH: dado que el hidróxido de sodio será utilizado al 5% se necesita realizar una solución con 5 gramos de NaOH en escamas y aforar con agua hasta los 250mL.



ANEXO G
FICHAS TÉCNICAS COAGULANTES Y FLOCULANTES

POLICLORURO DE ALUMINIO

Aprobado para ser aplicado en agua potable

Posee un fuerte poder de coagulación.

Amplio rango de actuación en el pH (5 a 10) y de temperatura

No afecta el pH del agua tratada, permitiendo un ahorro sustancial de neutralizante

Perfectamente compatible con los tratamientos biológicos

Rápida velocidad de coagulación

Alto rendimiento en aguas con gran carga contaminante

Volumen menor de lodos y mayor compactación de los mismos

Alto poder defosfatante

Alto rendimiento en eliminación de sólidos en suspensión, DQO y DBO5

Excelente relación costo rendimiento

Usos principales

LIPESA AC005 ha sido formulado para ser utilizado en la coagulación de aguas potables, residuales municipales e industriales, permitiendo el reemplazo total o parcial del alumbre y otros coagulantes. Puede emplearse como acondicionador de lodos, mejorando el proceso de deshidratación.

Descripción general

LIPESA AC005 es una solución líquida de policloruro de aluminio con las siguientes características:

Color:	Incoloro a ámbar
Olor:	Inodoro
Gravedad específica:	1,26 - 1,33 a 25 °C
PH al 1%:	3.0- 4,5 a 25 °C
% activo:	22.5 – 23.5 % Al₂O₃
Solubilidad:	100% en agua

Dosis

La dosis óptima debe ser determinada por pruebas de laboratorio y campo. Las dosis típicas son:

Clarificación de aguas: 3 - 260 ppm (0,29 -24,8 como Al)

Tratamiento de lodos 50- 2.000 ppm

En todo caso, el Representante Técnico de LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA AC005 debe alimentarse de una manera continua al proceso, cualquiera que sea su

aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de plástico o cualquier otro material resistente al ácido. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto, su preparación es muy sencilla.

Despacho y almacenamiento

LIPESA AC005 se despacha en tambores plásticos de 270 Kg y a granel. Puede almacenarse por seis (6) meses sin que se altere la calidad del producto.

Manejo y seguridad

LIPESA AC005 no presenta ningún riesgo en el manejo. No es tóxico. Como todo producto químico debe manejarse con cuidado. En caso de contacto con los ojos, lavar y enjuagar con abundante agua por lo menos por 15 minutos. Al contacto con la piel y ropa de trabajo, lavar con abundante agua y jabón por 5 minutos. No lo ingiera, pero si ocurre accidentalmente, inducir al vómito y llamar al médico inmediatamente.

BD 04-05

Rev. 6



LIPESA 1627

POLIMERO COAGULANTE-FLOCULANTE

- Trabaja en un amplio rango de pH (3-12)
- Sedimentación rápida de sólidos por el gran tamaño del floc
- Totalmente miscible en agua
- Elimina el color y materia orgánica
- Produce un excelente tamaño de floc por centrifugación
- Deshidrata lodos sin alterar la carga del efluente final
- Excelente relación costo-rendimiento

Usos principales

LIPESA 1627 ha sido formulado especialmente para ser utilizado en la clarificación de aguas potable, residuales y de procesos, en la deshidratación mecánica de lodos de perforación y donde se requiere una floculación inmediata y un efluente libre de sólidos.

Descripción general

LIPESA 1627 es un floculante catiónico orgánico líquido, con las siguientes características:

Color:	Amarillo - ámbar
Olor:	Inodoro
Gravedad específica:	1,250 – 1,330 a 25 °C
pH al 1%:	3,00- 4,50 a 25 °C
Activo %:	min 22.5% Al_2O_3
Acidez %:	10,22 – 11,88

Dosis

La dosis de LIPESA 1627 es variable, dependiendo del tipo de aplicación y la calidad del efluente que se desee lograr. No obstante las dosis típicas son:

- Clarificación: 0,1 - 30 ppm
- Deshidratación de lodos 100 - 1000 ppm

En todo caso, el Representante Técnico de LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA 1627 debe alimentarse de una manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bomba dosificadora de acero inoxidable o cualquier otro material resistente a la corrosión.

Despacho y almacenamiento

LIPESA 1627 se despacha en tambores plásticos de 270 Kg y a granel. Puede almacenarse por doce (12) meses sin que se altere la calidad del producto.

Manejo y seguridad

LIPESA 1627 no presenta ningún riesgo en el manejo. No es tóxico. Como todo producto químico debe manejarse con cuidado. En caso de contacto con los ojos, lavar y enjuagar con abundante agua por lo menos por 15 minutos. Al contacto con la piel y ropa de trabajo, lavar con abundante agua y jabón por 5 minutos. No lo ingerir, pero si ocurre accidentalmente se debe inducir al vómito y llamar al médico inmediatamente.

ED-02/10-NYR

Rev. 2

"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases.

La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causados por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.

Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."

LIPESA RIF: J-08010330-4

FORMA REV.: 3 F. REV.: 27-02-06



LIPESA AC011

COAGULANTE INORGANICO

- Aprobado para ser aplicado en agua potable
- Posee un fuerte poder de coagulación.
- Amplio rango de actuación en el pH (5 a 10) y de temperatura
- No afecta el pH del agua tratada, permitiendo un ahorro sustancial de neutralizante
- Perfectamente compatible con los tratamientos biológicos
- Rápida velocidad de coagulación
- Alto rendimiento en aguas con gran carga contaminante
- Volumen menor de lodos y mayor compactación de los mismos
- Alto poder defosfatante
- Alto rendimiento en eliminación de sólidos en suspensión, DQO y DBO5
- Excelente relación costo rendimiento

Usos Principales

LIPESA AC011 ha sido formulado para ser utilizado en la coagulación de aguas potables, residuales municipales e Industriales, permitiendo el reemplazo total o parcial del alumbre y otros coagulantes. Puede emplearse como acondicionador de lodos, mejorando el proceso de deshidratación.

Descripción general

LIPESA AC011 es una solución líquida de sales inorgánicas trivalentes, con las siguientes características:

Color:	Café
Olor:	Característico
Gravedad específica:	1,420 – 1,520 a 25° C
pH al 100%:	< 2,10 a 25 °C

Dosis

La dosis óptima debe ser determinada por pruebas de laboratorio y campo. Las dosis típicas son:

- Clarificación de aguas: 3 - 260 ppm
- Tratamiento de lodos: 50- 2.000 ppm

En todo caso, el Representante Técnico de LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA AC011 debe alimentarse de una manera continua al proceso, cualquiera que sea su aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de plástico o cualquier otro material resistente al ácido. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto su preparación es muy sencilla.

Despacho y almacenamiento

LIPESA AC011 se despacha en tambores plásticos de 270 Kg y a granel. Puede almacenarse por seis (6) meses sin que se altere la calidad del producto.

Manejo y seguridad

LIPESA AC011 no presenta ningún riesgo en el manejo. No es tóxico. Como todo producto químico debe manejarse con cuidado. En caso de contacto con los ojos, lavar y enjuagar con abundante agua por lo menos por 15 minutos. Al contacto con la piel y ropa de trabajo, lavar con abundante agua y jabón por 5 minutos. No lo Ingreara, pero si ocurre accidentalmente, Inducir al vómito y llamar al médico inmediatamente.

RM 08-12-R.SI

Rev. 0

"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases. La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causados por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad. Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."

LIPESA RIF. J-08010330-4

FORM07 REV. 1 P. REV. 07-05-2009



POLIMERO ANIÓNICO

LIPESA 1538

Ideal para la deshidratación mecánica de lodos inorgánicos o minerales.

Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes industriales.

Trabaja en un rango amplio de pH: 1.0 – 12.0

Fácilmente emulsionable en agua.

