

PROPUESTA DE AHORRO Y MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN PINTURAS
BLER COLOMBIA S.A.

MARÍA CAMILA CASTRO MURCIA
MARÍA ALEJANDRA HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
BOGOTÁ D.C.
2016

PROPUESTA DE AHORRO Y MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN PINTURAS
BLER COLOMBIA S.A.

MARÍA CAMILA CASTRO MURCIA
MARÍA ALEJANDRA HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

Proyecto integral de grado para obtener el título de
INGENIERA QUÍMICA

Asesor
Diana Patricia Rey
Ingeniera Química

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
BOGOTÁ D.C.
2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectoría Académica y de Posgrados

Ing. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Química

Ing. LEONARDO de JESÚS HERRERA GUITIERREZ

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 a los autores.

A Dios, a mi abuelita Ceci (QEPD),
por hacer de mí su nieta consentida,
darme tanto amor y llenar mi vida de alegría.
a mi mamá y a mis hermanos
por quererme y apoyarme
en los buenos y malos momentos.

María Camila Castro Murcia.

A Dios, a mis padres y a mi hermano
por su ejemplo, guía y apoyo incondicional.

María Alejandra Hernández Martínez.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios porque sin su amor y voluntad esta etapa de nuestra vida no hubiera culminado con éxito, además le agradecemos por acompañarnos en este proceso, llenarnos de fortaleza, guiar nuestro caminar con su sabiduría y permitirnos construir amistad con personas maravillosas con las cuales compartimos momentos magníficos en el transcurso de nuestra carrera, nos apoyamos mutuamente y crecimos intelectual y personalmente.

A la universidad por brindarnos las herramientas esenciales en nuestra educación incluyendo a todos los profesores que nos transmitieron su conocimiento y permitieron nuestro crecimiento como profesionales.

A la ingeniera Diana Rey por su asesoría en este proyecto que permitió la realización satisfactoria del mismo. Al ingeniero Orlando Cucunubá que fue la luz en los momentos críticos de este proyecto.

De igual manera le agradecemos a PINTURAS BLER COLOMBIA S.A especialmente al gerente general William Ruiz Olarte y a la ingeniera Darly Miranda Barbosa por abrirnos las puertas de la empresa, darnos la oportunidad de aportar nuestros conocimientos y al mismo tiempo contribuir en nuestra formación profesional.

A la coordinadora HSEQ de la empresa por su participación activa y constante atención en la evolución del proyecto y un enorme agradecimiento al señor Onofre por su colaboración continua y comprometida en el desarrollo del proyecto.

Agradezco también a mi mamá María Gladys Murcia Sandoval por haberme proporcionado su apoyo tanto económico como espiritual, por confiar en mis capacidades y motivarme en los momentos difíciles de mi carrera. A mis hermanos por compartir mi felicidad y brindarme su buen ánimo. A mi tía Dulce a la cual considero como una madre por su gran ejemplo de vida y a mi tío Guillermo que ha sido un padre para mí por sus enseñanzas. A mis demás tíos por sus oraciones y palabras de aliento. Y por último pero no menos importante a mi compañera y amiga María Alejandra Hernández que con su paciencia, inteligencia, esfuerzo y dedicación me acompañó en la realización de este proyecto.

María Camila Castro Murcia.

Agradezco a mis padres Flavio Hernández Villareal y Conchita Martínez Solarte por su amor y apoyo incondicional, sus enseñanzas, sus consejos en todos los aspectos, por ser esos ángeles enviados por Dios para guiarme y darme el mejor ejemplo a seguir. A mi amiga María Camila Castro por ser una persona excepcional, por su alto grado de responsabilidad y constancia en el desarrollo de este proyecto.

María Alejandra Hernández Martínez.

CONTENIDO.

	pág
INTRODUCCION	23
OBJETIVOS	24
1. MARCO DE REFERENCIA	25
1.1 MARCO TEORICO	25
1.1.1 Generalidades del recurso hídrico	25
1.1.2 Disponibilidad del agua	25
1.1.3 Tipos de aguas	25
1.1.4 Características del agua	26
1.1.5 Plantas de tratamiento de agua	28
1.1.6 Uso eficiente del recurso hídrico	34
1.2 MARCO LEGAL	37
1.2.1 NTC-ISO 5667- 1	37
1.2.2 NTC-ISO 5667-3	37
1.2.3 Ley 09 1979	37
1.2.4 RAS 2000	37
1.2.5 Acuerdo 043 de 2006 de la CAR	37
1.2.6 Resolución 2115 de 2007	37
1.2.7 Decreto 1594 de 1984	37
1.2.8 Resolución 2086	37
2. DIAGNÓSTICO	38
2.1 GENERALIDADES	38
2.2 ADMINISTRACIÓN.	38
2.3 PROCESO PRODUCTIVO	39
2.3.1 Vinilos	39
2.3.2 Actividades de limpieza	40
2.4 Proceso de las plantas de tratamiento	40
2.4.1 Planta de tratamiento de aguas residuales industriales	40
2.4.2 Planta de tratamiento aguas lluvias	42
2.4.3 Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas	44
2.4.4 Mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas	46
2.5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	46
2.5.1 Aguas industriales	47
2.5.2 Aguas lluvias	47
2.5.3 Aguas domésticas	48
2.6 BALANCE DEL RECURSO HÍDRICO	49
2.7 FUGAS	50
2.8 ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO	50

3. ESTANDARIZACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO	52
3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	52
3.1.1 Test de jarras	52
3.1.2 Curva de demanda de cloro	59
3.1.3 Escala a nivel industrial	62
3.1.4 Mantenimientos	64
3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	64
3.2.1 Mantenimientos	66
3.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.	66
3.4 RESULTADOS FINALES CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	69
3.5 ANÁLISIS ESTANDARIZACIÓN	69
4. SISTEMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA	72
4.1 PRÁCTICAS DE INGENIERÍA	72
4.1.1 Reducción de pérdidas	72
4.1.2 Reducción del uso del agua en general	73
4.1.3 Reutilización del agua	73
4.2 PRÁCTICAS DE CONDUCTA	78
4.3 CAPACITACIONES A LOS EMPLEADOS	78
4.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA	79
5 EVALUACIÓN DE COSTOS	80
6 CONCLUSIONES	90
7 RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFIA.	92
ANEXOS	101

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Etapas de la curva de demanda de cloro	33
Figura 2. Beneficios del PUEAA.	36
Figura 3. Proceso productivo de vinilos	39
Figura 4. Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales	41
Figura 5. Plano de la planta de tratamiento de aguas lluvias	43
Figura 6. Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas	46
Figura 7. Medidor general	50
Figura 8. Ensayos del sulfato de aluminio a diferentes concentraciones.	56
Figura 9. Ensayos del policloruro de aluminio a diferentes concentraciones	57
Figura 10. Ensayos del policloruro de aluminio con diferentes agentes floculantes	58
Figura 11. Dosis óptima de floculante	59
Figura 12. Muestras con cloro añadido entre 10 y 60 ppm	60
Figura 13. Muestras con cloro añadido entre 70 y 120 ppm	60
Figura 14. Antes y después del proceso de clarificación	62
Figura 15. Muestras de cloro añadido para la curva de demanda de cloro de la PTALL.	65
Figura 16. Sistema de reutilización de agua	74
Figura 17. Sistema electro neumático*	75
Figura 18. Red independiente de tuberías	76

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Accesorios de los baños	39
Tabla 2. Comparación de resultados de las aguas industriales con las especificaciones de la empresa basadas en la Resolución 2115 del 2007.	47
Tabla 3. Comparación de resultados de las aguas lluvias con las especificaciones de la empresa basadas en la Resolución 2115 del 2007	48
Tabla 4. Comparación de resultados de las aguas residuales domésticas con la norma 1594 de 1984.	48
Tabla 5. Corrientes de agua en Pinturas Bler Colombia S.A.	49
Tabla 6. Dosis óptima de coagulante	53
Tabla 7. pH óptimo	53
Tabla 8. Resultados de la pre-experimentación.	53
Tabla 9. Resultados del sulfato de aluminio a diferentes pH.	54
Tabla 10. Resultados del policloruro de aluminio a diferentes pH.	54
Tabla 11. Resultados del sulfato de aluminio con agentes floculantes.	55
Tabla 12. Resultados del policloruro de aluminio con agentes floculantes.	56
Tabla 13. Resultados del sulfato de aluminio a diferentes concentraciones.	56
Tabla 16. Resultados del policloruro de aluminio a diferentes concentraciones.	57
Tabla 15. Resultados del policloruro de aluminio a 3000 ppm con diferentes agentes floculantes.	58
Tabla 16. Resultados dosis óptima de floculante.	58

Tabla 17. Resultados cloro residual para la PTARI.	61
Tabla 18. Resultados del test de jarras y la desinfección.	62
Tabla 19. Cantidades a agregar en el clarifloculador.	63
Tabla 20. Cantidades a agregar en el tanque de almacenamiento de aguas tratadas.	63
Tabla 21. Parámetros para el cálculo del tiempo de agitación.	64
Tabla 22. Resultados curva de demanda de cloro para la PTALL.	65
Tabla 23. Resultados del calculo de la relación F/M.	67
Tabla 24. Retorno y purga de lodos.	67
Tabla 25. Caracterización del agua tratada de la PTARI después de la estandarización.	69
Tabla 26. Caracterización del agua tratada de la PTALL después de la estandarización.	69
Tabla 27. Perdidas por fugas o goteos.	80
Tabla 28. Comparación de costos de consumos de agua de acueducto.	81
Tabla 29. Multa de PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. por vertimientos ilícitos.	82
Tabla 30. Costos de instalación del sistema de ahorro y manejo integral del agua.	83
Tabla 31. Costos de inversión en adquisición de equipos.	85
Tabla 32. Costos tanque reserva.	86
Tabla 33. Costos de operación de las plantas.	86
Tabla 34. Comparación de materias primas de la PTARI.	88
Tabla 35. Evaluación de costos.	88

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Características del agua	26
Cuadro 2. Ventajas y desventajas de los desinfectantes más comunes.	30
Cuadro 3. Mantenimientos de la PTARI	64
Cuadro 4. Mantenimientos de la PTALL.	66
Cuadro 5. Control al proceso.	66
Cuadro 6. Mantenimientos PTARD.	68
Cuadro 7. Comparación de accesorios de los baños.	73
Cuadro 8. Convenciones sistema electro neumático.	75

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Ciclo de la producción más limpia.	34
Diagrama 2. Diagrama de flujo del proceso actual del tratamiento de aguas residuales industriales.	41
Diagrama 3. Diagrama de flujo del proceso actual del tratamiento de aguas lluvias.	43
Diagrama 4. Diagrama de flujo del proceso actual del tratamiento de aguas residuales domésticas.	45
Diagrama 5. Balance del recurso hídrico en PINTURAS BLER COLOMBIA S.A.	49
Diagrama 6. Alternativas del uso eficiente del recurso hídrico.	72

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Porcentajes de remoción.	62
Ecuación 2. Revoluciones netas test de jarras.	63
Ecuación 3. Revoluciones netas clarifloculador.	63
Ecuación 4. Tiempo de agitación.	63
Ecuación 5. Relación F/M.	67
Ecuación 6. Calculo de multa.	81

LISTA DE REACCIONES

	pág
Reacción 1. Reacción irreversible del cloro en agua.	32
Reacción 2. Reacción reversible del cloro.	32
Reacción 3. Disociación del sulfato de aluminio en agua.	51

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A.Muestreo	102
Anexo B. Resultados laboratorio ANTEK S.A	103
Anexo C. Cálculos balance hídrico	109
Anexo D. Test de Jarras	116
Anexo E. Control al proceso	117
Anexo F. DBO y sólidos suspendidos	120
Anexo G. Soluciones DBO	123
Anexo H. Plantilla	124
Anexo I. Cálculo de valor de multa	125
Anexo J. Fichas de seguridad	127
Anexo K. Plano sistema de reutilización de agua	128
Anexo L. Plano red independiente de tuberías	129

GLOSARIO.

AGUA RESIDUAL: aguas de diferentes tipos de composición provenientes de actividades productivas y humanas.

AGUA TRATADA: agua resultante del tratamiento de depuración, que pueden o no cumplir con las normas que apliquen.

CAR: (Corporación Autónoma Regional) ente de carácter público encargado de la administración del medio ambiente y los recursos naturales renovables dentro de su jurisdicción.

COAGULACIÓN: proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al adicionar agentes químicos que neutralizan las fuerzas que las mantienen separadas incrementando la tendencia a que se aglomeren.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO): es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica

FITORREMEDIACIÓN: proceso para descontaminar el agua aprovechando la capacidad de algunas plantas de eliminar contaminantes presentes en esta por medio de la absorción y metabolización de los mismos.

FLOCULACIÓN: proceso de aglomeración de partículas coloidales para facilitar la sedimentación.

FLOCULO: conjunto de partículas pequeñas aglomeradas con mayor capacidad de sedimentación.

FUGA: salida o escape de un líquido o gas por una abertura producida accidentalmente en el recipiente que lo contiene o en el conducto por el que circula.

FUGA INVISIBLE: volumen de agua desperdiciado, causado por daño o avería en la red matriz o instalación de acueducto que no aflora en la superficie, infiltrándose en el terreno, encausándose en redes telefónicas o de alcantarillado.

FUGA VISIBLE: volumen de agua desperdiciado, causado por daño o avería en la red matriz o instalación de acueducto que aflora a la superficie.

LODOS ACTIVADOS: proceso biológico de tratamiento de aguas residuales.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos para disminuir la carga contaminante del agua.

SÓLIDOS SEDIMENTABLES: cantidad de partículas de una muestra que sedimentan por acción de la gravedad en un periodo de tiempo determinado.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS: corresponde a la cantidad de material que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua.

TEST DE JARRAS: es la técnica más usada para determinar la cantidad y concentración óptima de coagulantes y floculantes en procesos para el correcto funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas a nivel laboratorio.

TURBIEDAD: es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión o coloidales.

TRIALOMETANOS: compuestos perjudiciales para la salud y el medio ambiente producidos por la combinación de cloro y materia orgánica en la desinfección con cloro.

RESUMEN

En este proyecto se plantea una propuesta de ahorro y manejo integral del agua para PINTURAS BLER COLOMBIA S.A, con el fin de reducir los costos asociados al consumo de agua del acueducto, además se busca evitar sanciones por parte de los entes de control aprovechando el agua proveniente de las plantas de tratamiento.

Para cumplir con este objetivo se realizó un diagnostico el cual permitió identificar el buen funcionamiento de la PTARD y la presencia de microorganismos en el agua tratada de la PTALL y la PTARI, esta última también presentaba índices de turbiedad superiores a los requeridos por la empresa, al mismo tiempo se encontró la falta de atención a las fugas que se presentaban en las tuberías de retro lavado y conexiones de manguera.

Para solucionar los problemas identificados en el diagnostico se realizaron ensayos de jarras y curvas de demanda de cloro que permitieron establecer la dosis y productos adecuados de coagulantes, floculantes y cloro para su uso a nivel industrial. También se estipularon los mantenimientos para asegurar el buen funcionamiento de las tres plantas.

Para disminuir el consumo del agua por parte del acueducto y aprovechar el agua proveniente de la PTARI y PTALL se planteó el uso como agua de lavado de tanques de producción para la primera y el uso en las cisternas para la segunda, fue necesario proponer una red independiente de tuberías que evitara la posible contaminación y de esta manera cerrar el sistema de reutilización de agua.

Por último se evaluó la viabilidad del proyecto determinando los costos de inversión, operación y adquisición de equipos de la propuesta y los beneficios de la misma que incluyen el valor de la sanción en caso de un posible vertimiento. Como la sanción es tan elevada se determina que la propuesta es viable porque permite aprovechar el agua tratada y por consiguiente evitar dicha sanción.

Palabras clave: Ahorro del recurso hídrico, vertimiento, sanción, reutilización, plantas de tratamiento.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos esenciales para la salud, tanto del planeta, como de los animales que lo habitan, es fundamental en la supervivencia del ser humano ya que funciona como lubricante de procesos metabólicos, regulador de temperatura corporal, transportadora de nutrientes, eliminador de toxinas, entre otros.

Además de ser vital para la vida, el agua es fundamental en todas las actividades industriales ya que posee diferentes propiedades que la hacen excelente para amplias aplicaciones, entre las que se destacan su poder disolvente y su capacidad calorífica, por lo dicho anteriormente este recurso no renovable es utilizado en grandes cantidades lo que ocasiona efectos negativos sobre la disponibilidad del recurso hídrico debido al cambio climático y al inadecuado manejo que le da el ser humano.

PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. no está exenta del uso de este recurso ya que es una de las materias primas principales para la elaboración de sus productos (pinturas tipo vinilo), por lo cual la empresa decidió construir tres plantas de tratamiento de aguas (lluvias, residual doméstica y residual industria) que permitan reutilizar el agua tratada con el fin de disminuir el consumo del mismo. En este momento el agua tratada no cumple con las especificaciones para su posterior uso por tal motivo este proyecto busca plantear una propuesta de ahorro y manejo integral del agua que le permita a la empresa cumplir estos objetivos en la temática ambiental.

El documento consta inicialmente de un diagnóstico que permite encontrar las falencias de los procesos que manejan agua, posteriormente se estandarizan las condiciones de las plantas de tratamiento especificando dosificaciones y tiempos; luego se plantea un sistema de ahorro y manejo integral del agua y por último se hace la evaluación de los costos de la propuesta.

Para el desarrollo de lo anterior no se tendrá en cuenta la cantidad de agua empleada en las formulaciones debido a que no se puede modificar por políticas de la empresa, a la vez se trabajará con los equipos existentes por limitaciones de tiempo y dinero.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Plantear una propuesta de ahorro y manejo integral del agua en PINTURAS BLER COLOMBIA S.A.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar el diagnóstico actual del acondicionamiento de las aguas lluvias y las PTAR de PINTURAS BLER COLOMBIA S.A.
2. Estandarizar las condiciones de operación para el acondicionamiento de las aguas lluvias y las PTAR de PINTURAS BLER COLOMBIA S.A.
3. Determinar el sistema de ahorro y manejo integral del agua que más se adecue a PINTURAS BLER COLOMBIA S.A.
4. Evaluar los Costos de la propuesta de ahorro y manejo integral del agua.

1. MARCO DE REFERENCIA

En todo trabajo de investigación es necesario tener una base teórica que permita contextualizar a los lectores sobre el tema a desarrollar junto con la normatividad que rige al mismo a continuación se especifican conceptos que son necesarios para entender el desarrollo del proyecto.

1.1 MARCO TEORICO

Para el desarrollo de este proyecto es de gran importancia realizar una consulta previa sobre las generalidades, disponibilidad, tipo, características del agua con sus respectivos tratamientos y uso eficiente del mismo.

1.1.1 Generalidades del recurso hídrico. El agua es un recurso esencial para todas las formas de vida del planeta, está presente en la mayoría de actividades del ser humano y está ligado con el desarrollo económico de la sociedad, en consecuencia el recurso hídrico es utilizado en grandes cantidades. “Según las estimaciones del IDEAM la demanda total de agua en el año 2010 fue de 35.877 m³/año, correspondientes al uso del agua en los siguientes sectores: Doméstico 7.3%, Agrícola 54%, Energía 19.4%, Acuícola 7.2%, Pecuario 6.2%, Industria 4.4% y Servicios 1.5%”.¹

1.1.2 Disponibilidad del agua. La cantidad de agua dulce en el mundo es del 2,5%², la disponibilidad de agua dulce en el planeta es 50% menor en comparación al siglo pasado debido al crecimiento excesivo de la población, la contaminación y el indebido uso que se le da a este preciado recurso, lo que afecta directamente la calidad de vida de la población por tal motivo es de gran importancia utilizar herramientas que garanticen la sostenibilidad del recurso hídrico.