Excelente relación costo-rendimiento: Trabaja a dosis muy bajas

Usos principales

LIPESA 1538 ha sido especialmente formulado para ser utilizado en la deshidratación mecánica de lodos, provenientes de procesos de clarificación y espesamiento de efluentes industriales, especialmente los minerales. **LIPESA 1538** tiene también aplicación en la clarificación y espesamiento de aguas industriales y muchos otros procesos como el papelero y azucarero.

Descripción General

LIPESA 1538 es un polímero sólido de “muy alto peso molecular”, fuertemente aniónico, con las siguientes características:

Forma:	Sólido
Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
Densidad:	800 Kg/m³ aprox.
Solubilidad:	1.0% en agua.
Viscosidad:	2000 cPs aprox. a 5.0g/l
	1000 cPs aprox. a 2.5 g/l
	300 cPs aprox. a 1.0g/l

Dosis

Las dosis de **LIPESA 1538** varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. Las dosis típicas son:

Deshidratación mecánica:	10 - 150 g/m ³
Espesamiento y clarificación:	0.05 – 30 g/m ³

En todo caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de empleo y alimentación

LIPESA 1538 se debe alimentar de manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bombas de dosificación de acero dulce o cualquier otro material. Para obtener el mejor rendimiento del producto, se debe preparar en soluciones hasta un 0.5% de concentración y alimentar luego al 0.1% de concentración como máximo.

El tiempo de preparación de las soluciones de **LIPESA 1538** es de 40 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamiento.

Agitar suavemente durante 10 – 15 minutos

Dejar en reposo durante 5 -10 minutos.

Y finalmente, agitar por 15 – 20 minutos

Despacho y almacenamiento

LIPESA 1538 se despacha en bolsas de 25 Kg y 750Kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar la hidratación. No almacenar por más de doce meses en planta.

Manejo y Seguridad

LIPESA 1538 no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico, evite el contacto con piel y ojos. No lo ingiera. En caso de contacto con los ojos, piel y ropa, lavarse con mucho agua. Si se presenta irritación en los ojos, acudir inmediatamente a un medico.

RM – 08/07

Rev. 0

FLOCULANTE

- Ideal para la deshidratación mecánica de lodos orgánicos
- Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes Industriales
- Trabaja en un rango amplio de pH: 1,0 - 13,0
- Fácilmente soluble en agua
- Excelente relación costo-rendimiento: Trabaja a dosis muy bajas

Usos principales

LIPESA 1564 ha sido especialmente formulado para ser utilizado en la deshidratación mecánica de lodos provenientes de procesos de clarificación y espesamiento de efluentes Industriales, especialmente los orgánicos. LIPESA 1564 tiene también aplicación en la clarificación y espesamiento de aguas Industriales y procesos varios.

Descripción General

LIPESA 1564 es un polímero sólido, granular de "muy alto peso molecular", fuertemente catiónico, con las siguientes características:

Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
pH a 25°C:	2,50 – 4,50 al 0,5%
Densidad:	600 - 900 Kg/m ³
Solubilidad:	0,5% máximo en agua
Viscosidad (cP):	*145,0 al 0,1 % *450,0 al 0,25 % *1150 al 0,5 %

*Valores medios indicativos. Seleccionar los equipos de disolución sobre la base de una viscosidad 10 veces mayor (fluido no Newtoniano)

Dosis

La dosis de LIPESA 1564 varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado.

Las dosis típicas son:

- Deshidratación mecánica: 5 – 150 g/m³
- Espesamiento y clarificación: 0,05 – 30 g/m³

En todo caso, el representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA 1564 se debe alimentar de manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de acero dulce o cualquier otro material. Para obtener el mejor rendimiento del producto, se debe preparar en soluciones hasta un 0,5% de concentración y alimentar luego al 0,1% de concentración como máximo.

El tiempo de preparación de las soluciones de LIPESA 1564 es de 60 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

- Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamiento.
- Agitar suavemente durante 10 – 15 minutos.
- Dejar en reposo durante 15 – 20 minutos.
- Y finalmente, agitar por 15 – 20 minutos.

Despacho y Almacenamiento

LIPESA 1564 se despacha en sacos de 25 kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar la hidratación. Tiempo de vida útil: 24 meses a partir de la fecha de fabricación.

Manejo y Seguridad

LIPESA 1564 no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico, evite el contacto con piel y ojos. No lo ingiera. En caso de contacto con los ojos, piel y ropa, lavarse con mucha agua. Si se presenta irritación en los ojos, acudir inmediatamente a un médico.

BD-05-15

Rev.: 4

*"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases.
La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causados por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.
Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."*

LIPESA RIF: J-08010330-4

FORMOS REV.: 2 F. REV.: 18-03-06

LIPESA 1547M

POLIMERO ANIÓNICO

Ideal para la deshidratación mecánica de lodos inorgánicos o minerales

Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes industriales.

Trabaja en un rango amplio de pH

fácilmente emulsionable en agua.

Excelente relación costo-rendimiento: Trabaja a dosis muy bajas

Usos principales

LIPESA 1547M ha sido especialmente formulado para ser utilizado en la deshidratación mecánica de lodos, provenientes de procesos de clarificación de agua potable e industrial y en el espesamiento de efluentes industriales, especialmente los minerales, **LIPESA 1547M** tiene también aplicación es espesamiento de lodos en procesos como el papelero, azucarero, lodos de perforación, etc.

Descripción General

LIPESA 1547M es un polímero de “muy alto peso molecular”, ligeramente aniónico, con las siguientes características:

Forma:	Sólido
Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
Densidad:	800 Kg/m³ aprox.
Solubilidad:	1.0% máx. en agua.
Viscosidad:	1500 cPs aprox. a 5.0g/l
	600 cPs aprox. a 2.5 g/l
	140 cPs aprox. a 1.0g/l

Dosis

Las dosis de **LIPESA 1547M** varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. Las dosis típicas son:

- Deshidratación mecánica: 10-800 g/m³
- Espesamiento y clarificación: 0.1 – 300 g/m³

En cualquier caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis óptima a su situación particular.

Modo de empleo y alimentación

LIPESA 1547M se debe alimentar de manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bombas de dosificación de acero dulce o cualquier otro material. Para obtener el mejor rendimiento del producto, se debe preparar en soluciones hasta un 0.5% de concentración y alimentar luego al 0.1% de concentración como máximo.

El tiempo de preparación de las soluciones de **LIPESA 1547M** es de aproximadamente 40 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

- Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamiento.
- Agitar suavemente durante 10 – 20 minutos
- Dejar en reposo durante 5 -10 minutos.
- Y finalmente, agitar por 10 – 25 minutos

El punto de inyección, en el caso de tratamiento de estaciones, deberá hacerse en un punto de buena mezcla y en todo caso dependerá de sistema de tratamiento usado. El Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento del sitio adecuado para la inyección del producto, bien sea en estaciones de tratamiento o en aplicaciones especiales.

Despacho y almacenamiento

LIPESA 1547M se despacha en bolsas de 25 Kg y 750Kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar la hidratación. No almacenar por mas de seis meses en planta.

Manejo y Seguridad

El producto **LIPESA 1547M** no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico, evite el contacto con piel y ojos. No lo ingiera. En caso de contacto con los ojos, piel y ropa, lavarse con mucho agua. Si se presenta irritación en los ojos, acudir inmediatamente a un medico.

RM – 08/07

Rev. 0



LIPESA 1550 A

POLIMERO NO IÓNICO

- Ideal para la deshidratación mecánica de lodos inorgánicos o minerales
- Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes industriales
- Trabaja en un rango amplio de pH
- fácilmente emulsionable en agua
- Excelente relación costo-rendimiento: Trabaja a dosis muy bajas

Usos principales

LIPESA 1550 A ha sido especialmente formulado para ser utilizado en la deshidratación mecánica de lodos, provenientes de procesos de clarificación de agua potable e industrial y en el espesamiento de efluentes industriales, especialmente los minerales. LIPESA 1550 A tiene también aplicación en espesamiento de lodos en procesos como el papelerero, azucarero, lodos de perforación, etc.

Descripción General

LIPESA 1550 A es un polímero de "muy alto peso molecular", no iónico, con las siguientes características:

Forma:	Sólido
Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
pH:	5,00 – 8,00
Solubilidad:	0,5% máx. en agua.
Viscosidad Brookfield (Cp):	50 – 1000 al 0,5 %

Dosis

Las dosis de LIPESA 1550 A varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. Las dosis típicas son:

- Deshidratación mecánica: 10-800 g/m³
- Espesamiento y clarificación: 0.1 – 300 g/m³

En cualquier caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis óptima a su situación particular.

Modo de empleo y alimentación

LIPESA 1550 A se debe alimentar de manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bombas de dosificación de acero dulce o cualquier otro material. Para obtener el mejor rendimiento del producto, se debe preparar en soluciones hasta un 0.5% de concentración y alimentar luego al 0.1% de concentración como máximo. El tiempo de preparación de las soluciones de LIPESA 1550A es de aproximadamente 40 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

- Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamiento.
- Agitar suavemente durante 10 – 20 minutos
- Dejar en reposo durante 5 -10 minutos.
- Y finalmente, agitar por 10 – 25 minutos

El punto de inyección, en el caso de tratamiento de estaciones, deberá hacerse en un punto de buena mezcla y en todo caso dependerá de sistema de tratamiento usado. El Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento del sitio adecuado para la inyección del producto, bien sea en estaciones de tratamiento o en aplicaciones especiales.

Despacho y almacenamiento

LIPESA 1550 A se despacha en bolsas de 25 Kg y 750Kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar la hidratación. No almacenar por mas de seis meses en planta.

Manejo y Seguridad

El producto LIPESA 1550 A no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico, evite el contacto con piel y ojos. No lo ingiera. En caso de contacto con los ojos, piel y ropa, lavarse con mucho agua. Si se presenta irritación en los ojos, acudir inmediatamente a un médico.

BD-04-14-NYR**Rev.: 0**

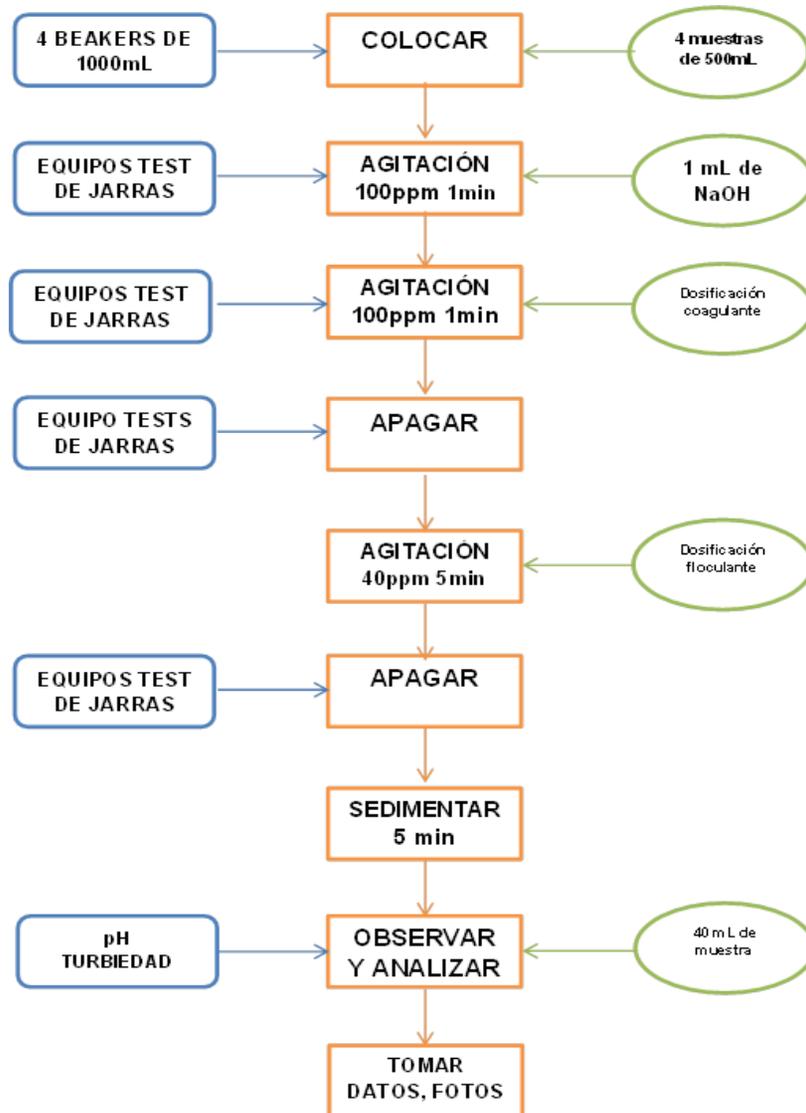
"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases. La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad. Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."

LIPESA RIF: J-08010339-4

FGM897 REV.: J.F. REV.: 27-02-2009

ANEXO H
PROCESOS EXPERIMENTALES

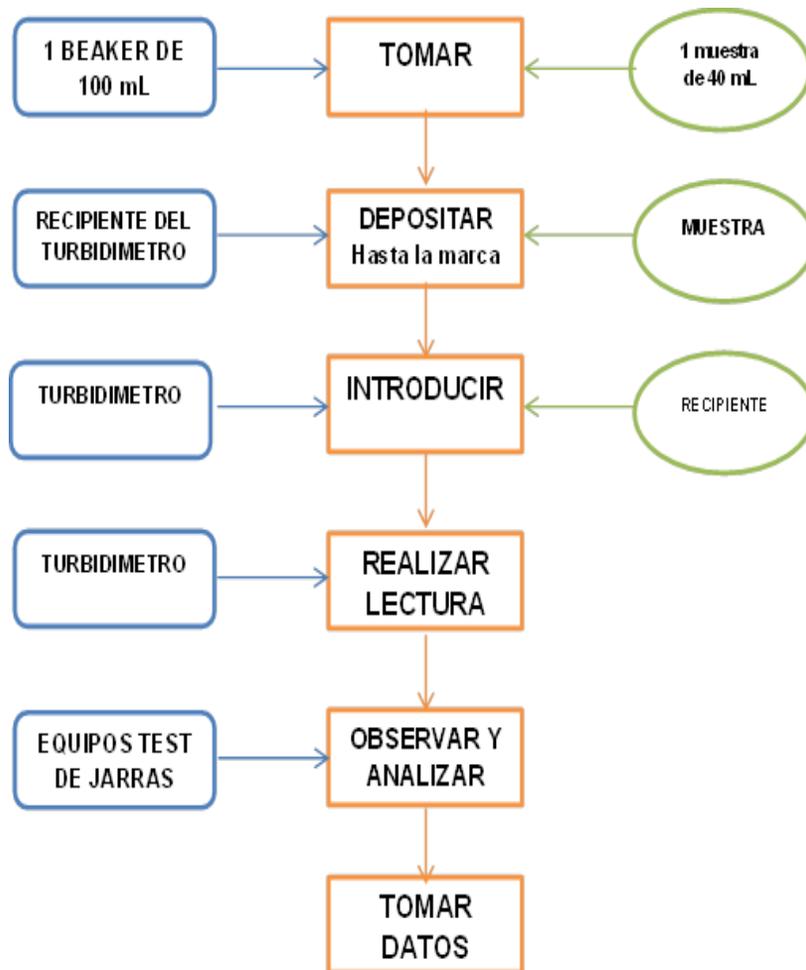
TEST DE JARRAS



PASOS PARA EL PROCEDIMIENTO DE TEST DE JARRAS

1. Colocar los 4 beakers en el equipo de test de jarras
2. Colocar 500mL de muestra en cada Beaker
3. Agregar 1mL de NaOH en cada Beaker
4. Agitar por 1 minuto a 100 rpm
5. Agregar la dosificación de coagulante indicada en cada Beaker
6. Agitar por 1 minuto a 100 rpm
7. Apagar equipo de test de jarras
8. Añadir la dosificación de floculante indicada en cada Beaker
9. Agitar por 5 minutos a 40 rpm
10. Apagar equipo de test de jarras
11. Dejar sedimentar las muestras por 5 minutos
12. Observar resultados y analizar pH y turbiedad en muestra de 40 mL
13. Tomar datos y fotos del procedimiento