1.1.3 Tipos de aguas³. El agua de acuerdo a su procedencia se clasifican en:

- Pluviales: Proceden de la atmosfera en forma de precipitaciones.

¹ MINISTERIO DE AMBIENTE. Uso eficiente y ahorro del agua Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1935-uso-eficiente-y-ahorro-del-agua>.

² PULGARIN G, Natalia. Desarrollo de un modelo de gestión sostenible del agua: microcuenca la bermejala MEDELLIN, COLOMBIA. Barcelona, 2011, 80. Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en: upcommons.upc.edu/.../Pulgarin-%20Natalia%20-%20desarrollo%20de%20un%20m.

³ESPIGARES G, Mario. PEREZ L, Juan. Aguas residuales composición. Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf.

- Residuales Domesticas: Proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza de infraestructura. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, y grasas.
- Residuales industriales: Proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

1.1.4 Características del agua⁴.

Cuadro 1. Características del agua

Características	Descripción
Color	El color del agua se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, sustancias inorgánicas disueltas y presencia de cuerpos vivos.
Olor y sabor	No existen instrumentos para la medición de esta característica por lo tanto es subjetiva y se le atribuye a la presencia de fenoles, hidrocarburos, metales, materia orgánica, entre otros.
Turbidez	Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión o coloidales. Esta característica indica deterioro del cuerpo de agua e interfiere en la desinfección.
Conductividad	Es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad y es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes.

⁴RIGOLA L, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales [en línea]. Marcombo S.A. España. Disponible en: https://books.google.es/books?id=fQcXUq9WFC8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

Cuadro 2. Continuación.

Características	Descripción
Sólidos (Totales, suspendidos, volátiles, disueltos y sedimentables)	Indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión ya sean orgánicas e inorgánicas.
Temperatura	La temperatura es una de las características más importantes porque de ella depende la solubilidad del oxígeno en el agua, la actividad bacteriana y velocidad de sedimentación.
Ph	Es la medida de la acidez o alcalinidad del agua y afecta los usos específicos del agua, cuando la solución acuosa tiene la concentración de iones hidronio alterado se puede tener dificultades para realizar procesos biológicos.
Dureza	Se debe a la presencia de sales de calcio y de magnesio, mide la capacidad del agua para crear incrustaciones (Corrosión).
Acidez	Está causada por la presencia de CO ₂ o la presencia de ácidos (H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , HCL) también se presenta debido a que el CO ₂ se produce en la descomposición de la materia orgánica.
Alcalinidad	Está determinada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos y es la capacidad para neutralizar ácidos o aceptar protones.
Cloruros	Son una medida indirecta de la contaminación de origen orgánico así como también de la presencia de sales ionizables.

1.1.5 Plantas de tratamiento de agua. La implementación de plantas de tratamiento de aguas ayuda no sólo a solucionar el problema de contaminación, sino que permite aumentar la disponibilidad del recurso sin necesidad de seguir explotando las fuentes convencionales para el suministro de agua, constan de:

1.1.5.1 Tratamiento preliminar. Generalmente son procesos físicos que tienen como objetivo acondicionar el agua disminuyendo los sólidos gruesos, pesados o flotantes que causan interferencias en etapas posteriores al proceso, entre ellos se encuentran:

- Cribado: Etapa en donde se remueven sólidos de gran tamaño generalmente por medio de un tamiz metálico cubico que retiene partículas con diámetro de 5mm o menos.
- Remoción de grasas: Etapa de remoción de sustancias menos densas como grasas, aceites o jabones por medio de desnatadores o trampas de grasas siendo estas últimas las más utilizadas.
- Desarenado: Etapa que separa los sólidos que hay en el agua aprovechando la diferencia de densidades entre el líquido y las partículas suspendidas.
- Homogeneización: Etapa donde se almacena agua en un tanque para disminuir o regular los efectos de la variación de flujo o de las características del agua residual.

1.1.5.2 Tratamiento primario. Procesos físicos o químicos que tienen como objetivo la remoción de sólidos suspendidos y la disminución de la carga orgánica en las aguas residuales mediante:

- Neutralización: Es un proceso de adición de un ácido (ácido clorhídrico o sulfúrico) o una base (Hidróxido de sodio) con el propósito de ajustar el pH del agua residual neutralizando las corrientes alcalinas o acidas.
- Coagulación: Es el proceso en el que se desestabilizan los coloides por rompimiento de fuerzas entre ellos formando partículas de gran tamaño para ser sedimentadas. En este proceso se utilizan coagulantes para la remoción de materia orgánica e inorgánica las cuales generan olor y turbiedad al agua respectivamente.
- Floculación: Es el proceso mediante el cual las partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación se aglomeran formando floculos con mayor volumen para aumentar la velocidad de sedimentación, en esta etapa se utilizan floculantes que pueden ser aniónicos, catiónicos o no iónicos.

1.1.5.3 Tratamiento secundario. Se reduce la carga orgánica por medio de microorganismos aerobios o anaerobios controlando variables como pH, nutrientes, sales, oxígeno disuelto y temperatura, este se realiza a través de procesos como:

- Lodos activados: el cual permite estabilizar los desechos orgánicos con un lecho de microorganismos que funcionan en condiciones aerobias, en este se utilizan tanques de poca profundidad que se airean por agitación del agua y del lodo mediante paletas o la inyección de aire comprimido; para mejorar el crecimiento microbiano se reinyecta el lodo ya depurado que contiene gran cantidad de microorganismos⁵.
- Tanques sépticos que son utilizando en zonas que no cuentan con servicio de alcantarillado; este cuenta con cuatro cámaras y funciona como un digestor convencional.
- Tanque imhoff: sistema que permite extraer los sólidos sedimentables en la parte superior y en la parte inferior cuenta con un digestor de lodos decantados.
- Lagunas anaerobias o lagunas artificiales: Reducen la elevada carga microbiológica, la temperatura y los sólidos suspendidos sedimentables del agua.

1.1.5.4 Tratamiento terciario. Son procedimientos específicos y de mayor costo que se usan para eliminar los contaminantes específicos no removidos en los procedimientos anteriores, las principales técnicas son:

- Arrastre de vapor: Proceso en el que se eliminan compuestos orgánicos volátiles (COV) como disolventes clorados (tricloroetileno, clorobenceno, dicloroetileno, etc.) o contaminantes gaseosos (amoníaco).
- Intercambio iónico: Proceso en el que se utiliza resinas de intercambio iónico (catiónicas o aniónicas) para retener sobre la superficie iones disueltos en el agua, su objetivo principal es la desmineralización y el ablandamiento del agua.
- Adsorción con carbón activado: Es el proceso en donde las moléculas de un fluido se concentran en la superficie de un sólido por fuerzas químicas o físicas. El carbón activado tiene la función de remover contaminantes orgánicos especialmente de compuestos organoclorados del agua que generan olor y sabor.

⁵ ROTGER, Rafael. Microbiología sanitaria. Madrid. Sintesis, 1997, 752.

- Osmosis inversa: Proceso en el que se separa la materia orgánica del agua por medio del paso de esta a través de una membrana con presión superior a la presión osmótica de la solución.

1.1.5.5 Desinfección. Proceso mediante el cual se eliminan organismos patógenos mediante agentes químicos que matan o inhiben el crecimiento microbiano con el objetivo primordial de impedir la propagación de enfermedades de origen hídrico reduciendo de esta manera la mortalidad por ingerir o estar en contacto con agua contaminada.

Un desinfectante eficiente además de matar los microorganismos presentes debe mantener un efecto residual de agentes activos que eviten el crecimiento de los mismos. Los factores que influyen en la desinfección son: el tipo y la concentración del desinfectante, el tiempo de contacto, la temperatura, el pH, la turbiedad, el número y la clase de microorganismos.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de los desinfectantes más comunes.

Desinfectante	Ventajas	Desventajas
Cloro	Fuerte acción microbicida	Altamente corrosivo.
	Fuerte capacidad oxidante.	
	Efecto residual duradero y de fácil medición.	
	Disponible en diferentes presentaciones (sólido, líquido y gaseoso)	
	Económico.	Reacciona con materia orgánica formando subproductos nocivos para la salud como trihalometanos.
	Remueve color y sabor.	
	Mejora la eficiencia en la coagulación y filtración.	
	Previene el crecimiento de algas.	

Cuadro 2. (Continuación)

Desinfectante	Ventajas	Desventajas
Hipoclorito	Fuertemente oxidante.	Muy inestable en forma sólida.
	Destruye colorantes.	Poco efectivo en la eliminación de biopelículas.
Dióxido de cloro	Fuertemente oxidante.	A pesar de todas las ventajas, el costo de su producción es elevado.
	Destruye virus entéricos.	
	Selectivo	
	Efectivo en pH entre 4 y 10.	
	Tiempo de contacto menor que el cloro.	
Cloruro de bromo	Más oxidante que el cloro.	Corrosivo.
	Mínimos tiempos de contacto.	Costo elevado. Olor penetrante.
Bromo	Características similares a las del cloro.	Corrosivo.
		Costo elevado.
		Genera mal olor y sabor al agua.
		Nocivo para la salud.
Yodo	Es efectivo en la eliminación de virus y patógenos.	Alto costo.
		Concentraciones altas para una desinfección eficiente.
		Corrosivo.
		Poco soluble en agua.
Peróxido de hidrogeno	Fuerte oxidante.	No es muy usado en las plantas de tratamiento de aguas porque generalmente se utiliza en la desinfección de material médico.
	Gran reactividad con materia orgánica.	
	Elimina una gama amplia de microorganismo.	
Permanganato de potasio	Fuertemente oxidante.	Ineficiente en presencia de materia orgánica.
	Remueve olor, sabor y color.	

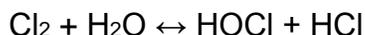
Cuadro 2. Continuación.

Desinfectante	Ventajas	Desventajas
Plata	Efectivo en la eliminación de algas y bacterias.	Su alto costo impide su uso en la desinfección de grandes volúmenes.
	Es el más efectivo en la eliminación de E-Coli.	
	No produce color, sabor ni olor al agua.	
Cobre	Utilizado en la eliminación de algas en cuerpos de aguas.	Requiere largos tiempos de contacto.
Sales de Amonio	Alta actividad desinfectante.	Es usado principalmente para controlar el crecimiento de algas en piscinas.
	Son recomendados para desinfectar aguas duras.	
Ozono	Fuertemente oxidante.	No mantiene efecto residual.
	No deja subproductos organoclorados.	
	No irrita las mucosas.	
	Remueve olores, colores y sabores.	Costoso.
	Eficiente en aguas con amoniacó y con cambios de pH.	

El desinfectante que presenta mayores ventajas y al mismo tiempo es el más utilizado es el cloro y cuando éste es añadido al agua ocurren las siguientes reacciones:

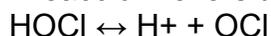
El cloro reacciona con el agua, para formar el ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl) según la reacción 1 irreversible:

Reacción 1. Reacción irreversible del cloro en agua.



El cloro como ácido hipocloroso, se disocia en iones de hidrógeno e iones de hipoclorito (OCl⁻), según la reacción 2 reversible.

Reacción 2. Reacción reversible del cloro.



Estos compuestos de cloro que existen en el agua como ácido hipocloroso (HOCl) y ion hipoclorito (OCl⁻) se les llama cloro activo libre "El ácido hipocloroso es

considerado el desinfectante más efectivo para destruir E-Coli se ha comprobado que es 80 veces más efectivo el ácido hipocloroso que el ion hipoclorito”⁶.

Para asegurar la desinfección es vital que la dosis aplicada sea la correcta y para esto es necesario realizar una curva de demanda de cloro la cual está compuesta por estas etapas:

I. Demanda inmediata de cloro: cuando las sustancias fácilmente oxidables (Fe^{++} , Mn^{++} , H_2S o materia orgánica) reaccionan con el cloro reduciéndolo a ion cloruro sin dejar cloro residual.

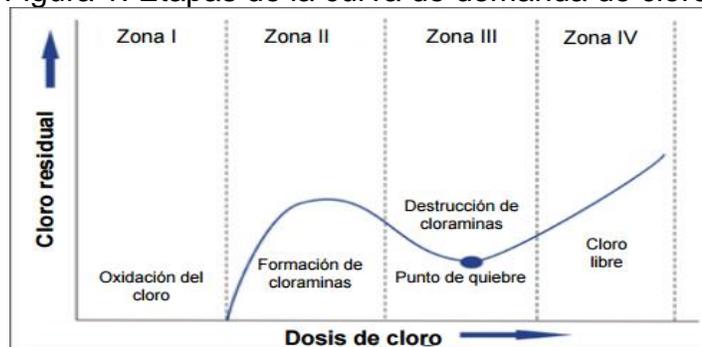
II. Formación de cloro residual combinado: El cloro continúa reaccionando con materia orgánica no oxidable fácilmente produciendo organoclorados o con amoníaco produciendo cloraminas (monocloraminas o dicloraminas).

III. Punto de quiebre: al añadir más cantidad de cloro las dicloraminas empiezan a convertirse en tricloruro de nitrógeno y las cloraminas se oxidan a óxido nitroso y nitrógeno hasta que llega un punto en donde las cloraminas se oxidan completamente y el cloro se reduce a ion cloruro, como consecuencia no hay amonio y empieza a producirse cloro residual.

IV. La adición de cloro más allá del punto de ruptura de las cloraminas da como resultado un aumento del cloro residual libre disponible asegurando la desinfección.

Las etapas anteriores se pueden observar en la figura 1:

Figura 1. Etapas de la curva de demanda de cloro.



Fuente: TRUJILLO M, Judith. Evaluación del ácido peracético, radiación ultravioleta y cloro para la desinfección de una fuente no convencional de agua. [Citado el día 3 de marzo de 2016]

Disponible en:

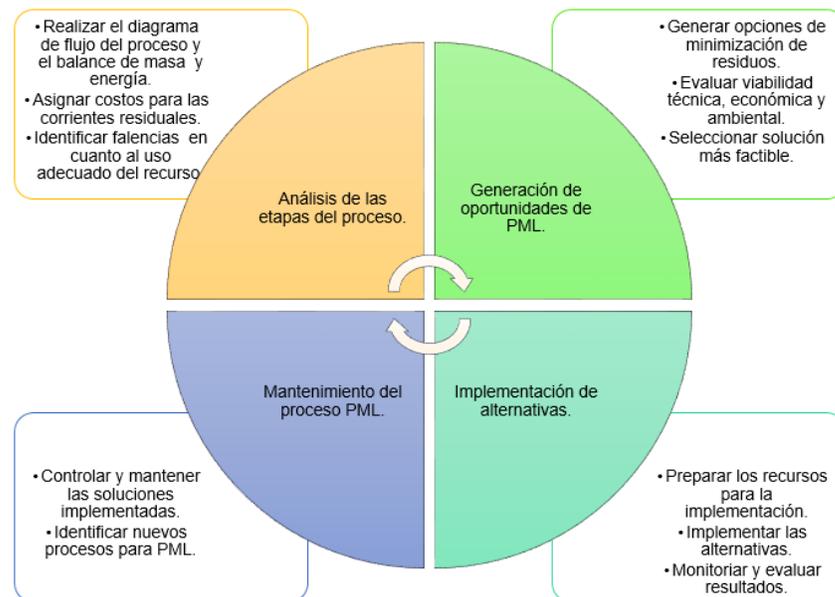
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1590/TRUJILLOMAC_HADO.pdf?sequence=1>

⁶ GONZALEZ L. Gladys. Microbiología del agua. Conceptos y aplicaciones. Bogotá, Escuela colombiana de ingeniería, 2012, 412

1.1.6 Uso eficiente del recurso hídrico. El manejo y uso adecuado del agua hace referencia a las posibles pautas que se pueden aplicar en la realización de cualquier actividad para disminuir el uso del recurso, incluyendo los procedimientos que mantienen la calidad del líquido.⁷ En Colombia por medio de la ley 373 de 1997 se fomenta en las empresas la creación de un programa de ahorro y uso eficiente del agua; este programa está basado en la producción más limpia o PML el cual se define como “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.”⁸

El componente básico de un PML es un buen diagnóstico de la situación actual de la empresa, este permite identificar las deficiencias del proceso para plantear e implementar estrategias o modificaciones viables para su posterior seguimiento y control. En la fase inicial del PML se designa un grupo de trabajo, se listan las etapas del proceso y se identifican las operaciones generadoras de residuos; las demás fases del proceso se muestran en el diagrama 1.

Diagrama 1. Ciclo de la producción más limpia.



Fuente: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía de ahorro y uso eficiente del agua. [Citado el día 13 de Noviembre de 2015]

⁷ HONDUPALMA. Uso eficiente del agua. Tegucigalpa, Comunica, 2011.

⁸ ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. ONUDI - Manual de Producción más Limpia. Disponible en: https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spainish/PR-Introduction/Toolkit.pdf.

1.1.6.1 Estrategias utilizadas para la el ahorro y manejo integral del recurso hídrico. Las medidas de ahorro y manejo integral del agua comúnmente empleadas son⁹:

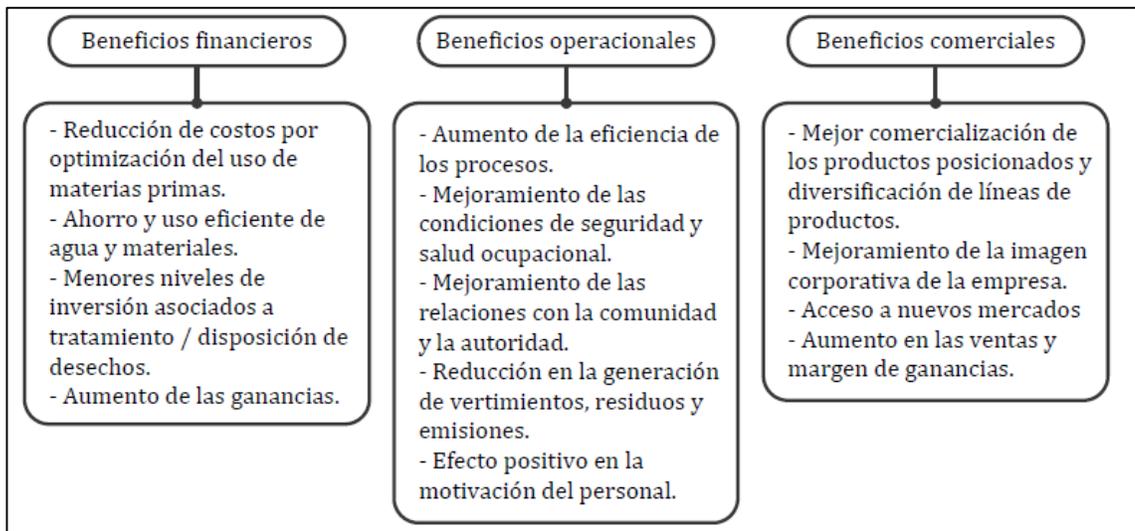
- Reciclaje del agua del proceso.
- Mantenimiento adecuado para reemplazar equipos y partes averiadas.
- Implementación de tecnologías que aumenten la eficiencia del uso del agua domestica como dispositivos ahorradores con sensores de control.
- Cambio de prácticas operacionales.
- Ajuste de los equipos como la purga de las torres de enfriamiento.
- Reducción de tiempos de riego de jardines.
- Instalación de boquillas de aspersion.
- Reemplazo de boquillas de cierre automático.
- Reducción de excesos de suciedad manualmente por medio de la limpieza en seco.
- Desactivación de equipos que no se estén utilizando.
- Manejo por separado los flujos de desechos y de aguas residuales.
- Capacitación sobre el uso adecuado del recurso hídrico.
- Reorganización de los intervalos de limpieza.
- Recolección y uso de las aguas lluvias.
- Formación de circuitos cerrados.
- Eliminación de pérdidas por medio del arreglo de fugas y disminución de evaporaciones.
- Minimización del uso de agua potable.
- Estandarización de procesos.