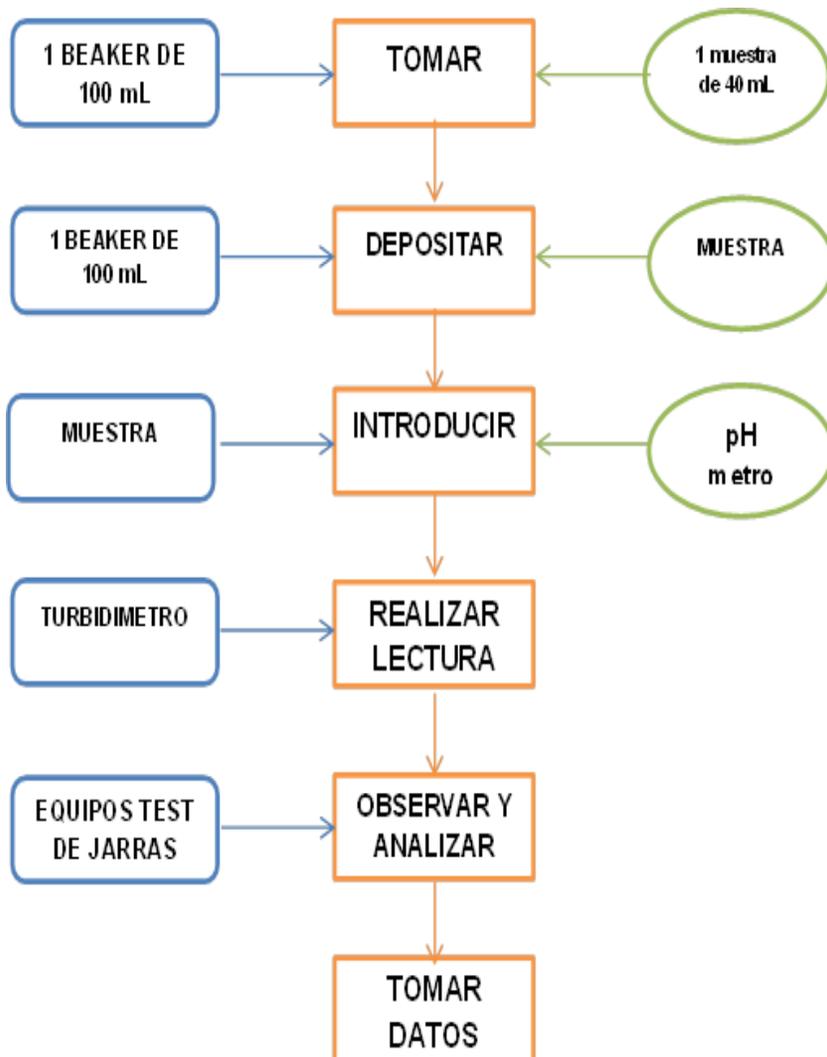
MEDICIÓN DE TURBIEDAD



PASOS PARA MEDICIÓN DE TURBIEDAD

1. Tomar 40 mL de la muestra tratada en un Beaker de 100mL
2. Depositar la muestra en el recipiente del Turbidímetro
3. Introducir el recipiente del Turbidímetro en el quipo
4. Realizar la lectura en el Turbidímetro
5. Observar los resultados y analizar
6. Tomar datos

MEDICIÓN pH



PASOS PARA MEDICIÓN pH

1. Tomar 40 mL de la muestra tratada en un Beaker de 100mL
2. Depositar la muestra en un Beaker de 100mL
3. Introducir el pH metro en la muestra
4. Realizar la lectura en el Turbidímetro
5. Observar los resultados y analizar
6. Tomar datos

ANEXO I
RESULTADOS AGUA TRATADA



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

CÓDIGO: 119822

PÁGINA: 1 de 1

SEÑOR(ES): **FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. FERTICOL S.A.**

DIRECCIÓN: **ZONA INDUSTRIAL BARRIO LAS GRANJAS**

TELÉFONO: **6101816**

MUESTRA PROCEDENTE DE : **BOGOTA**

DEPARTAMENTO: **CUNDINAMARCA**

LUGAR TOMA DE LA MUESTRA: **UNIVERSIDAD AMERICA**

PUNTO DE CAPTACIÓN: **DESPUES DE TRATAMIENTO**

TIPO DE MUESTRA : **AGUA RESIDUAL**

FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: **29-ABR-2016**

HORA TOMA DE LA MUESTRA: **12:46H**

FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: **29-ABR-2016**

RESULTADOS

ENSAYO	FEC-ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
B. ACIDEZ TOTAL	30-ABR-2016	Titulometría	SM 2310 B	43 mg/L CaCO3
B. D.B.O	29-ABR-2016	Incubacion 5 días y Electrodo de membrana	SM 5210 B	4 mg/L O2
B. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	29-ABR-2016	Gravimétrico - Secado a 180°C	SM 2540 C	630 mg/L
B. SÓLIDOS SEDIMENTABLES	30-ABR-2016	Volumétrico - Cono Imhoff	SM 2540 F	<0.1 ml/L
B. SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	29-ABR-2016	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 D	5 mg/L
B. SÓLIDOS TOTALES	29-ABR-2016	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 B	638 mg/L

No ANALISIS 6 --- FIN DEL REPORTE

OBSERVACIONES: Muestra puntual recolectada por el cliente.

Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.

B. Ensayo(s) de laboratorio acreditado(s) en Analquim Ltda. Resolución de acreditación N° 3379 del 20 de Noviembre de 2014. IDEAM

El presente documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente y es válido únicamente si tiene el sello seco.

Qca. MAGDA JULIETH CASTAÑO ANGEL
DIRECTOR DE LABORATORIO

NOTA:

Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada.

Bogotá, 12-MAY-2016

FECHA DE EXPEDICIÓN

ANQ-PL-071-1 - Versión 2

El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.

ANEXO J
COSTOS ALTERNATIVA 1

COSTOS ALTERNATIVA 1

	UNIDADES	DESCRIPCION	COSTO
1	10 m	Tubo de 1" de PVC	\$ 60.000
2	4	Codos de 1" PVC de 90°	\$ 3.200
3	2	Universales de 1" en PVC	\$ 15.400
4	2	Te de PVC de 1/2"	\$ 2.800
5	3	Codos de 1/2" en PVC a 90°	\$ 900
6	1	Tubo de 1/2" de PVC	\$ 26.400
7	2	Uniones de 1/2" de PVC	\$ 5.800
8	2	Universales de 1/2" de PVC	\$ 5.800
9	3	Adaptadores macho de 1/2" de PVC	\$ 900
10	3	Adaptadores hembra de 1/2"	\$ 900
11	10 m	Manguera de 1/2" plástico transparente	\$ 64.000
12	1	Medidor digital de agua	\$ 360.000
			\$ 546.100

	EQUIPO	VALOR UNIDAD	CANT.	VALOR TOTAL
1	Tanque floculador	3.825.000	1	\$ 3.825.000
2	Tanque preparación floculante	648.000	1	\$ 648.000
3	Tanque de Almacenamiento	2.295.000	2	\$ 4.590.000
4	Bombas dosificadoras	620.960	3	\$ 1.862.880
5	Bombas Centrifugas	680.000	3	\$ 2.040.000
6	Válvulas mariposa	226.316	3	\$ 678.948
TOTAL AI				\$ 13.644.828
IVA 16%				\$ 2.183.172
TOTAL				\$ 15.828.000

ANEXO K
COSTOS ALTERNATIVA 2

COSTOS ALTERNATIVA 2

	UNIDADES	DESCRIPCION	COSTO
1	10 m	Tubo de 1" de PVC	\$ 60.000
2	4	Codos de 1" PVC de 90°	\$ 3.200
3	2	Universales de 1" en PVC	\$ 15.400
4	2	Te de PVC de 1/2"	\$ 2.800
5	3	Codos de 1/2" en PVC a 90°	\$ 900
6	1	Tubo de 1/2" de PVC	\$ 26.400
7	2	Uniones de 1/2" de PVC	\$ 5.800
8	2	Universales de 1/2" de PVC	\$ 5.800
9	3	Adaptadores macho de 1/2" de PVC	\$ 900
10	3	Adaptadores hembra de 1/2"	\$ 900
11	10 m	Manguera de 1/2" plastico transparente	\$ 64.000
12	5 Gal	Pintura sikafin color blanco para mortero duración 15 años	\$ 282.900
13	1	Medidor digital de agua	\$ 360.000
TOTAL			\$ 829.000

	EQUIPO	VALOR UNIDAD	CANT.	VALOR TOTAL
1	Tanque preparación floculante	648.000	1	\$ 648.000
2	Tanque de Almacenamiento	2.295.000	1	\$ 2.295.000
3	Bombas dosificadoras	620.960	3	\$ 1.862.880
4	Bombas Centrifugas	680.000	2	\$ 1.360.000
5	Válvulas mariposa	226.316	3	\$ 678.948
TOTAL AI				\$ 6.844.828
IVA 16%				\$ 1.095.172
TOTAL				\$ 7.940.000

ANEXO L
COSTIZACIONES



11 de Abril de 2016, Bogotá.

Ref.: Cotización 076-2016

SEÑORES:
FERTICOL S.A
ATN: ING. MARGARITA FORIGUA MEDINA
BOGOTÁ

ASUNTO: Suministro de sistema de sedimentación y filtración para aguas residuales

Respetada Ingeniero:

Cordial saludo, por medio de la presente me permito remitir a su disposición la cotización de servicios por concepto de fabricación de un sistema de sedimentación, acondicionamiento, adición de químicos y tratamiento terciario o filtración de aguas residuales industriales a razón de 2,0m³/día. MATERIAL: Poliéster reforzado con Fibra de vidrio

PRODUCTO	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
TANQUE DE SEDIMENTACIÓN: Cilíndrico con fondo cónico DIÁMETRO 1.0 m ALTURA CILINDRICA 1,0m ALTURA CÓNICA 0.87 m ACCESORIOS: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Módulos de sedimentación acelerada ▪ Canaleta perimetral de recolección ▪ Conexiones de entrada, salida y drenaje de lodos 	1	\$ 3.825.000	\$3.825.000
TANQUE MEZCLADOR Cilíndrico vertical DIÁMETRO 1.0 m ALTO 1.30 m ACCESORIOS Conexiones de entrada, salida y drenaje de lodos	1	\$ 1.984.500	\$ 1.984.500
TANQUE PREPARACIÓN DE FLOCULANTE Cilíndrico vertical DIÁMETRO 0.50 m ALTO 0.75 m	1	\$ 648.000	\$ 648.000



GESTIÓN INTEGRAL EN MANTENIMIENTO LTDA.

ACCESORIOS Conexiones de entrada, salida y drenaje de lodos			
TANQUE CONTACTO DE CLORO			
CANTIDAD 1	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
GEOMETRÍA Paralelepípedo			
LARGO 1,00 m			
ANCHO 0,30 m			
ALTO 0,50 m			
FILTRO MULTIMEDIA			
Altura filtro 1,20 m	1	\$ 610.000	\$ 610.000
Ø Filtro 0,20m			
Ø Entrada 1"			
Ø salida 1"			
Altura lecho filtrante 0,8 m			
Medio filtrante Grava, arena y antracita			
Tipo de filtración Media			
Tipo de flujo Descendente			
Tipo de lavado Retro lavable			
TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
CANTIDAD 1	1	\$ 2.295.000	\$ 2.295.000
GEOMETRÍA Cilíndrica vertical			
DIÁMETRO 1,20 m			
ALTO 1,8 m			
ACCESORIOS Conexiones de entrada, salida y drenaje de lodos			
Bomba dosificadora para productos químicos, marca SEKO, de fabricación europea, serie INVIKTA			
Análoga con perilla de regulación manual de la frecuencia de dosificación (10-100%) y entrada para control de nivel en el tanque de producto químico (sensor no incluido); tipo diafragma, cuerpo en polipropileno, cabezal en PVC, esteras cheque cerámicas, diafragma en PTFE, sellos en FPM (SULFATO) o EPDM (CLORO), con válvula de cebado. Grado de protección IP65. Accesorios incluidos para su instalación: soporte	4	\$ 620.960	\$ 2.483.840
			

CR 90 Nro 12- 28 Chicó, Teléfono: 6381061 Móvil: 3103334632-3186363068
 E-mail: gerencia@gimltda.com ; ingenieria@gimltda.com, ventas@gimltda.com
 WEBSITE: <http://www.gimltda.com>



GESTIÓN INTEGRAL EN MANTENIMIENTO LTDA.

para fijación a pared, filtro de pie, válvula de inyección, manguera de aspiración en PVC y manguera de descarga en polietileno. ► Modelo KCL633N Caudal máximo: 2 l/h @ presión de descarga 7 bar (101 PSI). Frecuencia máxima: 100 impulsos/minuta. Alimentación eléctrica: 100 a 240 VAC @ 60Hz monofásica.			
Equipas de bombeo centrífuga para operación de filtros a presión, marca pedrallo, Barnes, acoupack o similar de 1,0 HP a 220V,	3	\$ 680.000	\$ 1.360.000
SUBTOTAL			\$ 14.706.340

TRANPORTE Y MONTAJE PENDIENTE. ADICIONAR IMPUESTOS IVA VIGENTE 16%

OBSERVACIONES:

Las descargas de las bombas están basadas para agua a 20°C. Para fluidos de diferente densidad y/o viscosidad la descarga variará por lo que se debe realizar los aforos correspondientes.

CONDICIONES COMERCIALES

- **CONDICIONES DE ENTREGA:** La fabricación se llevará en su totalidad en las instalaciones de GIM Ltda, en la ciudad de Bogotá. Para ser transportada desde allí a su destino. De ser requerido el transporte e instalación de la misma se cotizará previamente con un sobrecosto según acuerdos comerciales y ubicación de la planta.
- **TIEMPO DE ENTREGA:** Dicha labor será ejecutada en un tiempo de (45) cuarenta y cinco días hábiles, contados a partir de la entrega de orden de compra y anticipo. Más quince días adicionales para montaje, en caso de ser contratado.
- **CONDICIONES DE PAGO:** Anticipo de 60 % para compra de materiales e inicio de obra 30 % pago de contado una vez despachada la planta y el 10% restante una vez se entregue la PTAR en operación, el pago se efectuará mediante transferencia electrónica cheque girado a nombre de Gestión Integral en Mantenimiento Ltda. Agregar el valor impuestos

Cll 90 Nro 12- 28 Chicó, Teléfono: 6381061 Móvil: 3103334632-3186363068

E-mail: gerencia@gimltda.com ; ingenieria@gimltda.com, ventas@gimltda.com

WEBSITE: <http://www.gimltda.com>



GESTIÓN INTEGRAL EN MANTENIMIENTO LTDA.

vigentes. Las tarifas no incluyen impuestos. Adicionar AIU del 15% + IVA vigente del 16% sobre la utilidad del 5%.