⁹ CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA. Ahorro y uso eficiente del agua. Disponible en: <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/catalogo/Catalogo%20ID32.pdf>.

- Optimización de procesos.
- Automatización de proceso.
- Tratamiento de aguas residuales.

1.1.6.2 Beneficios de la implementación de un programa de ahorro y uso eficiente del agua. En la figura 2 se presentan los beneficios financieros, operacionales y comerciales que adquieren las empresas y organizaciones al implementar un programa de ahorro y uso del agua (PUEAA).

Figura 2. Beneficios del PUEAA.



Fuente: CAR. Guía de planeación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA. [Citado el día 15 de noviembre de 2015]. Disponible en: https://www.car.gov.co/pueaa/cartillas_PUEAA/cartilla_sector_productivo.pdf.

1.2 MARCO LEGAL

En este numeral se muestra la normatividad que rige el proyecto.

1.2.1 NTC-ISO 5667- 1¹⁰: “Esta norma establece los principios generales que se deben aplicar en el muestreo para los propósitos de control de calidad, caracterización de la calidad y la identificación de las fuentes de contaminación del agua, incluyendo sedimentos y lodos”.

1.2.2 NTC-ISO 5667-3: Esta norma proporciona directrices para la preservación de muestras.

1.2.3 Ley 09 1979: Código Sanitario Nacional, donde se establece las normas generales, procedimientos y medidas para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.

1.2.4 RAS 2000: Este reglamento tiene por objetivo especificar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, obras y procedimientos correspondientes al saneamiento básico y agua potable.

1.2.5 Acuerdo 043 de 2006 de la CAR: Corresponde a los valores de los usos del agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, uso agrícola y uso pecuario.

1.2.6 Resolución 2115 de 2007: “Por medio de la cual se especifican características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”¹¹

1.2.7 Decreto 1594 de 1984¹²: Por el cual se especifican las características del agua para uso agrícola.

1.2.8 Resolución 2086: Por la cual se establece la metodología para la tasación de multas ambientales.

¹⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Directrices para el diseño de programas de muestreo. Bogotá: ICONTEC. (NTC.ISO 5667-1).

¹¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: Ministerio de protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007.

¹²COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594, Uso del agua y residuos líquidos, Bogotá, Ministerio de agricultura, 1984.

2. DIAGNÓSTICO

2.1 GENERALIDADES

PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. es una empresa líder en la elaboración y comercialización de pinturas, ésta se encuentra ubicada en la zona industrial de Siberia Cundinamarca, en el kilómetro 1,8 de la Autopista Medellín. La cual se caracteriza por brindar al consumidor productos de alta calidad, lo que le ha otorgado certificaciones como INCONTEC ISO 9000 y por tal razón es considerada una de las industrias más importantes de Colombia con más de 30 años de trayectoria.

Debido a que la zona donde se encuentra ubicada la planta no cuenta con alcantarillado se construyeron una planta de tratamiento de aguas lluvias y dos plantas de tratamiento de aguas residuales, una encargada de procesar el agua proveniente de la producción de vinilos y la otra encargada de procesar las aguas domésticas; esto permite cumplir las características exigidas por el decreto 1594 de 1984 para agua de riego o lograr especificaciones de la empresa para ser utilizadas como agua de lavado de tanques de producción e infraestructura.

2.2 ADMINISTRACIÓN

La zona administrativa está dividida en dos edificios; en los cuales el consumo del recurso hídrico está distribuido de la siguiente manera:

- Aseo de infraestructura: Esta actividad se realiza una vez al día en las horas de la mañana; y consiste en la limpieza de los pisos con un trapeador.
- Cocina: La empresa cuenta con dos cocinas pequeñas ubicadas en el segundo piso de cada edificio; una de las cocinas está destinada como cuarto de aseo en donde se consume el agua únicamente para el lavado de los implementos de aseo (traperos, baldes, cepillos, entre otros). La otra cocina se emplea para hacer desayunos para personas de altos rangos, tintos, aromáticas para empleados o visitantes y el lavado de loza.
- Laboratorios: En el tercer piso de las instalaciones se encuentra el laboratorio de investigación y desarrollo el cual cuenta con dos llaves para lavar el material del mismo.
- Baños: La empresa cuenta con siete baños en cada uno de sus edificios, por cada piso hay un baño para hombres y uno para mujeres a excepción del cuarto piso que dispone de un solo baño; En la tabla 1 se muestra el número de accesorios de baño por piso:

Tabla 1. Accesorios de los baños

Edificio	1			2		
Piso	Cisternas	Orinales	Lavamanos	Cisternas.	Orinales.	Lavamanos.
1	6	3	7	3	1	4
2	2	0	2	2	0	2
3	4	0	4	4	0	4
4	1	0	1	1	0	1

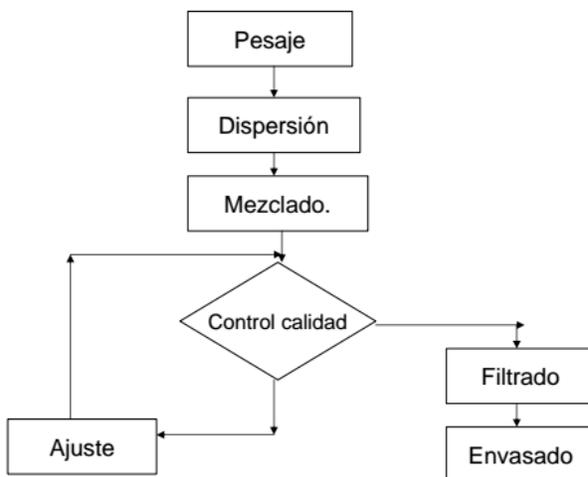
2.3 PROCESO PRODUCTIVO

En la empresa se fabrican pinturas base agua y base solvente; como el objetivo principal del proyecto es realizar una propuesta de ahorro y manejo integral del agua no se trabajará con las pinturas base solvente debido a que en todo su proceso de producción no se utiliza el recurso hídrico.

2.3.1 Vinilos. El proceso inicia con la medición de las cantidades (peso) de materia prima entre las cuales se encuentran pigmentos, agentes aglutinantes, aditivos y agua de acuerdo al producto y la demanda requerida, estos materiales son transportados hacia el tanque de mezclado donde un operario los adiciona teniendo en cuenta el orden, tiempos y velocidad de agitación establecidas en su formulación; posteriormente se verifica la calidad mediante un análisis de laboratorio para finalmente ser empacado y almacenado.

En la figura 3 se presenta el proceso general para la producción de pinturas base agua o vinilos.

Figura 3. Proceso productivo de vinilos.



Fuente: SIERRA, Mauricio Producción más limpia en el proceso de fabricación de pintura. [Citado el día 15 de noviembre de 2015] .Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com.ez.uamerica.edu.co/biblioteca/produccion-mas-limpia-en-el-proceso-de-fabricacion-de-pinturas>

2.3.2 Actividades de limpieza. Esta actividad se realiza de forma aleatoria según las órdenes de producción que a su vez dependen de la demanda en el mercado; consiste en el lavado de los tanques de producción que es necesario cuando se cambia el color del producto.

2.4 PROCESO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

2.4.1 Planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Antes de ingresar a la PTARI el operario debe depositar el agua en un tanque donde se realiza un pre tratamiento que consta de un tamiz que reduce los sólidos que contiene ésta.

Esta planta cuenta con un tanque de almacenamiento con capacidad máxima de recolección de 0,6 m³/día, en su interior tiene un sistema de aireación que homogeniza el agua sin tratamiento; también tiene una bomba de tipo sumergible y automatizada con un flotador de nivel esta permite entregar un caudal determinado (0.01 LPS) al tanque de mezcla y activar las dosificadoras.

En el tanque de mezcla (tanque cónico con volumen de 3.89m³) ocurre la precipitación química proceso por el cual se separan los sólidos en suspensión de tamaño muy pequeño (coloides, grasas y aceites emulsionados) este cuenta con un sistema de inyección de un ajustador de pH y coagulantes, actualmente se están utilizando soda caustica (2 kg en 35 kg de agua), sulfato de aluminio (9 kg en 30 kg de agua) y policloruro de aluminio (5 kg en 30 kg de agua) respectivamente; al mismo tiempo se realizan procesos de mezclado, decantación y clarificación. Este cuenta con sensores de nivel en la salida para activar la bomba final de filtración a presión.

También cuenta con un tanque pulmón el cual permite tener un tiempo de bombeo para el paso del agua por los filtros y evitar la succión en vacío de la unidad de bombeo; este tanque tiene una capacidad de 1.2m³.

Para mejorar las características del agua se utiliza un tren de filtración a presión (30-40 PSI) con dos unidades; la primera (filtro pulidor) tiene como medio filtrante grava de sílice y permite retener los sólidos más pequeños que se pudieron quedar del proceso anterior; el filtro desodorizador (segunda unidad) absorbe compuestos de dureza y mejora las características organolépticas, tiene como medio filtrante zeolita natural y carbón activado. La tasa de filtración máxima de las dos unidades es de 96.8m³/m²día.

El agua pasa por un sistema de desinfección el cual libera cloro de forma constante para desinfectar el agua por medio de una pastilla de dosificación máxima de 35 g de cloro por hora; este sistema maneja un caudal máximo de 15m³/h (2,33 ppm). Por último la planta cuenta con un tanque donde se almacena el agua para su posterior uso.

En el diagrama 2 y la figura 4 se muestra el diagrama de flujo del proceso actual y plano de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.

Diagrama 2. Diagrama de flujo del proceso actual del tratamiento de aguas residuales industriales.

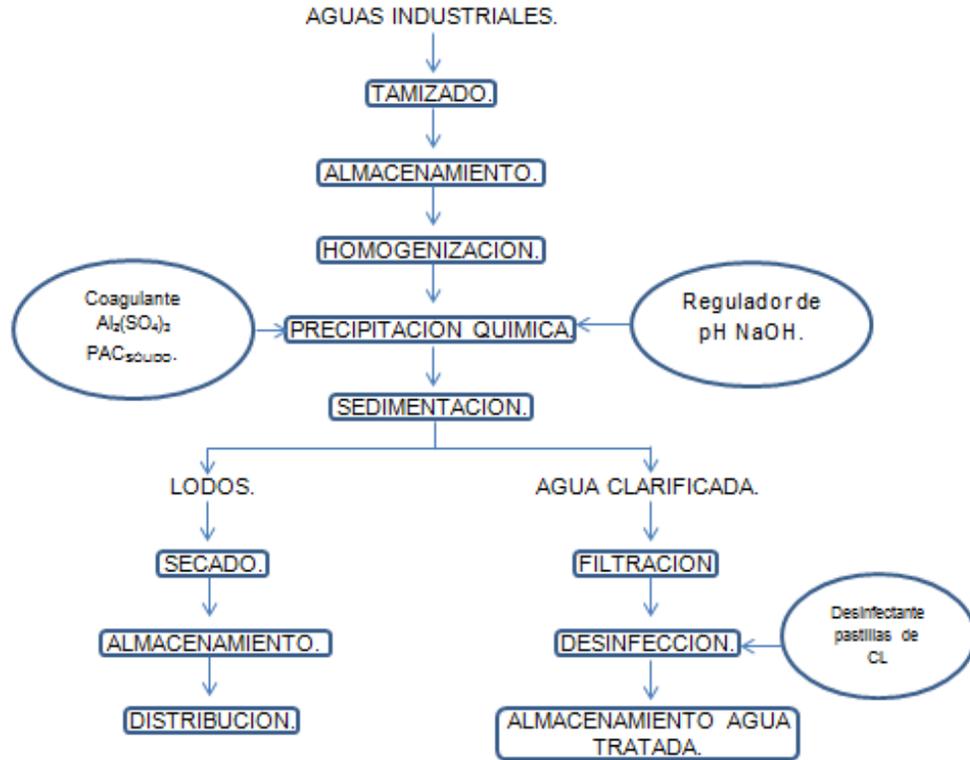
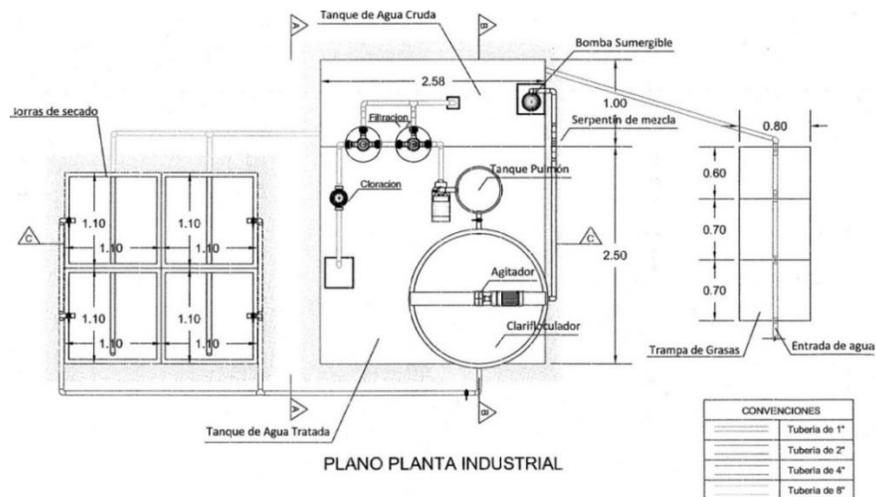


Figura 4. Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.



Fuente: Manual de operación de las plantas de tratamiento. PINTURAS BLER COLOMBIA S.A

2.4.2 Planta de tratamiento aguas lluvias. Esta planta cuenta con un tanque de almacenamiento con capacidad máxima de recolección de 12,121 m³/día, en su interior tiene una bomba de tipo sumergible y automatizada con un flotador de nivel esta permite entregar un caudal determinado (0.28 LPS) al clarifloculador y activar las dosificadoras.

En el clarifloculador (tanque cónico con volumen de 4.02 m³) ocurre la precipitación química proceso por el cual se separan los sólidos en suspensión de tamaño muy pequeño (coloides, grasas y aceites emulsionados) este cuenta con un sistema de inyección de coagulantes y estabilizadores de pH, actualmente se están utilizando sulfato de aluminio (1kg por 100 g de agua) y soda caustica (500g por 100 g de agua) respectivamente; al mismo tiempo se realizan procesos de mezcla rápida, decantación y clarificación. Este cuenta con sensores de nivel en la salida para activar la bomba final de filtración a presión.

También cuenta con un tanque pulmón el cual permite tener un tiempo de bombeo para el paso del agua por los filtros y evitar la succión en vacío de la unidad de bombeo; este tanque tiene una capacidad de 1.2m³.

Para mejorar las características del agua se utiliza un tren de filtración a presión (30-40 PSI) con dos unidades; la primera (filtro pulidor) tiene como medio filtrante grava de sílice y permite retener los sólidos más pequeños que se quedaron del proceso anterior; el filtro desodorizador (segunda unidad) absorbe compuestos de dureza y mejora las características organolépticas, tiene como medio filtrante zeolita natural y carbón activado. La tasa de filtración máxima de las dos unidades es de 96.8m³/m²día.

Para finalizar el proceso, el agua pasa por un sistema de desinfección el cual libera cloro de forma constante para desinfectar el agua por medio de una pastilla de dosificación máxima de 35 g de cloro por hora; este sistema maneja un caudal máximo de 15m³/h (2,33 ppm). Por último el agua es almacenada en un tanque para su posterior uso.

En el diagrama 3 y la figura 5 se muestra el diagrama de flujo del proceso actual y plano de la planta de tratamiento de aguas lluvias.

Diagrama 3. Diagrama de flujo del proceso actual del tratamiento de aguas lluvias.

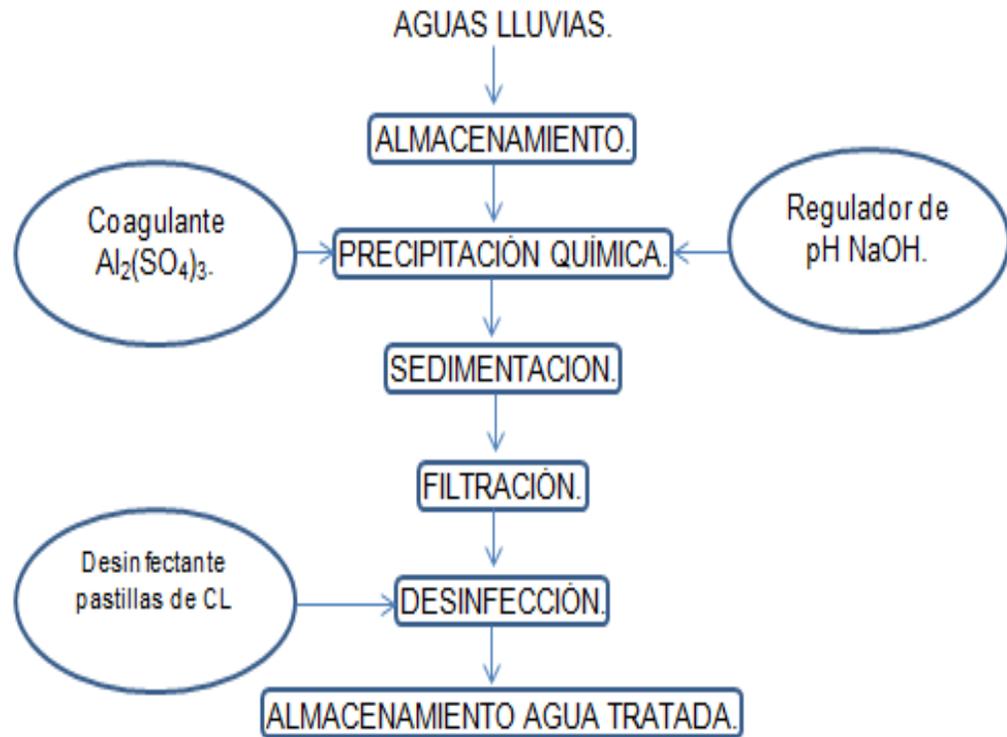
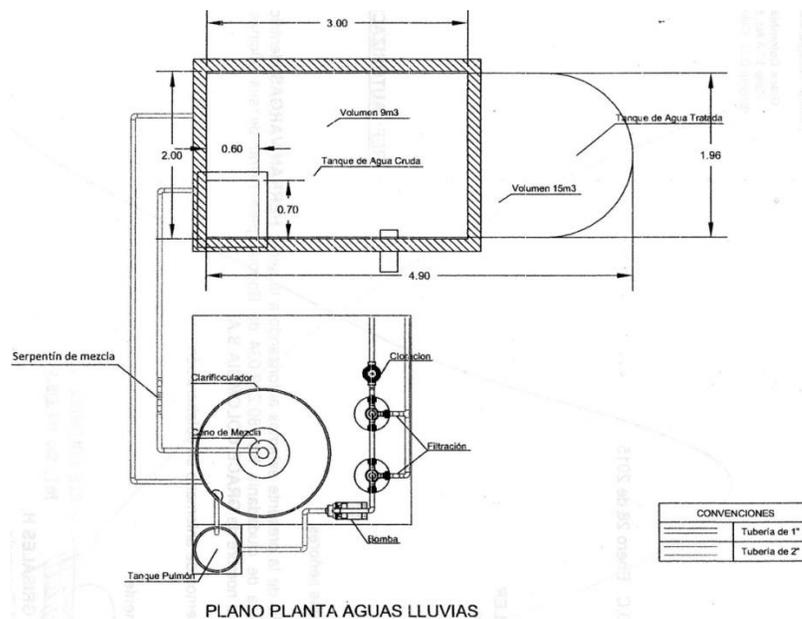


Figura 5. Plano de la planta de tratamiento de aguas lluvias.