GARANTIA: La PTAR cuenta con una garantía sobre insumos de fabricación y fabricación soldaduras y acoples de dos (2) años. No se responde por el mal uso de la planta o el uso indebido de los equipos de funcionamiento ni sus fallas por falta de mantenimiento. Los equipos de bombeo cuentan igualmente con una garantía de fábrica de (1) un año.

GESTION INTEGRAL EN MANTENIMIENTO LTDA Garantiza la disponibilidad y suministro de los repuestos necesarios para la operación de la planta además del servicio de mantenimiento post-venta durante su vida útil, previa cotización y aprobación en cada caso.

- **VIGENCIA:** Esta Oferta comercial tiene una vigencia de 30 treinta días

RESERVA DE DOMINIO

G.I.M Ltda. Se reserva el derecho de dominio sobre los equipos entregados al cliente hasta que este no se haya cancelado en su totalidad los valores facturados.

Nuestro servicio esta soportado por un excelente equipo humano de ingenieros y técnicos que están capacitados integralmente para lograr la satisfacción plena de nuestros clientes.

Contamos con un stock adecuado de repuestos originales para responder a las exigencias del mercado, con lo cual podemos garantizar todos nuestros trabajos.

En espera de iniciar una próspera relación comercial,

Cordialmente,

Ing. Johanna Rojas Sánchez

Gerente y representante legal

Anexo fichas técnicas

Cll 90 Nro 12- 28 Chicó, Teléfono: 6381061 Móvil: 3103334632-3186363058
E-mail: gerencia@gimltda.com ; ingenieria@gimltda.com, ventas@gimltda.com
WEBSITE: <http://www.gimltda.com>



Tocancipa., 2 Marzo de 2016

Señora
Margarita Forigua Medina
Barrancabermeja

Ref.: COTIZACION PRODUCTOS LIPESA.

Cordial Saludo,

Lipesa Colombia S.A. en sus 30 años de operación ha enfocado su esfuerzo continuo hacia el desarrollo de los tratamientos y programas químicos preventivos, la satisfacción del cliente mediante la identificación y solución de las necesidades propias de cada industria.

Por esta razón, agradecemos la invitación que nos hacen para cotizar a ustedes nuestros productos.

1. LISTA DE PRECIOS Y PRESENTACIONES

PRODUCTO	FUNCION	PRESENTACION	\$ / Kg
L-AC005	Coagulante Liquido	Caneca x 70 Kg	\$ 3.650
L-AC003	Coagulante Solido	Sacos x 25 Kg	\$ 5.200
L-1627	Coagulante (Mezcla)	Caneca x 70 Kg	\$ 5.400
REB-600	Coagulante (Mezcla)	Tambor x 270 Kg	\$ 5.500
L-1538	Polimero Anionico	Sacos x 25 Kg	\$ 17.500
L-1564	Polimero Cationico	Sacos x 25 Kg	\$ 20.000
L-1635	Polimero Rápida Disolución Anionico	Sacos x 25 Kg	\$ 15.000
L-1648	Polimero Rápida Disolución Cationico	Sacos x 25 Kg	\$ 18.500

NOTA. Precios productos puestos en Barrancabermeja

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax 8786600 EXT 119 Celular: 321343 7525
E-mail: PorrasL@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
NIT: 830035263-2



2. CONDICIONES COMERCIALES

- Los precios tienen vigencia 60 días a partir de la fecha.
- A los precios deberá sumarse el IVA vigente a la fecha de facturación.
- Los productos serán entregados CINCO (5) días hábiles antes de recibir su Orden de Compra o pedido.
- El sitio de entrega de los productos será en sus instalaciones.
- Las cantidades a solicitar debe ser en las presentaciones equivalentes de Lipesa.
- Los productos son despachados con su respectivo certificado de calidad.

Esperamos que el contenido de este documento satisfaga sus necesidades, no duden en contactarse ante cualquier duda o inquietud.

8TA DE VERIFICACIÓN	MARCAR CON (X)	
	CUMPLE	NO CUMPLE
Nombre del cliente	X	
Fecha de la Propuesta	X	
Diagrama de flujo (si aplica)		X
Caracterización de los equipos del proceso		X
Caracterización de variables físico-químicas		X
Evaluación de laboratorio (si aplica)		X
Evaluación en planta (si aplica)		X
Producto y dosis sugerida	X	
Servicio técnico y equipos ofertados		X
Precios de producto	X	
Sitio de entrega	X	
Días crédito	X	
Vigencia de la propuesta	X	
Firma Digital	<i>[Handwritten Signature]</i>	

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
 Tel: 8786600 Fax 8786600 EXT 119 Celular: 321343 7525
 E-mail: PorrasL@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
 Nit: 830035263-2



IQ Lizeth Porras Remolina
Rep. Técnico Comercial-Distrito Centro LIPESA
Carretera Central Tunja - Frente a Bavaria
Tel 8786600 Ext 119 - 321 343 75 25
www.lipesa.com - PorrasL@lipesa.com
Usuario Skype: porrasl3

c.c. Ing. Orlando Cucunuba – Gerente Distrito Centro

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax 8786600 EXT 119 Celular: 321343 7525
E-mail: PorrasL@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
Nit 830035263-2

Lista de Precios - Helbert

Descripción	Referencia	Díámetro	Precio Unid.
Chorro unido plástico clase b	HAFB011	1/2	38,512
	HAFB012	1/2	54,884
	HAFB013	1/2	59,740
Chorro unido metálico clase b	HAFB014	1/2	71,224
	HAFB019	3/4	115,534
	HAFB025	1	186,992
	HAFB038	1 1/2	455,764
Valvulas de bola monorrotal	HASAD12	1/2	12,180
	HASAD19	3/4	16,184
	HASAD25	1	18,908
	HASAD32	1 1/4	33,752
	HASAD38	1 1/2	38,192
	HASAD50	2	54,520
	HASAD75	2 1/2	117,856
Valvula de manorrotal con una universal rosca npt	HASB012	1/2	12,528
	HASB019	3/4	16,588
	HASB025	1	19,720
	HASB032	1 1/4	35,148
	HASB038	1 1/2	37,488
	HASB050	2	56,608
Valvulas de bola radial	HASCD12	1/2	15,196
	HASCD19	3/4	17,408
	HASCD25	1	21,924
	HASCD32	1 1/4	27,724
	HASCD38	1 1/2	42,804
	HASCD50	2	58,232
Valvula de bola con dos universales rosca npt	HASDD12	1/2	16,996
	HASDD19	3/4	19,588
	HASDD25	1	25,912
	HASDD32	1 1/4	29,812
	HASDD38	1 1/2	43,416
	HASDD50	2	61,712
Union universal en PVC lisa (para soldar)	HASF012	1/2	2,328
	HASF019	3/4	4,756
	HASF025	1	5,220
	HASF032	1 1/4	10,092
	HASF038	1 1/2	14,384
	HASF050	2	20,184
Valvula chequeo flyball en PVC rosca npt	HASN212	1/2	27,956
	HASN219	3/4	32,488
	HASN225	1	38,076
	HASN232	1 1/4	45,156
	HASN238	1 1/2	58,928
	HASN250	2	80,708
Valvula de glo 3 vias extremos universales lisa	HASO075	3	226,116
	HASO100	4	280,792
	HASO150	6	365,284
Valvula mariposa tipo wafer	HASQ000	8	520,828
	HASQ038	1 1/2	140,472
	HASQ063	2 1/2	194,888

Descripción	Referencia	Díámetro	Precio Unid.
Uniones tipo tuerca	HADT001	1	28,812
	HADT002	1 1/4	31,784
	HADT003	1 1/2	41,760
	HADT004	2	48,704
Uniones tipo flanco	HADT005	2 1/2	73,544
	HADT006	3	91,524
	HADT007	4	115,304
	HADT008	5	182,832
	HADT009	6	250,564
	HADT010	10	457,288
Valvulas de compuerta vstagio fija	HAMT005	2	306,240
	HAMT006	2 1/2	358,484
	HAMT007	3	426,300
	HAMT008	4	588,444
	HAMT009	6	1,090,516
	HAMT010	8	1,555,508
	HAMT011	10	3,498,372
Valvulas de compuerta vstagio excéntrico	HAMT020	2	306,892
	HAMT021	2 1/2	358,812
	HAMT022	3	467,264
	HAMT023	4	618,512
	HAMT024	6	1,106,264
	HAMT025	8	1,862,436
Valvula mariposa con disco en acero inoxidable	NAMU050	2	66,832
	NAMU063	2 1/2	81,548
	NAMU075	3	94,888
	NAMU100	4	142,448
	NAMU150	6	241,596
	NAMU200	8	376,884
	NAMU250	10	647,676
	NAMU300	12	953,172
	NAMU309	18	1,508,000
Valvula mariposa con disco en acero inoxidable con actuador tipo volante	NAMU303	3	231,420
	NAMU304	4	278,588
	NAMU305	6	376,188
	NAMU306	8	517,840
	NAMU307	10	781,788
	NAMU308	12	1,112,872
Filtro tipo "Y" en hierro	HAMT040	2	186,740
	HAMT041	2 1/2	196,156
	HAMT042	3	272,832
	HAMT043	4	379,088
	HAMT044	6	736,252
	HAMT045	8	1,280,888
	HAMT046	10	2,217,872
Uniones de expansion antitartrataricas "barrachas"	HADT020	1 1/2	68,716
	HADT021	2	75,516
	HADT022	2 1/2	127,484
	HADT023	3	132,240
	HADT024	4	168,140
	HADT025	6	289,680
Valvula de glo consetilla plastica tipo tuya	HAVP018	3/4	32,712
	HAVP025	1	38,904
	HAVP032	1 1/4	61,588
	HAVP038	1 1/2	75,052
	HAVP050	2	128,188
	HAVP063	2 1/2	180,828
Valvula de glo antigolpe de ariete conseta de bronce	HVPS05	3	328,916
	HVPS08	4	657,824
	HVPS10	6	1,036,716

Documento 01/10 remplaza Enero 01/10 - Incluye Ene 18 y Pagina 1 de 1



PRINCIPAL SOTA (SOTA): Sotop. Medellín Km. 3.0, Páramo Guadalupe, Bogotá 3 - PBX/Fax (5) 871-8100
BOGOTÁ HORAS - BOGOTÁ TITUL - CALI - CRIS - GUITARA - HOTO - VILLAPARRAL

WWW.COVAL.COM

SERVICIOALCLIENTE@COVAL.COM

Lista de Precios - Helbert

Descripción	Referencia	Díámetro	Precio Unid.
Valvulas de pie conestilla metálica - tipo harem	HAYM019	1/4	35,148
	HAYM025	1	42,688
	HAYM032	1 1/4	85,888
	HAYM038	1 1/2	80,388
	HAYM050	2	137,328
Valvulas de pie bronce integral	HCVR025	1	52,388
	HCVR032	1 1/4	75,988
	HCVR038	1 1/2	97,888
Valvula de pie hierro	HDFP075	3	173,384
	HDFP100	4	249,980
	HDFP150	6	706,876
Valvula de pie hierro fundido	HEDG075	3	354,284
	HEDG100	4	712,124
	HEDG150	6	1,171,764
Valvula de pie aluminio	HCVR075	3	329,892
	HCVR100	4	565,036
	HCVR150	6	1,315,984
	HCVR200	8	1,771,088
	HCVR250	10	2,647,888
	HCVR300	12	4,275,188
Valvula de pie acero	HDAV250	10	4,446,184
	HDAV300	12	4,728,740
	HDAV350	14	8,628,572
	HDAV400	16	12,528,404
Cheque hidro	HPVC012	1/2	30,844
	HPVC019	3/4	38,184
	HPVC025	1	60,284
	HPVC032	1 1/4	101,038
	HPVC038	1 1/2	136,884
	HPVC050	2	199,172
	HPVC063	2 1/2	265,756
	HPVC075	3	480,588
	HPVC100	4	823,892
Cheque hidro teflon	HGVCD12	1/2	32,944
	HGVCD19	3/4	42,224
	HGVCD25	1	66,352
	HGVCD32	1 1/4	111,128
	HGVCD38	1 1/2	156,152
	HGVCD50	2	229,056
	HGVCD63	2 1/2	303,340
HGVCD75	3	549,724	
HGVCD100	4	940,528	
Cheque para bombas para profundo	HPVP075	5	507,888
	HPVP100	8	660,892
	HPVP150	10	1,879,432
Cheque cámara - cámara	HPVCS08	1 1/2	150,136
	HPVCS90	2	194,184
	HPVCS63	2 1/2	275,888
	HPVCS75	3	425,962
	HPVCS90	4	570,472
Cheque cámara - redica	HPVCS08	1 1/2	152,076
	HPVCS90	2	196,188
	HPVCS63	2 1/2	278,864
	HPVCS75	3	404,724
	HPVCS90	4	521,868
Cheque cortina sello metálica	HCCD12	1/2	36,548
	HCCD19	3/4	56,176
	HCCD25	1	72,036
	HCCD32	1 1/4	123,408
	HCCD38	1 1/2	158,036
	HCCD50	2	218,196
	HCCD63	2 1/2	439,484
	HCCD75	3	660,328
HCCD100	4	1,275,112	
Cheque de bola	HCB038	1 1/2	241,384
	HCB050	2	280,728
	HCB063	2 1/2	395,568
	HCB075	3	650,788
	HCB100	4	1,136,568

Descripción	Referencia	Díámetro	Precio Unid.
Cheque globo	HHTC006	1/4	38,576
	HHTC009	3/8	38,976
	HHTC012	1/2	44,312
	HHTC019	3/4	55,448
	HHTC025	1	64,972
	HHTC032	1 1/4	185,484
Registro globo	HHTC038	1 1/2	243,136
	HHTC050	2	349,672
	HHRD006	1/4	60,088
	HHRD009	3/8	60,088
	HHRD012	1/2	68,672
	HHRD019	3/4	82,128
Registro de aguja	HHRD025	1	136,880
	HHRD032	1 1/4	264,616
	HHRD038	1 1/2	319,232
	HHRD050	2	467,044
	HHS006	1/4	81,248
	HHS012	1/2	84,148
Cheque cortina hierro	HICH006	3	720,708
	HICH009	4	1,051,888
	HICH019	6	1,666,572
Cheque anti-gel de acite hierro ductil - acite 816	HICD075	3	721,636
	HICD090	4	1,131,696
	HICD099	6	1,839,644
	HICD099	8	3,289,528
Cheque bola hierro ductil	HICD099	10	4,384,880
	HICD100	4	1,032,400
	HICD150	6	1,853,116
Fistadera liviana (SOLA)	HCF1200	8	3,053,700
	HCF100	4	1,032,400
Fistadera completa con varilla y bola plastica	HCF150	6	1,853,116
	HCF1200	8	3,053,700
Fistadera completa con varilla y bola plastica	HCF012	1/2	18,240
	HCF019	3/4	17,284
Fistadera de acero inoxidable	HCF012	1/2	21,680
	HCF019	3/4	21,680
Fistadera completa con varilla y bola en acero inoxidable	HCF012	1/2	49,764
	HCF012	3/4	50,808
	HCS0012	1/2	188,732
Accesorios bolas de plastico	HCS0019	3/4	304,848
	HCS0025	1	321,204
	HCS0038	1 1/2	683,240
Bolas de cobre	HCS0012	1/2	311,056
	HCS0019	3/4	447,180
	HCS0025	1	472,352
Varillas laton	HCS0038	1 1/2	1,087,432
	HLPF150	1/2 - 3/4	1,972
	HLPF188	1 1/2 - 2	4,408
Fistadera control piloto	HLCF112	1/2 - 3/4	26,340
	HLCF150	1 - 2	44,312
	HLCF230	3	180,776
Bolas de cobre	HLCG152	Guía de cobre	75,052
	HMLP276	1/2 - 3/4	4,176
	HMLP338	1	6,560
Fistadera completa con varilla y bola en acero inoxidable	HMLP658	1 1/2	10,672
	HMLP708	2	13,496
	HMLP508	3	16,240
Fistadera completa con varilla y bola en acero inoxidable	HMP2075	3	2,131,268
	HMP100	4	2,553,624
	HMP150	6	4,222,284
Fistadera hlx pasada sola	HNV0012	1/2 x 3/4	280,604
	HNV0019	3/4 x 3/4	294,292
	HNV0025	1 x 1	387,672
	HNV0038	1 1/2 x 1 1/2	632,316
Fistadera hlx pasada sola	HNV0050	2 x 2	887,632
	HSP0012	1/2	25,984
	HSP0019	3/4	26,236
	HSP0025	1	65,772
	HSP0038	1 1/2	154,744
HSP0050	2	181,076	
HSP0075	3	623,616	