Fuente: Manual de operación de las plantas de tratamiento. PINTURAS BLER COLOMBIA S.A

2.4.3 Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Esta planta cuenta con un tanque de almacenamiento con capacidad máxima de recolección de $12 \text{ m}^3/\text{día}$, en su interior tiene una caja de cribado con una capacidad de 0.144 m^3 que retiene partículas gruesas (mayores a 4-6 cm) y una trampa de grasas que evita el paso de sólidos de menor densidad que dañarían o retardarían el proceso depurativo; por fuera de la criba se encuentra bomba de tipo sumergible y automatizada con un flotador de nivel esta permite entregar un caudal determinado (0.22 LPS) al reactor aerobio.

A continuación el agua pasa al reactor aerobio el cual consta de dos secciones; la primera sección está dividida en dos compartimientos uno dentro del otro, el primer compartimiento consta de una tubería perforada que recibe el agua proveniente del tanque de almacenamiento y la distribuye de manera uniforme en el segundo compartimiento (lodos activados) en el cual se encuentran los microorganismos aerobios que se encargan de la oxidación de la materia orgánica en este también se encuentran equipos de temperatura y difusores de aire ($2500 \text{ ft}^3/\text{m}^3\text{día}$) que incrementan y homogenizan la transferencia de oxígeno. La segunda sección es un separador en donde se precipitan y separan los lodos y el efluente; estos lodos se recirculan al segundo compartimiento de la primera sección de manera aleatoria, el lodo generado es evacuado periódicamente y deshidratado para su disposición final y el agua obtenida de este es reincorporada al tanque de almacenamiento.

El efluente generado en el reactor pasa por fitorremediación, es decir es transportado a través de un humedal artificial (14 m^2) en donde las plantas remueven cargas de este por medio de procesos físico-químicos y bacteriológicos. También cuenta con un tanque pulmón el cual permite tener un tiempo de bombeo para el paso del agua por los filtros y evitar la succión en vacío de la unidad de bombeo; este tanque tiene una capacidad de 1.5 m^3 .

Para mejorar las características del agua se utiliza un tren de filtración a presión (30-40 PSI) con dos unidades; la primera (filtro pulidor) tiene como medio filtrante grava de sílice y permite retener los sólidos más pequeños que se pudieron quedar del proceso anterior; el filtro desodorizador (segunda unidad) absorbe compuestos de dureza y mejora las características organolépticas, tiene como medio filtrante zeolita natural y carbón activado. La tasa de filtración máxima de las dos unidades es de $96.8 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{día}$.

El agua pasa por un sistema de desinfección el cual libera cloro de forma constante para desinfectar el agua por medio de una pastilla de dosificación máxima de 35 g de cloro por hora; este sistema maneja un caudal máximo de $15 \text{ m}^3/\text{h}$ (2,33 ppm). Por último la planta cuenta con un tanque donde se almacena el agua para su posterior uso.

En el diagrama 4 y la figura 6 se muestra el diagrama de flujo del proceso actual y plano de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Diagrama 4. Diagrama de flujo del proceso actual del tratamiento de aguas residuales domésticas.

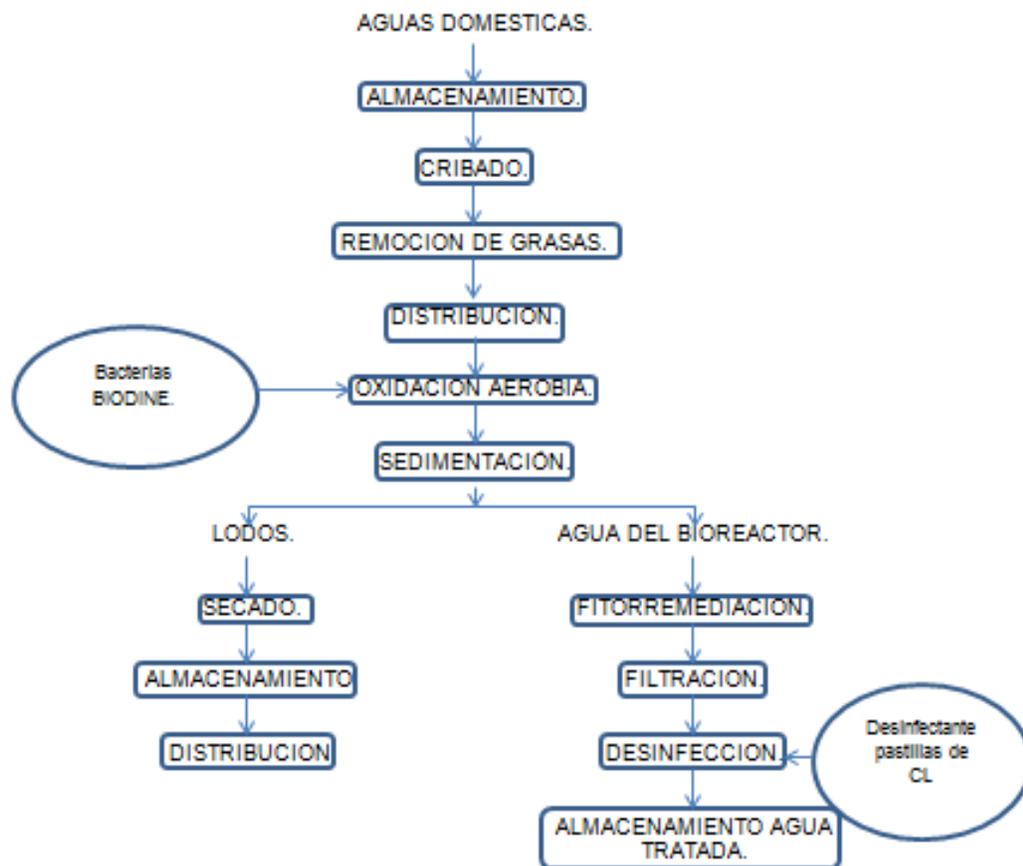
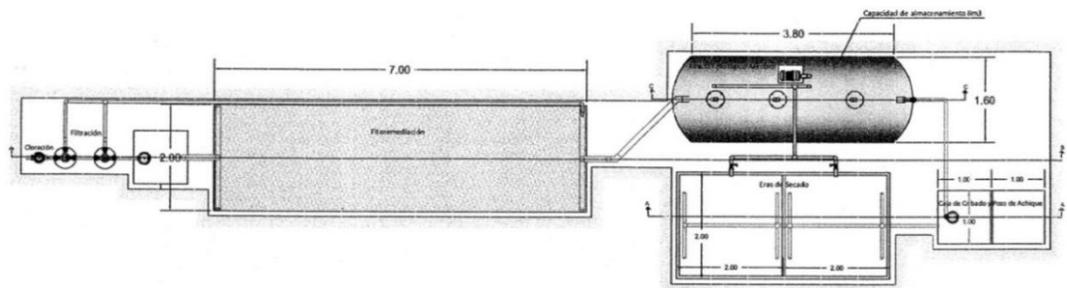


Figura 6. Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.



PLANO PLANTA PTAR DOMESTICA

CONDICIONES	
---	Tanque de F
---	Tanque de F
---	Tanque de F

Fuente: Manual de operación de las plantas de tratamiento. PINTURAS BLER COLOMBIA S.A

2.4.4 Mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas. Actualmente no se cuenta con un periodo establecido para el mantenimiento de las plantas; el cual depende exclusivamente del criterio del operario al ver el estado de los equipos y el funcionamiento de los mismos.

En el tiempo de uso de las plantas se han realizado los siguientes mantenimientos:

- Limpieza de filtros y renovación de sembrado en la Fito remediación.
- Reparación de la bomba sumergible de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.
- Limpieza de la criba.
- Retro lavados de los filtros de carbón activado de las tres plantas.
- Renovación de los filtros de carbón activado de la PTARI y la PTARD.
- Reposición de las pastillas de cloro.
- Lavado de tanques de almacenamiento y del reactor aerobio.

2.5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

Se analizan parámetros físicos, químicos y microbiológicos que permiten verificar el estado actual de las plantas con el objetivo de constatar el cumplimiento de las normas para las que fueron construidas (riego y lavado de infraestructura) y buscar posibles alternativas de uso o disposiciones.

Para llevar a cabo la caracterización del agua al inicio y final de las plantas de tratamiento de aguas, se realiza un muestreo compuesto (Ver anexo A) tomando tres muestras de 900 ml y 167 ml durante 45 minutos recolectando en total 2,7 litros de agua doméstica y 0,5 litros de agua lluvia e industrial. Estas muestras se analizan en el laboratorio ANTEK. S.A. (Ver anexo B); los resultados se presentan a continuación:

2.5.1 Aguas industriales. En la tabla 2 se muestran las especificaciones de la empresa (parámetros microbiológicos, pH y turbiedad) y se hace una comparación con los resultados obtenidos.

Tabla 2. Comparación de resultados de las aguas industriales con las especificaciones de la empresa basadas en la Resolución 2115 del 2007.

Parámetro	Entrada	Salida	Especificación	Cumplimiento
UFC E-Coli	190.000	68	<1 UFC/100ml	No cumple
UFC Coliformes totales	280.000	120	<1 UFC/100ml	No cumple
UFC mesofilos aerobios	15.000	36	<0.01 UFC/ml	No cumple
UFC Coliformes fecales	210.000	70	<1 UFC/100ml	No cumple
pH	7,42	7,05	6,5-7,5	Cumple
Turbiedad	7.940	290,9	40 NTU	No cumple

*Parámetro especificado exclusivamente por la empresa.

2.5.2 Aguas lluvias. En la tabla 3 se muestran las especificaciones de la empresa (parámetros microbiológicos, pH y turbiedad) y se hace una comparación con los resultados obtenidos.

Tabla 3. Comparación de resultados de las aguas lluvias con las especificaciones de la empresa basadas en la Resolución 2115 del 2007

Parámetro	Entrada	Salida	Especificación	Cumplimiento
UFC e-Coli	170	310	<1 UFC/100ml	No cumple
UFC Coliformes totales	3.000	1.500	<1 UFC/100ml	No cumple
UFC mesofilos aerobios	94	49	<0.01 UFC/ml	No cumple
UFC Coliformes fecales	250	350	<1 UFC/100ml	No cumple
pH	7,76	7,48	6,5-7,5	Cumple
Turbiedad	9,04	2	2 NTU	Cumple

2.5.3 Aguas domésticas: En la tabla 4 se muestran las especificaciones de la empresa es decir los parámetros de agua de riego de la norma 1594 de 1984 y se hace una comparación con los resultados obtenidos.

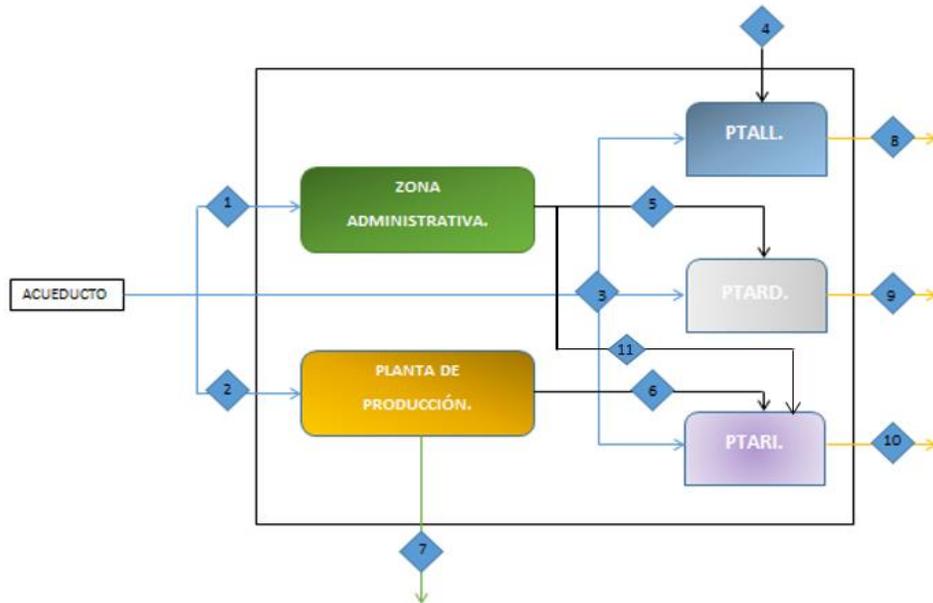
Tabla 4. Comparación de resultados de las aguas residuales domésticas con la norma 1594 de 1984.

Parámetro	Entrada	Salida	Norma 1594 de 1984	Cumplimiento
Aluminio	13,2	0,48	5	Cumple
Arsénico	0,00055	0,00053	0,1	Cumple
Berilio	<0,011	<0,011	0,1	Cumple
Cadmio	<0,015	<0,015	0,01	Cumple
Cinc	<0,014	0,268	2	Cumple
Cobalto	<0,048	<0,048	0,05	Cumple
Cobre	<0,055	<0,055	0,2	Cumple
Cromo	<0,109	<0,109	0,1	Cumple
Flúor	0,149	0,158	1	Cumple
Hierro	1,48	0,786	5	Cumple
Litio	<0,021	<0,021	2,5	Cumple
Manganeso	<0,079	<0,079	0,2	Cumple
Molibdeno	<0,005	<0,005	0,01	Cumple
Níquel	<0,085	<0,085	0,2	Cumple
Plomo	<0,052	<0,052	5	Cumple
Selenio	0,00025	0,00024	0,02	Cumple
Vanadio	<0,05	<0,05	0,1	Cumple
pH	8,72	7,11	4,5-9,0	Cumple

2.6 BALANCE DEL RECURSO HÍDRICO

El balance que se presenta en el diagrama 5 es aproximado debido a que no se cuenta con los medidores suficientes que permiten hacer un balance real.

Diagrama 5. Balance del recurso hídrico en PINTURAS BLER COLOMBIA S.A.



Las entradas y salidas de agua con sus caudales (Ver anexo C) se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Corrientes de agua en Pinturas Bler Colombia S.A.

Corriente	Nombre	Caudal (m ³ /día)
0	Acueducto	8,80
1	Zona administrativa	2,94
2	Planta de producción	5,71
3	Retro lavados	0,15
4	Entrada PTALL*	7,54
5	Entrada PTARD	2,91
6	Entrada PTARI	0,09
7	Producto	5,64
8	Salida PTALL*	7,59
9	Salida PTARD	2,96
10	Salida PTARI	0,13
11	Laboratorios	0,01

*Estas unidades hacen referencia a cada día que llueve.

2.7 FUGAS

Se hizo el control general de fugas por medio de una inspección general a todo el sistema de tuberías de la empresa y se encontró que existen dos fugas visibles como es el caso de las tuberías de retro lavado y algunas conexiones de mangueras las cuales no han sido corregidas en más de seis meses.

Para la detección de fugas invisibles se observó el medidor general de la empresa en un horario donde no presentara actividad para registrar el movimiento lo que indicaría presencia de fugas las cuales posteriormente se tendrían que ubicar con un geófono (equipo especializado para ubicar fugas no visibles); como se evidencia en el medidor general presentado en la figura 7 no hay presencia de fugas no visibles.

Figura 7. Medidor general.



2.8 ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO

- Se evidencia que la mayor cantidad de agua se destina a la elaboración de las pinturas tipo vinilo; consumo que no se puede reducir debido a que está establecido en sus formulaciones y no está incluido en los alcances del proyecto.
- Las plantas de tratamiento de agua remueven gran cantidad de contaminantes presentes pero no cumplen las características (Ver tablas 4 y 5) de los objetivos para las que fueron diseñadas a excepción de la PTARD.
- El objetivo de la PTARI es formar un ciclo cerrado para el lavado de los tanques de producción; al existir microorganismos no se lo ha podido establecer debido

a que la presencia de microorganismo contamina, decolora y desestabiliza las pinturas¹³ no cumpliendo las normas de calidad de la empresa.

- La presencia de microorganismos en el agua de la PTARI se debe a que las pinturas tipo vinilo son un ambiente propicio para la proliferación de estos al tener gran cantidad de agua y materia orgánica¹⁴, al mismo tiempo al estar estancada favorece aún más su propagación.
- El sulfato de aluminio producto actualmente utilizado en el proceso de clarificación del agua modifica considerablemente el pH, esto se debe a que al disociarse en agua libera gran cantidad de hidrogeniones como se ve en la reacción 3 por tal motivo es necesario utilizar grandes cantidades de soda¹⁵.

Reacción 3. Disociación del sulfato de aluminio en agua.



- El agua tratada de la PTALL presenta mayor número de microorganismos comparada con la que ingresa; lo que refleja la falta de mantenimientos a todo el sistema de tuberías y la carencia de un uso específico lo que genera el estancamiento de la misma por largos periodos de tiempo favoreciendo el crecimiento de bacterias.
- El objetivo de la PTARD es obtener agua de riego para plantas ornamentales por lo tanto no es necesaria su desinfección con cloro porque los posibles microorganismos que contenga esta agua ayudan al crecimiento de la vegetación y al mismo tiempo la combinación de cloro y materia orgánica producen trihalometanos los cuales son perjudiciales para el medio ambiente y la salud del ser humano.
- Al no tener estandarizados los retro lavados existe un consumo superior al necesario el cual se podría disminuir al tener un mayor control sobre estos.

¹³ CARBONELL C, Jordi. Pinturas y Barnices: Tecnología básica [en línea]. Díaz de santos. España. Consultado en Mayo 13 de 2016. Disponible en: <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788499697703.pdf>.

¹⁴ Ibid.p 10

¹⁵ LABRACES C, Eulfo S. Evaluación del proceso coagulación – floculación a partir de sulfato de aluminio preparado utilizando envases reciclados del metal y aluminio modificado en la potabilización de aguas. Bucaramanga, 2007, 73. Monografía. Universidad industrial de Santander. Facultad de ciencias. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la universidad industrial de Santander: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7053/2/124931.pdf>.

3. ESTANDARIZACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

La estandarización de las plantas permite garantizar que los problemas identificados se pueden controlar y así minimizar o eliminar su ocurrencia, por tal motivo en este ítem se profundizara en las causas de dichos problemas dándoles solución para que al final del tratamiento el agua tratada cumpla con las características especificadas en el capítulo anterior.

3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Se observó que las variables como turbiedad y cantidad de microorganismos a pesar de su alto grado de remoción no cumplen con los parámetros establecidos por la empresa, por tal motivo se plantea un test de jarras que permita encontrar las condiciones de operación que logren alcanzar la turbiedad requerida para luego realizar una curva de demanda de cloro que permita seleccionar la dosis correcta del mismo.

3.1.1 Test de jarras. Se escogen como agentes coagulantes el sulfato de aluminio, el policloruro de aluminio (líquido) y el cloruro férrico porque además de ser los más utilizados en la industria; el primero se utiliza actualmente en la empresa, el segundo presenta mayores eficiencias en la remoción de turbiedad en aguas coloreadas y el tercero ayuda a la remoción de materia orgánica.

Para la pre-experimentación se evaluaron tres dosis óptimas^{16 17} y tres pH^{18 19} basados en los rangos encontrados en la literatura que se muestran en las tablas 6 y 7 respectivamente; en cuanto a los tiempos y revoluciones de mezclado solo se trabaja con 90 RPM establecidas en el motor del agitador que no cuenta con un controlador por un periodo de 45 minutos tiempo actual de dosificación automática.

¹⁶ TOWARD ZERO WASTE PRODUCTION IN THE PAINT INDUSTRY. Revista virtual pro [en línea]. South Africa Water Research Comission, 2004 [7 de Septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com.ez.uamerica.edu.co/descarga/hacia-la-produccion-de-cero-residuos-en-la-industria-de-pinturas>.