Revisión: 01/10 reemplazo Enero 02/10 - Incluye Dva 18 9
Página 2 de 2

PRINCIPAL CDTA (CISE-) : Grupos Metalúrgica S. R. L. Parque Casablaque, Edificio 3 - RDC/Par. (2) 870-8100
BOCCA MONTE - BOCCA TRINIA - CALI - CHIA - CORTAHO - JORDA - YLLAVICHENCO

WWW.COVAL.COM.CO

INFO@COVAL.COM.CO



Lista de Precios - Helbert

Descripción	Referencia	Díámetro	Precio Unid.
Filtro en Y bronce	HOFW005	1/4	34,910
	HOFW009	3/8	34,910
	HOFW012	1/2	37,932
	HOFW019	3/4	52,484
	HOFW025	1	90,133
	HOFW038	1 1/2	149,178
	HOFW050	2	231,472
	HOFW063	2 1/2	378,748
Flotadora hb completa (bola plástica)	HFRF012	1/2	32,112
	HFRF019	3/4	35,180
	HFRF025	1	77,140
	HFRF038	1 1/2	160,124
	HFRF050	2	188,940
Flotadora hb completa (bola cobre)	HCVF012	1/2	58,508
	HCVF019	3/4	62,756
	HCVF025	1	117,644
	HCVF038	1 1/2	209,728
	HCVF050	2	238,844
Válvula de pie en latón de doble guía, sello de caucho. Rosca npt 100psi	HVPF019	3/4	22,968
	HVPF025	1	27,482
	HVPF032	1 1/4	40,820
	HVPF038	1 1/2	58,232
	HVPF050	2	77,488
Cheque cortina en latón, resorte acero inoxidable, sello nylon. Rosca npt 100psi	HVVC012	1/2	14,152
	HVVC019	3/4	19,488
	HVVC025	1	26,132
	HVVC032	1 1/4	38,424
	HVVC038	1 1/2	52,884
Cheque cortina en latón, con sello de caucho. Rosca npt. 100psi	HVCC012	1/2	18,588
	HVCC019	3/4	24,708
	HVCC025	1	35,264
	HVCC032	1 1/4	48,952
	HVCC038	1 1/2	71,458
Tee 5 vías	HVVT012	1	18,588

Revisión 01/10 reemplaza Anexo 02/10 - Incluye Dos 18 3
Página 3 de 3

PRINCIPAL CONT. (COM.) | Sotop. Medellín Co. S.S. Parque Casadajuno, Estrada 3 - PBC/Tax (2) 871-8100
BOGOTÁ NOROCCIDENTAL - BOGOTÁ SURORIENTAL - CALDAS - CAQUETA - CANTABRIGA - CECOR - VILLASBARRIO
WWW.COVAL.COM.CO INFO@COVAL.COM.CO



COTIZACION DE MERCANCIA

DOCUMENTO NO VALIDO PARA ENTREGA DE MERCANCIA

ALMACEN: CEDRITOS BOGOTA DIRECCION: AVENIDA CARRERA 9 CON CALLE 152 ESQUINA TELEFONO: 018000127373

NUMERO: 11-72150 CIUDAD: BOGOTA FECHA: 03/06/2016

CLIENTE: MARGARITA FORIGUA DIRECCION CLIENTE: CRA 11 N 140 -87 APT 402 INT. 3

TELEFONO: 3124370536 FAX:

CEDULA/NIT: 1020764983 E-MAIL: margaritaforiguamedina@yahoo.com

ASESOR: WILLIAM RENE TRIANA CONTACTO: PATIQO

OBSERVACIONES:

PRODUCTOS DE LA COTIZACION

Código	Producto	Precio	Cant	Precio Total	Dto Total	Total Neto
4737	ADAPTADOR HEMBRA 1/2 PRESION PAVCO	300	3	900	0	900
4606	ADAPTADOR MACHO 1/2 PRESION PAVCO	300	3	900	0	900
4755	CODO 90 x 1 PRESION PAVCO	800	4	3.200	0	3.200
4730	CODO 90 x 1/2 PRESION PAVCO	300	3	900	0	900
40899	GEOTEXTIL NT 2000 1 x 3 5m Ancho PAVCO	15.900	10	159.000	0	159.000
295412	SIKAFILL POWER 15 BLANCO 20kg -5gl	282.900	1	282.900	0	282.900
4729	TEE 1 PRESION PAVCO	1.400	2	2.800	0	2.800
65876	TUBO 1/2x3m PRESION 9-500 Psi PAVCO	8.800	3	26.400	0	26.400
65879	TUBO 1x3m PRESION 21-200 Psi PAVCO	14.900	4	59.600	0	59.600
4734	UNION 1/2 PRESION PAVCO	300	2	600	0	600
4752	UNION UNIVERSAL 1 PRESION PAVCO	7.700	2	15.400	0	15.400
4750	UNION UNIVERSAL 1/2 PRESION PAVCO	2.900	2	5.800	0	5.800
37069	VALVULA BOLA 1 x 175Psi HELBERT	39.000	3	117.000	0	117.000
49484	VALVULA CORTINA 1/2 x 200Psi R-White HELBERT	39.900	1	39.900	0	39.900

Subtotal Productos 43 715.300 0 715.300

SERVICIO DE TRANSPORTE

Código	Producto	Precio	Cant	Precio Total	Dto Total	Total Neto
18378	TARIFA TRANSPORTE ZONA 2	32.700	1	32.700	0	32.700

Subtotal Transportes 1 32.700 0 32.700

TOTALES DE LA COTIZACION

Subtotal	44	748.000	0	748.000
Rte Fuente				0
Rte ICA				0
TOTAL				748.000

Detalle de IVA incluido en la Cotización

Descripción	Base IVA	Valor IVA
IVA 16%	616.638	98.662

Detalle de Rte Fuente incluido en la Cotización

No existe detalle de Rte Fuente

**El precio de este producto podrá estar sujeto a una promoción y por ende, NO podemos congelar su valor y garantizar su disponibilidad. Para conocer mayor información acerca de la vigencia de la promoción y unidades disponibles ubique los canales de atención al cliente (ver parte inferior).
En el momento del pago, se actualizarán los precios con base en los descuentos vigentes y el medio de pago utilizado. Las promociones no son acumulables con otras promociones.