¹⁷ ABRAMOVICH. LURA. CARRERA. GILLI. HAYE. Acción de distintos coagulantes para la eliminación de *Cryptosporidium spp*. En el proceso de potabilización del agua. Revista virtual pro. 2004. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com.ez.uamerica.edu.co/descarga/accion-de-distintos-coagulantes-para-la-eliminacion-de-cryptosporidium-spp-en-el-proceso-de-potabilizacion-del-agua>.

¹⁸ COGOLLO F, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso de hidroxiclورو de aluminio [en línea]. Consultado en Marzo 15 de 2016. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5419/1/juanmiguelcogollo.2011.pdf>.

¹⁹ MURILLO C, Diana Marcela. Análisis de la influencia de dos materias primas coagulante en el aluminio residual del agua tratada [en línea]. Consultado en Febrero 9 de 2016. Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2081/1/628161M977.pdf>.

Tabla 6. Dosis óptima de coagulante

Coagulante	Dosis (ppm)		
Sulfato de aluminio.	40	65	90
Cloruro férrico.	20	30	40
Policloruro de aluminio.	25	55	85

Tabla 7. pH óptimo

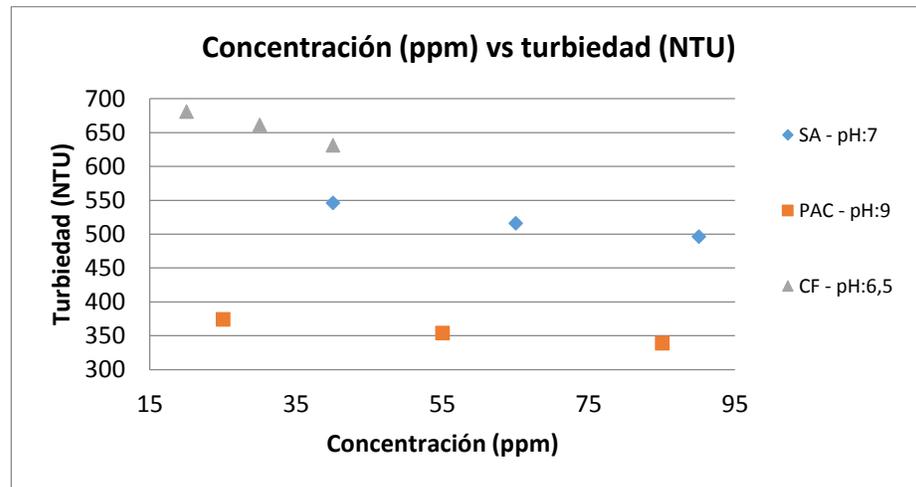
Coagulante	pH		
Sulfato de aluminio.	4	5,5	7
Cloruro férrico.	5	6,5	8,5
Policloruro de aluminio.	5	7	9

Aunque los resultados no fueron los esperados permitieron determinar el comportamiento de los diferentes coagulantes con respecto al pH y concentración como se observa en la gráfica 1 y al mismo tiempo descartar aquel que presenta menor remoción de turbiedad (Cloruro férrico). En la tabla 8 se muestran los mejores resultados obtenidos por cada tipo de coagulante.

Tabla 8. Resultados de la pre-experimentación.

Coagulante.	Concentración (ppm).	Turbiedad (NTU).	pH
Sulfato de aluminio.	40	546	7
	65	516	
	90	496	
Policloruro de aluminio.	25	374	9
	55	354	
	85	339	
Cloruro férrico.	20	681	6,5
	30	661	
	40	631	

Gráfica 1. Comportamiento de los coagulantes con respecto a la concentración.



Es necesario conocer el comportamiento de los coagulantes con respecto al cambio de pH para establecer las mejores condiciones de funcionamiento, por ende se realiza un test de jarras con las concentraciones que presentaron menor turbiedad tanto del sulfato de aluminio como para el policloruro de aluminio. En la gráfica 2 se muestra dicho comportamiento según los resultados de las tablas 9 y 10.

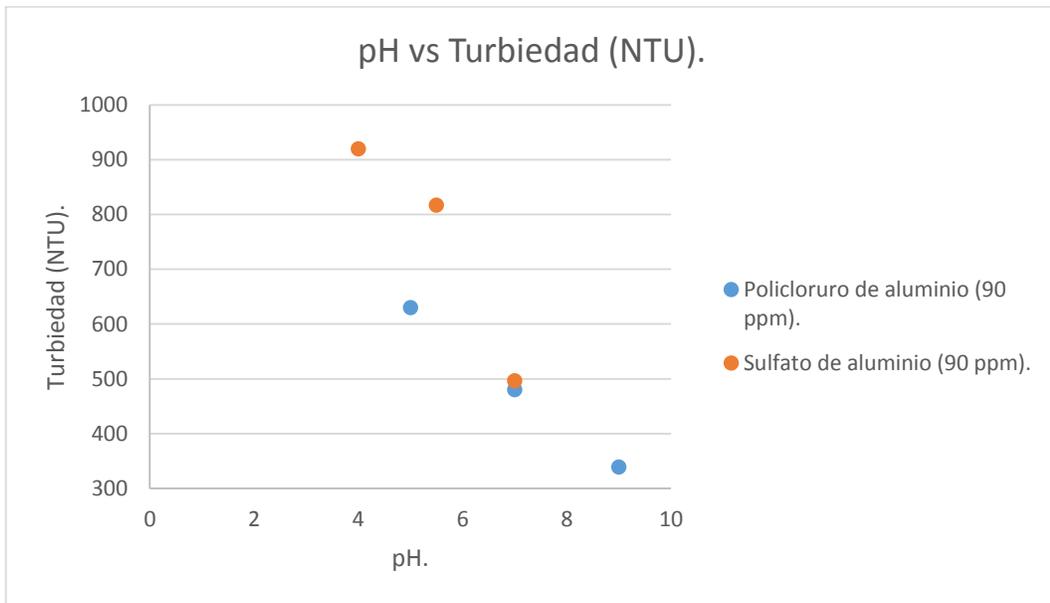
Tabla 9. Resultados del sulfato de aluminio a diferentes pH.

Sulfato de aluminio a 90 ppm.	
pH	Turbiedad (NTU).
4	920
5,5	817
7	496

Tabla 10. Resultados del policloruro de aluminio a diferentes pH.

Policloruro de aluminio a 90 ppm.	
pH	Turbiedad (NTU).
5	630
7	480
9	339

Gráfica 2. Comportamiento de los dos mejores coagulantes con respecto al pH.



A partir de lo anterior se demuestra que a pH básicos el policloruro de aluminio remueve mayor turbiedad. Por tal razón los siguientes ensayos se realizaron en un rango de 8,5 a 9 que equivale a tres ml de NaOH para una muestra de 500 ml de agua a tratar. El sulfato de aluminio también se trabajará en este rango porque trabajando a pH 7 el agua tratada tiene un pH inferior a 6,5 incumpliendo las especificaciones establecidas.

Para obtener una mayor remoción de turbiedad se realiza una segunda experimentación basados en los ensayos anteriores para esto se escogen dos agentes floculantes (un polímero aniónico y otro catiónico), en las tablas 11 y 12 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 11. Resultados del sulfato de aluminio con agentes floculantes.

Sulfato de aluminio a 90 ppm.	
Floculante	Turbiedad (NTU).
Catiónico	>1.000
Aniónico	962

Tabla 12. Resultados del policloruro de aluminio con agentes floculantes.

Policloruro de aluminio a 90 ppm.	
Floculante	Turbiedad (NTU).
Catiónico	280
Aniónico	220

Se evidencia que el agua presenta mayor afinidad con el polímero aniónico por lo tanto se continúa experimentando cambiando la concentración de coagulante y se obtienen los resultados presentados en las tablas 13 y 14.

Tabla 13. Resultados del sulfato de aluminio a diferentes concentraciones.

SA - Floculante aniónico (10 ppm).		
Concentración (ppm).	Turbiedad (NTU).	pH final.
1.000	> 1.000	6,75
2.000	514	6,49
3.000	380	6,35
4.000	354	6,2

Figura 8. Ensayos del sulfato de aluminio a diferentes concentraciones.



Tabla 14. Resultados del policloruro de aluminio a diferentes concentraciones.

PAC - Floculante aniónico (10 ppm).		
Concentración (ppm).	Turbiedad (NTU).	pH final.
1.000	> 1.000	7,61
2.000	27,2	7,37
3.000	16,1	7,2
4.000	14	7,01

Figura 9. Ensayos del policloruro de aluminio a diferentes concentraciones.



Los resultados anteriores permiten descartar al sulfato de aluminio porque las jarras presentan mayor turbiedad en comparación con las del policloruro de aluminio como se puede observar en la figura 8 y 9, además de esto el sulfato de aluminio baja el pH del agua saliéndose del rango establecido por la empresa.

Se realiza un ensayo cambiando el agente floculante (manteniendo constante su concentración de 10 ppm) para corroborar su efectividad, en este se prueban polímeros: catiónico (diferente al experimentado anteriormente), no iónico, aniónico con carga baja y aniónico con carga alta, en la tabla 15 se muestran los resultados:

Tabla 15. Resultados del policloruro de aluminio a 3000 ppm con diferentes agentes floclulantes.

PAC (3.000 ppm)		
Floclulante.	pH.	Turbiedad (NTU).
Catiónico.	7,22	575
No iónico.	7,15	882
Aniónico carga baja.	7,12	256
Aniónico carga alta.	6,98	35,1

Figura 10. Ensayos del policloruro de aluminio con diferentes agentes floclulantes.



Como se estableció anteriormente el floclulante que presenta mayor afinidad es el aniónico siendo más eficiente el de carga alta como lo demuestra la jarra 4 de la figura 10, por último se varia la cantidad de floclulante para fijar la dosis óptima. En la tabla 16 se muestran los resultados.

Tabla 16. Resultados dosis óptima de floclulante.

PAC (3.000 ppm).	
Concentración (ppm).	Turbiedad (NTU).
2	403
4	268
6	183
8	90

Figura 11. Dosis óptima de floculante.



Como se puede observar en la figura 11 a medida que se aumenta la concentración de floculante se obtiene una mejor clarificación del agua por ende se escoge la dosis adicionada en los ensayos anteriores equivalente a 10 ppm como concentración óptima.

Como se observa en la tabla 14, a pesar que son las mismas condiciones en cuanto a las concentraciones de coagulante (sulfato de aluminio a 3000 ppm) y floculante (polímero aniónico de carga alta a 10 ppm) del ensayo presentado en la tabla 15 se obtiene una turbiedad más alta por tal razón se escoge como concentración óptima de coagulante 4000 ppm para asegurar el cumplimiento de las especificaciones de la empresa (<40 NTU).

3.1.2 Curva de demanda de cloro. A continuación se presenta la curva de demanda de cloro que permite la selección de la dosis correcta del mismo. Para elaborar dicha curva se prepararon 12 muestras a las cuales se le añadió concentraciones diferentes de cloro comprendidas entre 10 y 120 ppm teniendo en cuenta que el cloro libre residual este en un rango de 0,3 a 2,0 ppm para el cumplimiento de la norma 2115 de 2007, para leer este parámetro se utilizó un kit químico de cloro residual, sus resultados se presentan en la tabla 17.

Las primeras 6 muestras (10, 20, 30, 40, 50, 60 ppm) no presentan coloración alguna como se puede apreciar en la figura 12 lo que quiere decir que aún no hay presencia de cloro residual, a diferencia de las siguientes 6 muestras que presentan una leve coloración rosada como se evidencia en la figura 13.

Figura 12. Muestras con cloro añadido entre 10 y 60 ppm.



Figura 13. Muestras con cloro añadido entre 70 y 120 ppm.

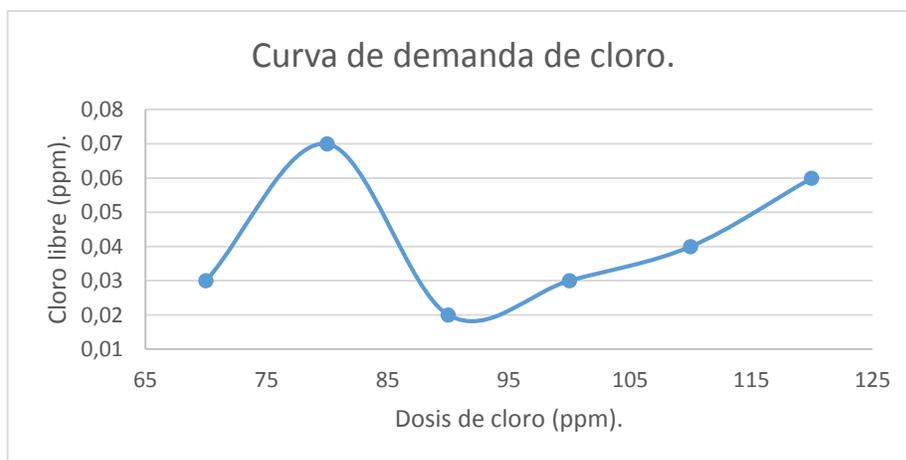


Tabla 17. Resultados cloro residual para la PTARI.

Concentración de cloro añadido. (ppm)	Cloro residual.
10	-
20	-
30	-
40	-
50	-
60	-
70	0,03
80	0,07
90	0,02
100	0,03
110	0,04
120	0,06

En la gráfica 3 se muestra la curva de demanda de cloro en donde se puede identificar el punto de quiebre (90 ppm) lo que quiere decir que a esta concentración las cloraminas se oxidaron completamente y en consecuencia se empieza a producir cloro residual; por lo anterior se escoge 120 ppm como la dosis optima de cloro.

Gráfica 3. Curva demanda de cloro para la PTARI.



En la figura 14 se aprecia el antes y después del proceso de clarificación en el cual se remueve el 99,82% de turbiedad según la ecuación 1.

Ecuación 1. Porcentajes de remoción.

$$\% \text{ Remoción} = \frac{T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}}}{T_{\text{inicial}}} \times 100$$

Figura 14. Antes y después del proceso de clarificación.



En la tabla 18 se muestran las dosificaciones utilizadas cumplir las especificaciones de la empresa.

Tabla 18. Resultados del test de jarras y la desinfección.

500 ml de agua.			
Procedencia.	Agente.	Producto.	Concentración (ppm).
	Regulador de pH.	NaOH en escamas.	300
Industrial.	Coagulante.	PAC líquido.	4.000
	Floculante.	L1538	10
	Desinfectante*.	HClO ₃ (5,2%).	120
Lluvias.	Desinfectante*.	HClO ₃ (5,2%).	40

*Condiciones para tratar un litro de agua.

3.1.3 Escala a nivel industrial. Para realizar el escalamiento es necesario aclarar que el volumen tratado de agua equivale al 75% del volumen total del tanque, es decir, aproximadamente 2918 y 3015 litros de la PTARI y PTALL respectivamente.

En la tabla 19 se presentan las cantidades a agregar en el clarifloculador de la PTARI y en la tabla 20 se muestran la cantidad de cloro a adicionar en el tanque de almacenamiento de aguas tratadas de las dos plantas; el control al proceso con las respectivas fichas de seguridad se especifica en los anexos E y J.

Tabla 19. Cantidades a agregar en el clarifloculador.

Producto.	Cantidad Kg.
NaOH en escamas**. (98%)	0,0584
PAC líquido LIPESA.	11,672
L1538 LIPESA**.	0,0292

** Sustancias en solución ver anexos.

Tabla 20. Cantidades a agregar en el tanque de almacenamiento de aguas tratadas.

Planta.	Pastilla de HClO ₃ al 60% (g).
PTARI.	33,68
PTALL.	1,16

Para el escalamiento del tiempo de agitación es necesario obtener las revoluciones netas necesarias en el test de jarras (Ver ecuación 2), al mismo tiempo se necesita la relación entre la potencia del agitador del clarifloculador y la potencia del equipo del test de jarras; a partir de lo anterior se obtienen las revoluciones netas necesarias en el clarifloculador (Ver ecuación 3). Por último se despeja el tiempo a partir de la ecuación 4.

Ecuación 2. Revoluciones netas test de jarras.

$$RNT: \text{Velocidad de agitación(RPM)} * \text{tiempo (minutos)}$$

Ecuación 3. Revoluciones netas clarifloculador.

$$RNC: RNT * \frac{\text{Potencia del clarifloculador}}{\text{Potencia del test de jarras}}$$

Ecuación 4. Tiempo de agitación.

$$t = \frac{RNC}{\text{Velocidad de agitación}}$$

En la tabla 21 se puede observar el valor de cada uno de los parámetros para obtener el tiempo de agitación del clarifloculador de la PTARI.

Tabla 21. Parámetros para el cálculo del tiempo de agitación.

Parámetro	Unidad	Valor
Velocidad de agitación del test de jarras	RPM	90
Tiempo de agitación del test de jarras	min	5
Revoluciones netas test de jarras	Revoluciones	450
Potencia del clarifloculador	W	550
Potencia del test de jarras	W	60
Revoluciones netas clarifloculador	Revoluciones.	4.125
Velocidad de agitación del clarifloculador	RPM	90
Tiempo de agitación del clarifloculador	min	46

3.1.4 Mantenimientos. En el cuadro 3 se especifican las actividades de mantenimiento y su periodicidad para el correcto funcionamiento de la PTARI.

Cuadro 4. Mantenimientos de la PTARI

Equipo	Tarea a realizar	Periodicidad
Tanque de almacenamiento	Desocupar	Cada seis meses
	Retirar los sedimentos	
	Lavar	
Clarifloculador	Lavar	Cada seis meses
Filtros	Retro lavados	Cada mes y medio
	Cambios	Cada dos años
Piscinas de secado	Cambiar tela filtrante	Cada cuatro meses
	Limpiar piedra filtrante	

3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS

Se observó que la cantidad de microorganismos no cumplen con los parámetros establecidos por la empresa, por tal motivo se realiza una curva de demanda de cloro que permita seleccionar la dosis correcta del mismo; los resultados se muestran en la tabla 22.

En la figura 15 se presenta la curva de demanda de cloro que permite la selección de la dosis correcta del mismo. Para su realización se siguió el mismo procedimiento explicado en la curva de la PTARI.

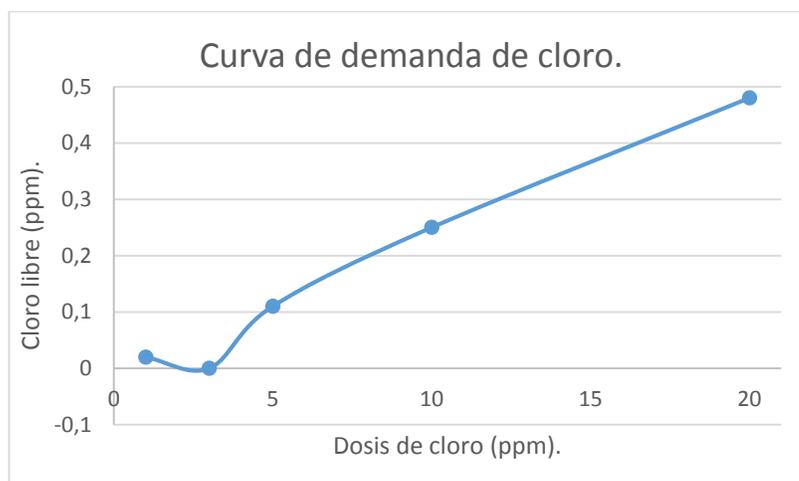
Tabla 22. Resultados curva de demanda de cloro para la PTALL.

Concentración de cloro añadido. (ppm)	Cloro residual.
1	0,02
3	0
5	0,11
10	0,25
20	0,48
30	0,83
40	1,05
50	1,35
60	1,42
70	1,91
90	2,5

Figura 15. Muestras de cloro añadido para la curva de demanda de cloro de la PTALL.



Gráfica 4. Curva demanda de cloro para la PTALL.



En la gráfica 4 se muestra la curva de demanda de cloro en donde se puede identificar el punto de quiebre (3 ppm) lo que quiere decir que a esta concentración las cloraminas se oxidaron completamente y en consecuencia se empieza a producir cloro residual; por lo anterior se escoge 40 ppm como la dosis optima de cloro.

El control al proceso de esta planta se puede ver en el anexo E.

3.2.1 Mantenimientos. En la cuadro 4 se especifican las actividades de mantenimiento y su periodicidad para el correcto funcionamiento de la PTALL.

Cuadro 5. Mantenimientos de la PTALL.

Equipo.	Tarea a realizar.	Periodicidad.
Tanque de almacenamiento.	Desocupar.	Cada seis meses.
	Retirar los sedimentos.	
Clarifloculador.	Lavar.	Cada seis meses.
	Lavar.	
Filtros.	Retro lavados.	Cada dos meses.
	Cambios.	Cada dos años.

3.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

De acuerdo al diagnóstico el agua obtenida de esta planta cumple con todos los parámetros exigidos por la norma 1594 de 1984 para destinarla como agua de riego sin embargo es innecesario el proceso de desinfección el cual se eliminó, al mismo tiempo se estableció la prueba de control al proceso y la periodicidad de los mantenimientos.

La prueba de control al proceso que se recomienda realizar cada 15 días, consiste en medir los sólidos sedimentables por medio del cono imhoff en el cual se deposita 1000 ml de muestra homogeneizada; al cabo de los 45 minutos se golpean las paredes del mismo y 15 minutos después se realiza la lectura. Dependiendo del resultado se toman las medidas estipuladas en la Cuadro 5.

Cuadro 6. Control al proceso.

Concentración de sólidos (ppm).	Retorno de lodos.	Cantidad de bacterias a adicionar (L).	Purga.
< 80	Si	1	No
80 – 200	Si	0,5	No
200- 300	No	-	No
> 300	No	-	Si

Mediante la Ecuación 5 se determina la carga de alimento con relación a la cantidad de microorganismos para saber el porcentaje de lodos a retornar y a purgar.

Ecuación 5. Relación
F/M.

$$\frac{F}{M} = \left(\frac{Q}{CSST} \right) - \left(\frac{CDBO}{VR} \right)$$

F = Alimento.

M = Cantidad de microorganismos.

Q = Caudal de la bomba (0,22 L/s).

CSST = Concentración de sólidos suspendidos.

CDBO = Carga de DBO de entrada.

VR = Volumen del reactor (4,02 m³).

En la tabla 23 se muestran los resultados obtenidos para determinar el retorno y la purga en el mes de marzo. Los procedimientos para calcular la concentración de sólidos suspendidos y la carga de DBO se especifican en el anexo F.

Tabla 23. Resultados del
calculo de la relación F/M.

Parámetro.	Resultado.
CSST	543,58
CDBO	60
F/M	-0,014

En la tabla 24 se especifican los ajustes mensuales que se deben hacer según recomendaciones del fabricante:

Tabla 24. Retorno y purga de lodos.

Relación F/M.	Retorno (%).	Purga (%).
> 0,20	25 – 30	5
< 0,05	2 – 5	15
0,05 - 0,020	10	10

Según la relación calculada anteriormente el retorno de lodos debe estar entre 2 y 5% y la purga de lodos debe ser del 15%.

En cuanto a los mantenimientos se recomienda realizar los especificados en el cuadro 6.

Cuadro 7. Mantenimientos PTARD.

Equipo.	Tarea a realizar.	Periodicidad.
Criba.	Sacar la criba del tanque de almacenamiento.	Realizar cuando se encuentre al 90% de su capacidad (aprox. Cada 2 meses).
	Retirar impurezas retenidas.	
	Colocar la criba en el tanque de almacenamiento.	
Biorreactor.	Desocupar.	Cada seis meses.
	Desprender los lodos de las paredes.	
	Depositar los lodos retirados en las tinas de secado.	
Oxímetro.	Reemplazar el electrolito.	Una vez al mes.
	Reemplazar la membrana.	Cada dos meses.
Fitorremediación.	Retirar el sembrado.	Una vez al año.
	Reemplazar los filtros en mal estado.	
	Limpiar los filtros que se pueden volver a utilizar.	
	Limpiar las tuberías de irrigación con agua a presión y churrusco.	
	Colocar los filtros.	
	Reemplazar el sembrado.	
Tanque Pulmón.	Desocupar.	Una vez al año.
	Retirar impurezas.	
Filtros.	Retro lavados.	Cada mes y medio.
	Cambio.	Cada dos años.
Bombas.	Revisión.	Cada mes.
	Reparación.	

3.4 RESULTADOS FINALES CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

En este numeral se muestran los resultados finales después de la estandarización planteada en este capítulo para las aguas lluvias (tabla 25) e industriales (tabla 26) tratadas, no se coloca la caracterización del agua doméstica tratada debido a que solo se estandarizaron los mantenimientos que aseguran el funcionamiento adecuado de la planta sin afectar las características del agua de salida ya que esta cumplía con todos los parámetros exigidos para destinarla como agua de riego.

Tabla 25. Caracterización del agua tratada de la PTARI después de la estandarización.

Parámetro.	Antes.	Después.	Especificación.	Cumplimiento.
UFC E-Coli.	68	0	<1 UFC/100ml	
UFC Coliformes totales.	120	0	<1 UFC/100ml	
UFC mesofilos aerobios.	36	0	<0,01 UFC/ml	Cumple
UFC Coliformes fecales.	70	0	<1 UFC/100ml	
pH.	7,05	7,3	6,5-7,5	
Turbiedad*	290,91	14	40 NTU	

Tabla 26. Caracterización del agua tratada de la PTALL después de la estandarización.

Parámetro.	Antes.	Después.	Especificación.	Cumplimiento.
UFC E-Coli.	310	0	<1 UFC/100ml	
UFC Coliformes totales.	1.500	0	<1 UFC/100ml	
UFC mesofilos aerobios.	49	0	<0,01 UFC/ml	Cumple
UFC Coliformes fecales.	350	0	<1 UFC/100ml	
pH.	7,48	7,4	6,5-7,5	
Turbiedad.	2,0	2,0	2 NTU	

3.5 ANÁLISIS ESTANDARIZACIÓN

- Para mayor seguridad se escoge 4000 ppm como concentración óptima de coagulante debido a que las características del agua varían constantemente, en consecuencia el proceso de clarificación siempre arrojará resultados con drástica diferencia de turbiedad como se muestra en la tabla 14 y 15 y se debe asegurar que esta variable siempre esté en los rangos establecidos por la empresa.

- Antes de iniciar el tratamiento es necesario una buena homogeneización que permita disminuir la diferencia de la dosificación en el proceso de clarificación, sin embargo es indispensable realizar el test de jarras a partir de la concentración establecida (Ver anexo D) para determinar las cantidades adecuadas de coagulantes y floculantes a suministrar (se dejara una plantilla para el escalamiento a nivel industrial, Ver anexo H)
- El cloruro férrico no presenta alta remoción de turbiedad y además de esto el agua tratada tomaba una coloración indeseada debido a la presencia de fenoles en el agua que al reaccionar con el hierro (Fe^{+3}) colorean el agua en diferentes tonos²⁰.
- El sulfato de aluminio tiene mayores eficiencias a pH neutros porque al acidificarse el agua su solubilidad disminuye y al mismo tiempo no libera suficiente hidroxilos para precipitar los componentes de hierro²¹. Por otro lado a pH menores o mayores al estipulado este coagulante tiende a formar sales básicas o acidas que son solubles en el agua y no removibles en el proceso siguiente de filtración²².
- El policloruro presenta mayor ventajas en cuanto a los cambios de pH ya que al estar formado por aluminio pre – polimerizado no presenta cambios drásticos como el sulfato de aluminio²³.
- El floculante aniónico de carga alta es el más eficiente dado que el agua a tratar tiene alto contenido de cationes y al adicionarlo este neutraliza la carga superficial reduciendo la repulsión y desestabilizando los coloides²⁴.
- Actualmente se adicionan 2,3 ppm de cloro, dosis muy por debajo de la óptima (120 ppm); lo que permite evidenciar la presencia de microorganismos debido a

²⁰ DAVALOS, Joel. LOMELI, Melsesio. LOPEZ, Fernando. SAHAGUN, Araceli. MORALES, Juan. MEDINA, Pedro. SANCHEZ, Carmen. Screening fitoquímico y capacidad antiinflamatoria de hojas de *Tithonia Tubaeformis*. En: Revista de ciencias biológicas y de la salud V. 15, No 2, (2013). Disponible en: <http://www.biotecnia.uson.mx/revistas/articulos/23-Articulo%209%20Biotecnia%20XV%202.pdf>. [Consultado en Mayo 15 de 2016].

²¹ LABRACES C, Eulfo S. Evaluación del proceso coagulación – floculación a partir de sulfato de aluminio preparado utilizando envases reciclados del metal y aluminio modificado en la potabilización de aguas. Bucaramanga, 2007, 73. Universidad industrial de Santander. Facultad de ciencias. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la universidad industrial de Santander: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7053/2/124931.pdf>.

²² RAMIREZ Q, Felipe, La coagulación – floculación en el proceso de tratamiento Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion.htm>.

²³ COGOLLO F, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso de hidroxiclورو de aluminio. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5419/1/juanmiguelcogollo.2011.pdf>.

²⁴ LEE D, Wilson. Un vistazo a la tecnología de coagulación – floculación Disponible en: http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/V14_N4_Agua_Wilson.pdf.

que a esta concentración el cloro solo está reaccionando con los compuestos fácilmente oxidables sin dejar cloro libre residual (etapa I de la curva de demanda de cloro).

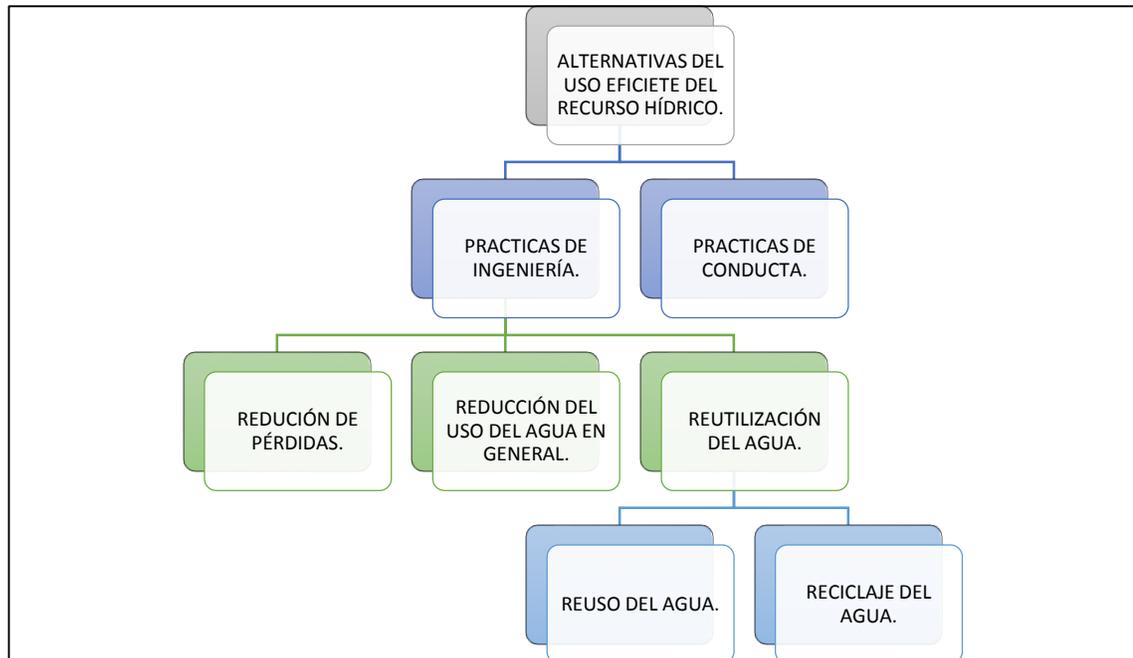
- La concentración de cloro escogida asegura un remanente de cloro suficiente para evitar crecimiento microbiano que se pueda generar por el estancamiento del agua sin exceder el límite que establece la norma (2 ppm).
- Al realizar el diagnóstico se encontró la presencia de alta cantidad de microorganismos en la PTALL, pero al realizar la curva para eliminarlos no se necesitó gran concentración de cloro como era de esperar debido a que la empresa en el desarrollo del proyecto inspeccionó la planta incluyendo sus ductos localizando el origen de dicha contaminación y tomaron medidas para repararlo.
- En cuanto a la PTARD se modificaron los mantenimientos, y se plantearon mejoras pertinentes a la infraestructura y manejo de la planta; no se realizó ninguna modificación a la operación porque el agua obtenida con el proceso actual cumple con las características para la que fue diseñada.
- Se eliminó la desinfección en la PTARD para evitar la contaminación y riesgos a la salud producida por los trihalometanos que se generaban en este proceso²⁵.

²⁵ TRIHALOMETANOS EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO. Red de revistas científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal. Pamplona. 2011. Consultado en Abril 3 de 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91922431001>.

4. SISTEMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA

En este capítulo se profundizara en las alternativas adaptables a la infraestructura de la empresa que permitan utilizar eficientemente el recurso hídrico las cuales según el centro colombiano de producción más limpia se clasifican de acuerdo al diagrama 6.

Diagrama 6. Alternativas del uso eficiente del recurso hídrico.



4.1 PRÁCTICAS DE INGENIERÍA

En esta categoría se incluyen las modificaciones a tuberías, accesorios y procesos; permitiendo la disminución del uso del agua.

4.1.1 Reducción de pérdidas. En este ítem se incluye el control de fugas y la instalación de medidores de caudal.

4.1.1.1 Control de fugas y goteos. Se recomienda revisar el sistema de tuberías externo una vez a la semana y realizar el control de fugaz general que incluya las visibles e invisibles una vez cada tres meses para evitar grandes pérdidas al identificarlas y darles pronta solución.

4.1.1.2 Instalación de medidores de caudal. Para controlar en su totalidad el recurso hídrico se recomienda la instalación de contadores en:

- La tubería madre de la zona administrativa.

- Las entradas y salidas de las plantas de tratamiento donde sea posible su instalación.
- Las tuberías de retro lavado.

4.1.2 Reducción del uso del agua en general. En este ítem se hará énfasis en la implementación de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente.

4.1.2.1 Implementación de tecnologías amigables con el medio ambiente. En este ítem se hará énfasis en el reemplazo de cisternas y la graduación de los flujos de llaves y orinales a su valor mínimo.

En la cuadro 7 se realiza una comparación de las características de los accesorios actuales con los que se recomiendan.

Cuadro 8. Comparación de accesorios de los baños.

Accesorios actuales.	Características.	Accesorios recomendados.	Características.
	San Giorgio Alongado.		Prestigio.
	4-6 litros por descarga.		3,8 litros por descarga.
	Avanti Plus.		Cyclone Ultra
	6 litros de agua por descarga.		3,8 litros por descarga.

4.1.3 Reutilización del agua. Se abordarán temas acerca del reciclaje y el reuso del agua.

4.1.3.1 Reciclaje de agua: Hace referencia al agua que al finalizar su función en vez de ser desechada se le realiza un tratamiento que le permite alcanzar características necesarias para cumplir la misma función.

En el caso de PINTURAS BLER S.A. la PTARI recibe el agua proveniente del lavado de los tanques de producción, esta planta fue estandarizada para formar un ciclo cerrado permitiendo reciclar el agua tratada y de esta manera aprovechar la red de tubería instalada para este fin.

4.1.3.2 Reuso del agua: Hace referencia al agua que al finalizar su función en vez de ser desechada se le realiza un tratamiento que le permite alcanzar características necesarias para cumplir otra función.

En este proyecto se propone el reuso de aguas lluvias en las cisternas de las instalaciones de PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. ya que actualmente no tiene un uso específico, por tal motivo se propone un sistema de reutilización en el que incluye un sistema electro neumático que lo maneja (Ver figura 16 y 17) y una red independiente de tuberías (Ver figura 18), para ver detalladamente dirigirse a los anexos K y L.

Figura 16. Sistema de reutilización de agua.

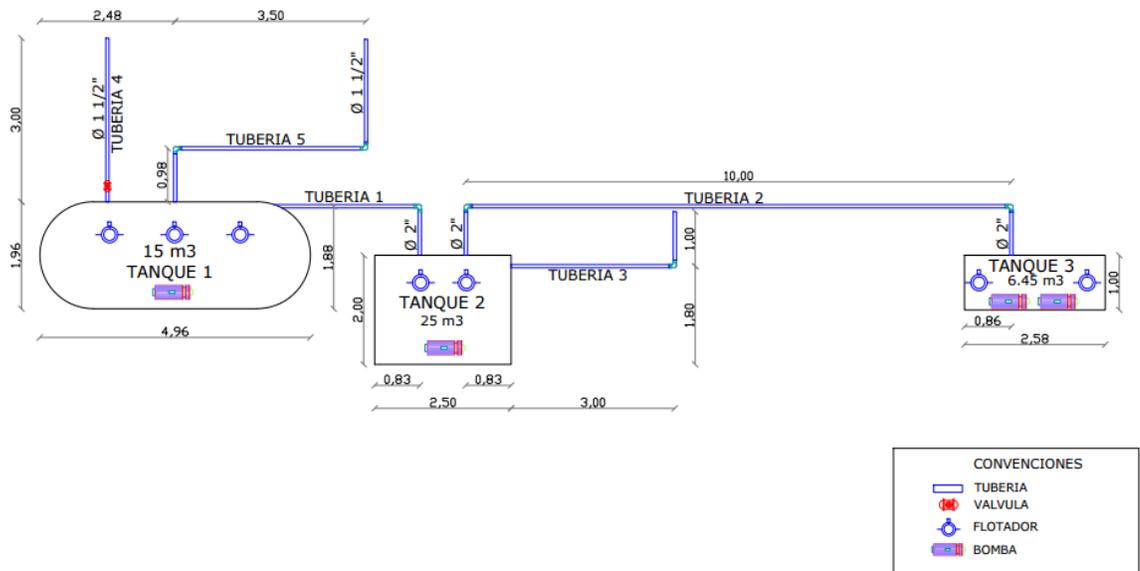
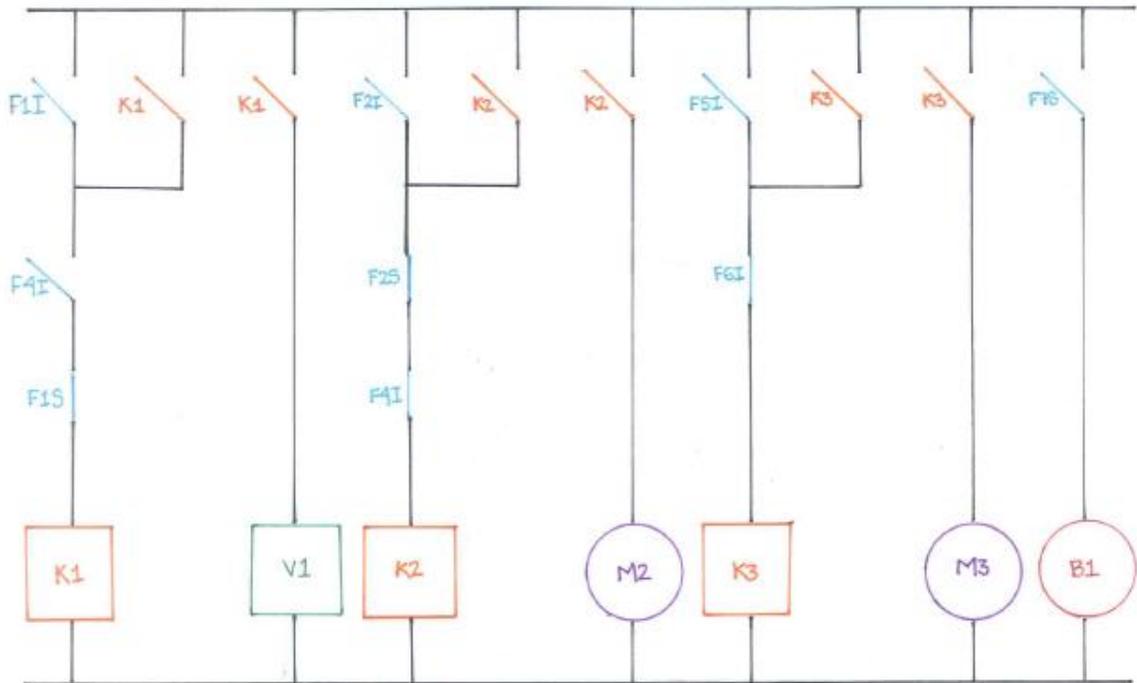


Figura 17. Sistema electro neumático*.



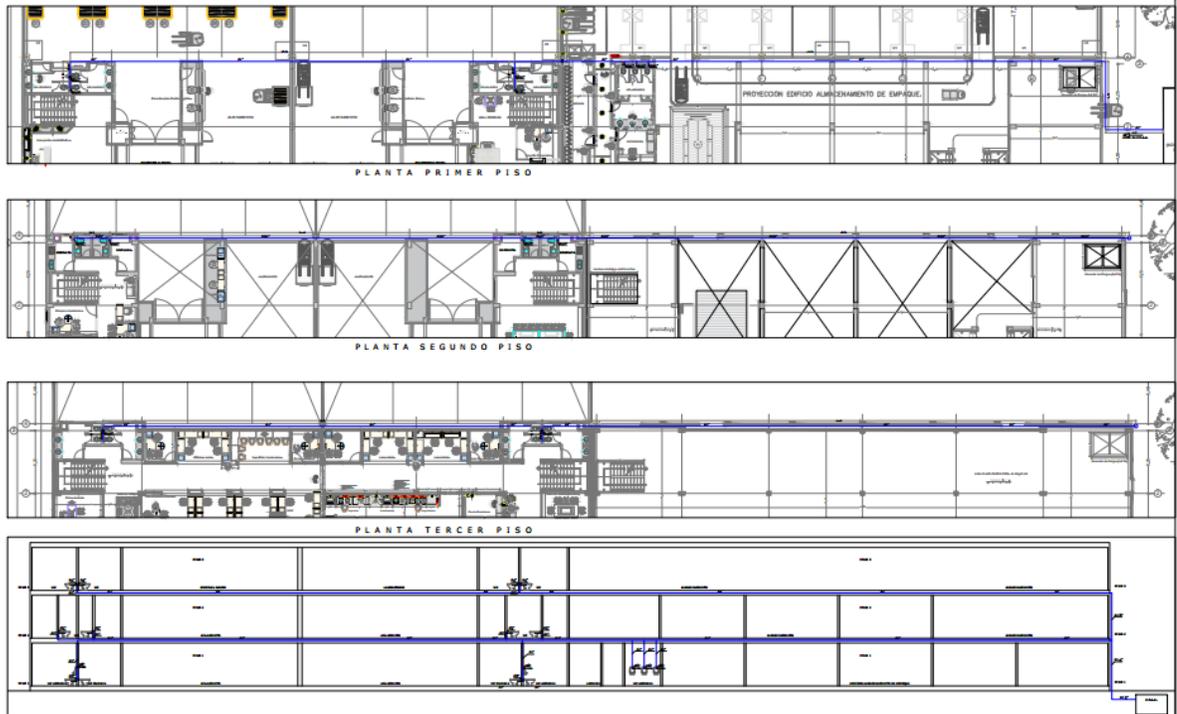
En el cuadro 8 se muestran las convenciones del sistema electro neumático.

Cuadro 9. Convenciones sistema electro neumático.

Convenciones.	
F1I	Flotador 1 nivel inferior.
F2I	Flotador 2 nivel inferior.
F4I	Flotador 4 nivel inferior.
F5I	Flotador 5 nivel inferior.
F6I	Flotador 6 nivel inferior.
F1S	Flotador 1 nivel superior.
F2S	Flotador 2 nivel superior.
F7S	Flotador 7 nivel superior.
V1	Electroválvula.
M2	Bomba 2.
M3	Bomba 3.
K1	Contactador 1.
K2	Contactador 2.
K3	Contactador 3.

*Por dificultad al acceso de un simulador adecuado para este sistema se presenta manualmente.

Figura 18. Red independiente de tuberías.



El sistema constará de:

- **Electroválvula:** Esta válvula controlada por los flotadores 1 y 4 permitirá el paso de agua potable hacia el tanque de aguas lluvias con el objetivo de garantizar flujo constante de agua hacia las cisternas.
- **Tanque de aguas lluvias (tanque 1):** En este se almacenará el agua que suministrará a las cisternas. En su interior se incluirá:
 - **Bomba 1:** Esta bomba sumergible tendrá la potencia (1 Hp) necesaria para realizar el recorrido de la red independiente de tuberías.
 - **Flotador 1:** El cual dará la señal de activación y desactivación de la electroválvula cuando el nivel del tanque 1 esté a 20 cm y a 25 cm de profundidad respectivamente, de esta manera se consume la menor cantidad de agua potable.
 - **Flotador 2:** El cual dará la señal de activación y desactivación a la bomba 2 cuando el nivel del tanque 1 esté a 30 cm y 59 cm de profundidad

respectivamente, de esta manera se consume la menor cantidad de agua potable al utilizar el agua de reserva del tanque 2.

- Flotador 3*: El cual apagará la bomba 1 cuando el nivel del tanque 1 esté a 15 cm de profundidad, esto es necesario para protegerla y asegurar su correcto funcionamiento.
- Tanque reserva (tanque 2): En este se almacenará el exceso de agua del tanque 1 por continuas precipitaciones (fluirá por acción de la gravedad) y del tanque 2 por acumulación de agua de retro lavados. En su interior incluirá:
 - Bomba 2: Esta bomba tipo lapicero (potencia de 0,5 Hp) controlada por el flotador 4 suministrará agua al tanque 1.
 - Flotador 4: El cual se activará y se desactivará cuando el nivel del tanque 2 esté a 120 cm y 15 cm de profundidad respectivamente.
 - Flotador 5: El cual activará y desactivará la bomba 3 cuando el nivel del tanque 2 esté a 20 cm y 180 cm de su profundidad respectivamente.
 - Sensor 1: El cual activará el bombillo cuando el nivel del agua llegue al 93% de su capacidad.
- Tanque de agua tratada PTARI (tanque 3): En este se almacenará el agua tratada de la PTARI que se conectó al sistema con el objetivo de evitar pérdidas por derramamiento.
 - Bomba 3: Esta bomba tipo lapicero (potencia 0,5 Hp) controlada por el flotador 5 y 6 suministrará agua al tanque 2.
 - Flotador 6: El cual se activará y se desactivará cuando el nivel del tanque 3 esté a 90 cm y 50 cm de profundidad respectivamente.
 - Bomba 4*: Esta bomba sumergible distribuye el agua por la red existente para el lavado de tanques de producción.
 - Flotador 7*: Este protege la bomba 4 al desactivarla cuando el nivel del agua llegue a 15 cm de profundidad.
- Tubería 1: Esta permitirá el paso del agua por acción de la gravedad del tanque 1 al tanque 2 cuando el nivel del agua esté a 1,88 m de altura que equivale aproximadamente al 90% de la capacidad del tanque 1.

- Tubería 2: Esta permitirá el paso del agua impulsado por la bomba 3 del tanque 2 al tanque 3 evitando el flujo inverso.
- Tubería 3: Esta permitirá el paso del agua en el caso extremo en donde el tanque 1 y 2 estén llenos.
- Tubería 4: Esta permitirá el paso del agua potable al tanque 1.
- Tubería 5: Esta conectara el tanque 1 con la red independiente de tuberías.

*Son aparatos que no están involucrados en la red independiente de tuberías de las cisternas, por consiguiente no se incluyen en el diagrama electro neumático.

Se propone construir un tanque reserva (2m x 2,5 m x 5m) de 25 m³ de capacidad el cual utilizará la cuarta parte del espacio disponible de la empresa para su instalación, dicho tanque recibirá el exceso del agua tratada de la PTARI (que se generará por la acumulación de agua de los retro lavados) mediante una bomba sumergible cuyo flotador la desactivará cuando la capacidad del tanque 3 llegue al 30%; además de esto servirá para evitar posibles reboces por el aumento de las precipitaciones debido a que el exceso de agua fluirá del tanque de aguas lluvias hacia el tanque reserva por acción de la gravedad cuando el tanque de aguas lluvias este al 90% de su capacidad aproximadamente.

Para obtener un mayor aprovechamiento del agua el tanque reserva contará con una bomba sumergible la cual impulsara el agua hacia el tanque de aguas lluvias hasta desocuparse en un 50%; también tendrá un sensor de nivel que enciende un bombillo el cual indicará al operario que es necesario abrir la válvula de escape.

4.2 PRÁCTICAS DE CONDUCTA

Esta categoría hace referencia al buen manejo que se le da al recurso hídrico por parte del personal en actividades ajenas a su función.

4.2.1 Capacitaciones a los empleados. Por medio de videos y charlas educativas que se realizarán cada cuatro meses se tratarán temas como uso eficiente del agua, ahorro del recurso hídrico, cultura del agua y buenas prácticas de comportamiento con el objetivo de crear conciencia en los trabajadores sobre la importancia de conservar el recurso hídrico. Esto se complementará con la ubicación estratégica de carteleras que hacen alusión a la conservación y buen manejo de dicho recurso.

4.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA

- De acuerdo al diagnóstico se evidenció la falta de atención por parte de la empresa a las fugas o goteos que se presentan. Cabe resaltar que es de suma importancia realizar un seguimiento a estos problemas y brindar la solución inmediata teniendo en cuenta que a largo plazo las pérdidas son significativas.
- La instalación de medidores permitirá realizar el balance hídrico real y de esta manera hacer un seguimiento y futuras mejoras.
- La instalación de nuevas cisternas ahorradoras logra reducir el consumo de agua que se necesita actualmente.
- Al reusar el agua lluvia que según el balance hídrico alcanza a suplir aproximadamente cuatro días de agua potable de las cisternas por día de lluvia se evita el crecimiento de microorganismos que se genera cuando el agua permanece estancada durante largos periodos de tiempo y de esta manera se asegura la efectividad del tratamiento y la disminución en el consumo de agua potable para el mismo fin.
- El sistema independiente de tuberías evita posibles contaminaciones que se pueden generar al pasar agua incorrectamente tratada (por mal manejo de las plantas PTALL y PTARI) hacia la red de agua potable de la empresa.
- El tanque reserva evitará pérdidas por derramamiento de agua que se pudiera aprovechar disminuyendo el consumo de agua potable y por ende los gastos de la empresa.

5. EVALUACIÓN DE COSTOS

En este capítulo se determinaron los costos de la propuesta de ahorro y manejo integral del agua en PINTURAS BLER COLOMBIA S.A.

Para determinar el consumo de agua por las fugas se tuvo en cuenta el análisis las dos fugas existentes (Ver numeral 2.7), la primera correspondiente a una perforación aproximadamente de 0,5 mm y la segunda asociada a goteo menor. Según el programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA) estas equivalen a 147m³/año (Ver tabla 27).

Tabla 27. Perdidas por fugas o goteos²⁶.

Tipo de fuga		Perdidas (m ³ /año)
Goteo	Menor	7
	Intenso	30
	Continuo	100
Perforación	0,5 mm	140
	2 mm	1.300
	6 mm	6.400

En cuanto al consumo de los retro lavados la propuesta sugiere reducir el número de los mismos a solo 22 retro lavados al año que serían equivalentes a 1,1m³/año y además plantea reciclar el agua de la PTARI y reusar el agua de la PTALL que suplirían en 1,19% el consumo del agua proveniente del acueducto.

Se hizo un seguimiento a la rutina de los empleados en cuanto al uso del agua y en la mayoría de los casos se detectó que no eran cuidadosos en la manipulación de las llaves de los lavamanos, además no escatimaban en el uso del recurso al momento de lavar algunos implementos de trabajo como se observaba en los tiempos innecesarios que dejaban las llaves abiertas. Por tal motivo se propone realizar capacitaciones (en su mayoría gratuitas) brindadas por entes de control ambiental como la CAR que lograrán concientizar a los empleados en el uso correcto del agua disminuyendo de esta manera en 5% aproximadamente el consumo del mismo.

En la tabla 28 se muestra un comparativo entre los costos de consumo actual y los costos de consumo después de implementar la propuesta.

²⁶ BUITRAGO G, Laura Andrea. Propuesta para el ahorro de agua en el proceso de producción en una planta de helados. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2015, 96. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

Tabla 28. Comparación de costos de consumos de agua de acueducto.

Consumo actual					Consumo de agua propuesta					
Procedencia	Destino	Consumo (m3/año)	Valor unidad (\$/m3)	Costo anual (\$/año)	Procedencia	Destino	Consumo (m3/año)	Valor unidad (\$/m3)	Costo anual (\$/año)	
Acueducto	Planta de producción	1784,64	2334	4.165.046	Acueducto	Planta de producción	1759,68	2334	4.106.794	
	Zona administrativa	914,16		2.133.494		Retro - lavados	1,1		2.567	
		Retro - lavados		7,8		18.204	Buenas practicas		860.862	2.009.106
									Fugas	147
				PTALL	Cisternas	7,59	0	0		
					PTARI	Lavado de los tambores	24,96	0	0	
Costo total consumo actual				6.659.817	Costo total propuesta				6.118.467	

A este se le suma el beneficio que obtiene la empresa al no pagar posibles sanciones que les puede generar el verter el agua sin permiso por parte entes de control.

Dichas sanciones son calculadas como lo estipula la resolución 2086 de 2010²⁷ por la ecuación 6.

Ecuación 6. Calculo de multa.

$$Multa = B + [(\alpha * i) * (1 + A) + Ca] * Cs$$

- Beneficio ilícito (*B*): En este parámetro se tienen en cuenta los ingresos directos que obtiene la empresa por tratar el agua y dejarla en óptimas condiciones para su reutilización también los costos evitados que hacen referencia a los costos de operación de las plantas para no generar posibles vertimientos, en cuanto a los ahorros de retraso no se tienen en cuenta debido a que la empresa no ha incurrido en estos. A pesar de que es una empresa grande y reconocida los entes de control no realizan visitas continuas por lo tanto se escoge como media la capacidad de detección.
- Factor de temporalidad (α): Los tanques tienen una capacidad de almacenamiento de una semana aproximadamente por lo tanto se estima que se generaría un vertimiento semanal.
- Grado de afectación (*i*): Se tienen en cuenta los siguientes atributos:
 - Intensidad (IN): Se escoge la ponderación de 4 porque la empresa no tiene permiso de vertimientos pero la posible agua vertida sería de agua tratada lo que podría ocasionar una desviación intermedia.

²⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2086, Por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 10 del artículo 40 de la ley 1333 del 21 de junio de 2009 y se toman otras determinaciones. Bogotá: Ministerio de ambiente y desarrollo territorial, 2010.

- Extensión (EX): Por desconocimiento de este parámetro se escoge el valor intermedio de la ponderación.
- Reversibilidad (RV): Se escoge la menor ponderación porque la posible agua vertida es tratada.
- Recuperabilidad (MC): Se escoge una ponderación de 1 por lo dicho anteriormente.
- Circunstancias agravantes y atenuantes (A): Se escoge 0,4 porque se presentan dos circunstancias agravantes la primera hace referencia a la afectación contra el recurso hídrico sobre el cual existe restricción de vertimiento y la segunda al incumplimiento parcial de las medidas preventivas. En cuanto a las atenuantes la empresa no ha tomado alguna acción.
- Costos asociados (Ca): En PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. los costos por la caracterización del agua están alrededor de 3000000.
- Capacidad socioeconómica (Cs): Al ser una persona jurídica y una empresa grande tienen un factor de ponderación de 1.

En la tabla 29 se muestra el valor de cada uno de los parámetros (Ver anexo I) para calcular el valor de la posible multa que deberá pagar PINTURAS BLER COLOMBIA S.A en caso de incurrir en esta sanción.

Tabla 29. Multa de PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. por vertimientos ilícitos.

Multa	
Beneficio ilícito	
Ingresos directos	541.351
Costos evitados	17.014.804
Ahorros de retraso	0
Capacidad de detección	0,45
21.457.522,18	
Factor de temporalidad	
Nº de días de la infracción	52
1,420	

Continuación tabla 30. Multa de PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. por vertimientos ilícitos.

Grado de afectación mensual	
IN	4
EX	1
PE	3
RV	1
MC	1
I	19
SMMLV	689.454
288.977.750	
Circunstancias agravantes y atenuantes	
Agravantes	0,4
Atenuantes	0
0,4	
Costos asociados	
Caracterización	3.000.000
Capacidad socioeconómica	
Empresa grande	1
TOTAL	
599.078.663	

En las tablas 30 y 31 se muestran los costos de inversión iniciales de la propuesta; la primera hace referencia al sistema de ahorro y manejo integral del agua y la segunda a los equipos que se recomienda adquirir para el correcto funcionamiento y control de las plantas de tratamiento y fugas. Teniendo en cuenta que los costos que implica la elaboración del tanque se especifican en la tabla 32 incluyendo la mano de obra del mismo.

Tabla 31. Costos de instalación del sistema de ahorro y manejo integral del agua.

Costos de instalación				
Medidores				
	Diámetro (in)	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)
Accesorios	1	3	285.540	856.620
	2	1	475.900	475.900
	6	1	1.039.000	1.039.000

Continuación tabla 32. Costos de instalación del sistema de ahorro y manejo integral del agua.

Cisternas				
Referencia	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)	
Prestigio	1	1.399.000	1.399.000	
Cyclone ultra	21	662.900	13.920.900	
Tuberías				
Diámetro (in)	Longitud (m).	Valor (\$/m)	Costo(\$)	
2	42	15.320	643.440	
1 ½	17,5	10.238	179.165	
1	193	4.353	840.161	
¾	7,9	3.102	24.504	
½	3,5	2.504	8.763	
Tees dobles				
Diámetro (in)	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)	
1	1	5.400	5.400	
¾	5	4.100	20.500	
Tees				
Diámetro (in)	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)	
1 ½	1	8.425	8.425	
1	1	2.486	2.486	
¾	4	1.271	5.084	
Codos				
Diámetro (in)	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)	
1 ½	1	6.957	6.957	
1	13	2.869	37.297	
¾	6	1.506	9.036	
Acoplamiento reductor				
Diámetro (in)		Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)
Mayor	Menor			
1 1/2	1	2	4.700	9.400
1	3/4	9	3.100	27.900
3/4	1/2	23	4.700	108.100
Electroválvula				
Diámetro (in)	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)	
1 ½	1	320.000	320.000	
Sensores				
Cantidad		Valor unidad (\$)	Costo(\$)	
1		180.000	180.000	

Continuación tabla 33. Costos de instalación del sistema de ahorro y manejo integral del agua.

Sistema electro neumático				
	Aparato	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)
Accesorios	Contactador (220V)	3	220.000	660.000
	Bombillo (220V)	1	15.000	15.000
Flotadores de nivel				
	Cantidad		Valor unidad (\$)	Costo(\$)
	6		90.000	540.000
Bomba sumergible tipo lapicero				
	Potencia (Hp)	Cantidad	Valor unidad (\$)	Costo(\$)
Equipos	1	2	1.200.000	2.400.000
Tanque de reserva				
			Costo (\$)	11.940.000
Mano de obra	Cantidad de obreros	Valor día de obrero	Cantidad de días	Costo(\$)
	1	22.982	60	1.378.908
Costo total de instalación (\$)				
36.418.506				

Tabla 34. Costos de inversión en adquisición de equipos.

Costos adquisición de equipos	
Equipo	Costo (\$)
pH metro	2.300.000
Turbidímetro	5.047.160
Colorímetro	353.765
Total otros costos	
	7.700.925

Tabla 35. Costos tanque reserva.

Costo tanque reserva	
Maquinaria	
Maquina	Costo (\$)
Retroexcavadora	750.000
Volqueta	690.000
Materiales	
Material	Costo (\$)
Concreto	2.750.000
Hierro	3.000.000
Pañetado	500.000
Recubrimiento	750.000
Otros	
Implemento	Costo (\$)
Formaleta	125.000
Material ciclópeo	750.000
Mano de obra	2.625.000
Costo total tanque	
11.940.000	

En la tabla 33 se dan a conocer los costos anuales de la operación de las plantas de tratamiento incluyendo sus mantenimientos y costos energéticos para asegurar el correcto funcionamiento de las mismas.

Tabla 36. Costos de operación de las plantas.

Costos de operación plantas de tratamiento de aguas			
Insumos			
Producto	Cantidad (Kg/año)	Valor (\$/Kg)	Costo (\$/año)
Sulfato de aluminio	17,33	1.252	21.697
PAC líquido	606,944	3.000	1.820.832
L 1538	1,508	14.000	21.112
NaOH en escamas	45,5	1.550	70.525
Pastillas de cloro	6	4.125	24.750
Bacterias.(Galón)	7	62.000	434.000

Continuación tabla 37. Costos de operación de las plantas.

Costo energético				
Equipo	Tiempo de operación (h/año)	Valor (\$/h-KW)	Costo (\$/año)	
Agitador	35		15.435	
Bombas dosificadoras	128	441	56.448	
Bombas sumergibles	3120		1.375.920	
Mantenimientos				
	Equipo	Periodicidad (man/año)	Valor (\$/man)	Costo (\$/año)
PTARI	Tanque de almacenamiento	2	25.000	50.000
	Clarifloculador	2	20.000	40.000
	Filtros	8	117	934
		0,5	1.800.000	900.000
PTALL	Piscinas de secado	3	2.800	8.400
	Tanque de almacenamiento	2	25.000	50.000
	Clarifloculador	2	20.000	40.000
	Filtros	6	117	700
PTARD		0,5	1.800.000	900.000
	Oxímetro	12	153.988	1.847.856
		6	169.990	1.019.940
	Fitorremediación	1	200.000	200.000
	Tanques de almacenamiento	1	45.000	45.000
	8	117	934	
	0,5	1.800.000	900.000	
Mano de obra				
Cantidad de operarios	Valor (\$/día-operario)		Cantidad (día/año)	Costo (\$/año)
1	22.982		312	7.170.322
Costo total plantas de tratamiento de aguas				
17.014.804				

En la tabla 34 se presenta una comparación de las materias primas por tratamiento de la PTARI utilizadas actualmente en la empresa y las que se proponen en este proyecto.

Tabla 38. Comparación de materias primas de la PTARI.

Antes de propuesta			
Productos	Cantidad (kg)	Valor (\$/kg)	Costo (\$)
Sulfato de aluminio	9	1.250	11.250
Policloruro de aluminio	5	2.800	14.000
Soda Caustica	2	1.550	3.100
TOTAL			28.350
Después de propuesta			
Productos	Cantidad (kg)	Valor (\$/kg)	Costo (\$)
Policloruro de aluminio (líquido)	11,67	3.000	35.016
Floculante (L-1538)	0,03	14.000	409
Soda Caustica	0,06	1.550	91
TOTAL			35.515

A pesar de que los productos propuestos superan en \$7165 a los utilizados actualmente en la empresa permiten obtener el agua con las características adecuadas para ejecutar el sistema de ahorro y manejo integral del agua con lo cual la empresa ahorrara consumo de agua potable.

En la tabla 35 se presenta un resumen de los costos y beneficios de la propuesta teniendo en cuenta que el beneficio por consumo es la diferencia del consumo actual y el consumo posterior a la implementación de la propuesta planteada en este proyecto.

Tabla 39. Evaluación de costos.

Beneficios	
Consumo	541.351
Multa	599.078.663
599.620.013	
Costos	
Instalación	36.418.506
Adquisición de equipos	7.700.925
Operación	17.014.804
61.134.235	
Ganancia total	
538.485.778	

Si se tiene en cuenta solamente el valor de la inversión es un costo elevado en comparación al ahorro que generará la disminución en el consumo de agua potable equivalente al 24% anual; pero no se compara con el valor de la multa que deberá pagar PINTURAS BLER COLOMBIA S.A. por posibles vertimientos. Es este punto lo que hace viable y relevante la implementación de la propuesta.

6. CONCLUSIONES

- Por medio del diagnóstico realizado se encontró falencias en el proceso, estas se evidenciaban en el incumplimiento de las especificaciones de la empresa por los altos índices de turbiedad de la PTARI y la presencia de microorganismos en el agua tratada de la PTALL y la PTARI; además se demostró el buen funcionamiento de la PTARD siendo esta la única de las tres plantas que cumple con las especificaciones para la que fue diseñada.
- Se establecieron las condiciones de operación, mantenimiento y control del tratamiento de las tres plantas, incluyendo las dosificaciones del proceso de clarificación y desinfección de la PTARI que se encontraron por medio de la experimentación en un test de jarras y la realización de una curva de demanda de cloro respectivamente; de igual manera se utilizó el ultimo procedimiento para determinar la dosis adecuada de cloro de la PTALL.
- Se planteó una propuesta integral que permite aprovechar al máximo el recurso hídrico por medio de la reutilización y reciclaje del agua tratada en esta no se modifican las formulaciones y calidad del producto.
- Se evaluaron los costos que implica la implementación de la propuesta y se determinó su elevado costo de inversión que no supe los beneficios ambientales y de imagen que a largo plazo le generaran beneficios económicos a la empresa.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio enfocado a la PTARD en el que se propongan procesos siguientes a la desinfección para eliminar trihalometanos y purificar el agua a tal grado que se pueda conectar a la red propuesta y de esta manera suplir en totalidad el consumo de agua potable para las cisternas.
- Asignar un operario permanente que se encargue del manejo de las plantas de tratamiento, incluyendo sus pruebas de control para asegurar su correcto funcionamiento.
- Asignar una persona capacitada para afrontar los posibles problemas que presenten las plantas por cambios en sus características y/o funcionamiento.
- Implementar en la salida del bioreactor un filtro de membrana que disminuya el paso de sólidos finos al proceso de fitorremediación y de esta manera evite su taponamiento y mal funcionamiento generado por la acumulación de los mismos en la tubería de irrigación.

BIBLIOGRAFIA.

ABRAMOVICH. LURA. CARRERA. GILLI. HAYE. Acción de distintos coagulantes para la eliminación de *Cryptosporidium spp.* En el proceso de potabilización del agua. Revista virtual pro [en línea]. 2004 [5 de Marzo de 2016]. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com.ez.uamerica.edu.co/descarga/accion-de-distintos-coagulantes-para-la-eliminacion-de-cryptosporidium-spp-en-el-proceso-de-potabilizacion-del-agua>.

ABRIL G, Rubén Darío. Plan de ahorro y uso eficiente del agua en curti pieles y servicios San Gil. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2011, 128. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

AVILA A, Nazly Valentina. TENJO R, Martha Natalia. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento a la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR de la empresa Recticar. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2014, 133. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

BAUTISTA T, Deissy Johanna. NIETO Z, Duvan Ernesto. Desarrollo de la propuesta para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa extrucciones Schuller Ltda. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2011, 185. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

BUITRAGO G, Laura Andrea. Propuesta para el ahorro de agua en el proceso de producción en una planta de helados. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2015, 96. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

CAR. Guía de planeación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA [En línea] Consultado en Enero 31 de 2016. Disponible en: https://www.car.gov.co/pueaa/cartillas_PUEAA/cartilla_sector_productivo.pdf.

CARBONELL C, Jordi. Pinturas y Barnices: Tecnología básica [en línea]. Díaz de santos. España. Consultado en Mayo 13 de 2016. Disponible en: <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788499697703.pdf>.

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA. Ahorro y uso eficiente del agua. [en línea] Consultado en Febrero 13 de 2016. Disponible en: <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/catalogo/Catalogo%20ID32.pdf>.

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA. Guía de ahorro y uso eficiente del agua. [en línea] Consultado en Febrero 13 de 2016. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/ahorroguia.pdf>.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE DIVISIÓN DE SALUD Y AMBIENTE. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Manual de capacitación para operadores. [en línea]. Lima 2002. Consultado en Noviembre 18 de 2015. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20\(cepis\)\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20(cepis)(2).pdf).

COGOLLO F, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso de hidroxiclورو de aluminio [en línea]. Consultado en Marzo 15 de 2016. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5419/1/juanmiguelcogollo.2011.pdf>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594, Uso del agua y residuos líquidos, Bogotá, Ministerio de agricultura, 1984.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2086, Por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 10 del artículo 40 de la ley 1333 del 21 de junio de 2009 y se toman otras determinaciones. Bogotá: Ministerio de ambiente y desarrollo territorial, 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: Ministerio de protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón [en línea]. Consultado en Febrero 12 de 2016. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGAPDS-3-13.pdf>.

CORDOBA L, Ana María. Plan de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico para la empresa Grafiq Editores S.A.S. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2013, 167. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

DAVALOS, Joel. LOMELI, Melsesio. LOPEZ, Fernando. SAHAGUN, Araceli. MORALES, Juan. MEDINA, Pedro. SANCHEZ, Carmen. Screening fitoquímico y capacidad antiinflamatoria de hojas de *Tithonia Tubaeformis*. En: Revista de ciencias biológicas y de la salud [en línea]. V. 15, No 2, (2013). Disponible en: <http://www.biocetecnia.uson.mx/revistas/articulos/23-Articulo%209%20Biocetecnia%20XV%202.pdf>. [Consultado en Mayo 15 de 2016].

DIAZ, Angélica. HERNÁNDEZ, Nathalie. MUÑOZ, Diana. OLAYA, Wilmar. PERILLA Carolina. SANCHEZ, Federico. SANCHEZ, Karen. Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. [en línea]. Junio de 2009. Consultado Noviembre 3 de 2015. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/esju/v11n1/v11n1a5.0124-0579>.

DUARTE L, Diana Paola. Echeverri G, Claudia Patricia. Propuesta de mejoramiento del tratamiento de aguas residuales generadas en las refinación de aceite en Procesadora de Oleaginosas Alvarado Ltda. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2010, 192. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

DUITAMA A, Erika Tatiana. PUERTO T, Jonathan. Plan de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico en biochem Farmacéutica de Colombia S.A. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2012, 143. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

ESPIGARES G, Mario. PEREZ L, Juan. Aguas residuales composición [en línea]. Consultado en Noviembre 17 de 2015. Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf.

GAITAN M, Diana Patricia. GONZALES G, Nancy Jannethe. Diseño del programa de ahorro y uso eficiente del agua para una empresa de bebidas no alcohólicas. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2007, 233. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

GEORGE T, Austin. ESPINOZA R, Matilde Eva. GUERRA M, Celia. SANCHEZ H, Juan. VIESCA M, Ricardo. Manual de procesos químicos en la industria. 5^{ta} edición. México: Mc Graw - Hill, 1988.

GONZALEZ C, Camila Alejandra. GOMEZ L, Ricardo. Propuesta para la rehabilitación de la planta de potabilización de agua subterránea en productos

Alimenticios Doria S. A. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2009, 280. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

GONZALEZ L. Gladys. Microbiología del agua. Conceptos y aplicaciones. Bogotá, Escuela colombiana de ingeniería, 2012, 412.

HERNANDEZ P, Yenny Paulina. Mejoramiento del sistema de aguas residuales en una planta de productos de caucho. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2009, 122. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

HONDUPALMA. Uso eficiente del agua. Tegucigalpa, Comunica, 2011.

HOOF V, Bart. MONROY, Néstor. SAER, Alex. Producción más limpia paradigma de gestión ambiental. Bogotá: Alfaomega universidad de los Andes, 2008, 280.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Directrices para el diseño de programas de muestreo. Bogotá: ICONTEC. (NTC.ISO 5667-1).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El instituto, 2008. 110 p.

----- Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: El instituto, 2008. 45 p.

----- Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: El instituto, 1998. 33 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA DE ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio nacional del agua [en línea]. Consultado en Noviembre 13 de 2015. Disponible en: http://www.engr.colostate.edu/~neilg/ce_old/projects/Colombia/Colombia/cd1_files/spanish/12%20ena%20IDEAM%20study.pdf.

JAIMES C, Karen Lorena. GUTIERREZ M, Catalina María. Propuesta para el mejoramiento de la etapa de clarificación en la PTAR El salitre. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2011, 256. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

LABRACES C, Eulfo S. Evaluación del proceso coagulación – floculación a partir de sulfato de aluminio preparado utilizando envases reciclados del metal y aluminio modificado en la potabilización de aguas. Bucaramanga, 2007, 73. Monografía (Especialista en química ambiental). Universidad industrial de Santander. Facultad de ciencias. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la universidad industrial de Santander: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7053/2/124931.pdf>.

LEE D, Wilson. Un vistazo a la tecnología de coagulación – floculación [en línea]. Consultado en Marzo 20 de 2016. Disponible en: http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/V14_N4_Agua_Wilson.pdf.

MARTINEZ C, Adriana. RUBIOS B, Diana Concepción. Análisis de las variables que intervienen en el proceso de coagulación, floculación y sedimentación de la planta de tratamiento El Dorado. E.A.A.B, ESP. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2007, 178. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

MINISTERIO DE AMBIENTE. Uso eficiente y ahorro del agua [en línea]. Consultado en Noviembre 20 de 2015. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1935-uso-eficiente-y-ahorro-del-agua>.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía de ahorro y uso eficiente del agua. Medellín. Clave, 2002.

MONTAÑO M, Camilo Andrés. ORDOÑEZ D, Lilian Marcela. Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales industriales para la reutilización de la mezcla de solventes y agua en la planta de pinturas Químicas Cosmos Ltda. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2006, 222. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

MURILLO C, Diana Marcela. Análisis de la influencia de dos materias primas coagulante en el aluminio residual del agua tratada [en línea]. Consultado en Febrero 9 de 2016. Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2081/1/628161M977.pdf>.

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. ONUDI - Manual de Producción más Limpia [en línea] Consultado en

Febrero 4 de 2016. Disponible en:
https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Introduction/Toolkit.pdf.

OVIEDO M, Juliette Andrea. Evaluación y optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales, (domésticas e industriales) del Campo Payoa perteneciente al contrato Carare Las Monas de la compañía Petrosantander. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2005, 205. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

PARRADO Z, Anny Katherine. MORENO B, Ricardo. Evaluación al diseño y operación del sistema de tratamiento de aguas residuales de los municipios de La Calera y Zipaquirá en la jurisdicción de la CAR. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2005, 340. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PINTURAS. Revista virtual pro [en línea]. Secretaria distrital de ambiente, 2010 [5 de Diciembre de 2015]. Disponible en:
<http://www.revistavirtualpro.com.ez.uamerica.edu.co/descarga/produccion-mas-limpia-en-el-proceso-de-fabricacion-de-pinturas>.

PULGARIN G, Natalia. Desarrollo de un modelo de gestión sostenible del agua: microcuenca la bermejala MEDELLIN, COLOMBIA. Barcelona, 2011, 80. Tesina de Máster (Máster Oficial en Sostenibilidad). Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en: upcommons.upc.edu/.../Pulgarin-%20Natalia%20-%20desarrollo%20de%20un%20m.

RAMIREZ Q, Felipe, La coagulación – floculación en el proceso de tratamiento [en línea]. Consultado en Mayo 14 de 2016. Disponible en:
<http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion.htm>.

RIGOLA L, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales [en línea]. Marcombo S.A. España. Consultado en Noviembre 10 de 2015. Disponible en:
https://books.google.es/books?id=fQcXUq9WFC8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

ROBAYO G, Nadia Angélica. RODRIGUEZ M, William Javier. Alternativas para el re-uso del vertimiento de aguas generadas de la planta de tratamiento de aguas residuales en el Condominio Hacienda La Estancia. Fundación Universidad de

América. Bogotá, 2006, 177. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

RODRIGUEZ C, Diego Alejandro. RODRIGUEZ Q, Alejandro Edison. VILLARREAL E, Jose Erwin. Plan de ahorro y uso eficiente del agua en la línea de Galvanotecnia de Cerracol S. A. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2009, 134. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

RODRIGUEZ D, Angela Patricia. SIERRA B, Diego Mauricio. Propuesta para la reutilización del agua residual proveniente del proceso de teñido de telas de la industria Colortex S.A. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2010, 128. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

ROMERO D, Jorge Eduardo. ZARATE G, Mónica del Pilar. Plan de mejoramiento para la planta de aguas residuales de un laboratorio farmacéutico. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2002, 104. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

ROMERO Q, Andrés Eduardo. Evaluación del sistema de tratamiento del Acueducto Acualcos. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2005, 252. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

ROMERO R, Jairo Alberto. Calidad del agua. 3^{ra} edición. Bogotá: Escuela colombiana de ingenierías, 2009, 484.

ROMERO R, Jairo Alberto. Purificación del agua. 2^{da} edición. Bogotá: Escuela colombiana de ingenierías, 2006, 473.

ROMERO R, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño. 3^{ra} edición. Bogotá: Escuela colombiana de ingenierías, 2008, 1248.

ROTGER, Rafael. Microbiología sanitaria. Madrid. Sintesis, 1997, 752.

SANCHEZ D, Johan Sebastián. VILLEGAS H, Lina Alejandra. Propuesta del programa de ahorro y uso eficiente del agua (AYUEDA) a FARMACOOOP. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2010, 203. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

SASTOQUE S, Isabel María. USCATEGUI D, Lida Marcela. Mejoramiento de las etapas de coagulación y floculación en el proceso de tratamiento de agua potable en la planta Tibitoc. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2003, 90. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

TOWARD ZERO WASTE PRODUCTION IN THE PAINT INDUSTRY. Revista virtual pro [en línea]. South Africa Water Research Commission, 2004 [7 de Septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com.ez.uamerica.edu.co/descarga/hacia-la-produccion-de-cero-residuos-en-la-industria-de-pinturas>.

TRIHALOMETANOS EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO. Red de revistas científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal [en línea]. Pamplona. 2011. Consultado en Abril 3 de 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91922431001>.

TRUJILLO M, Judith. Evaluación del ácido peracético, radiación ultravioleta y cloro para la desinfección de una fuente no convencional de agua. México, 2006, 125. Tesis (Maestra en ingeniería ambiental y aguas). Universidad nacional autónoma de México. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1590/TRUJILLOMACHADO.pdf?sequence=1>.

VARGAS N, Carlos Eduardo. Diseño de alternativas para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico de Protabaco S.A. en su planta de Bosa. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2005, 267. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

VARGAS O, Cristian Camilo. UÑATE F, Darío Andrés. Ingeniería básica de la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa Lácteos Santa Lucia. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2006, 152. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

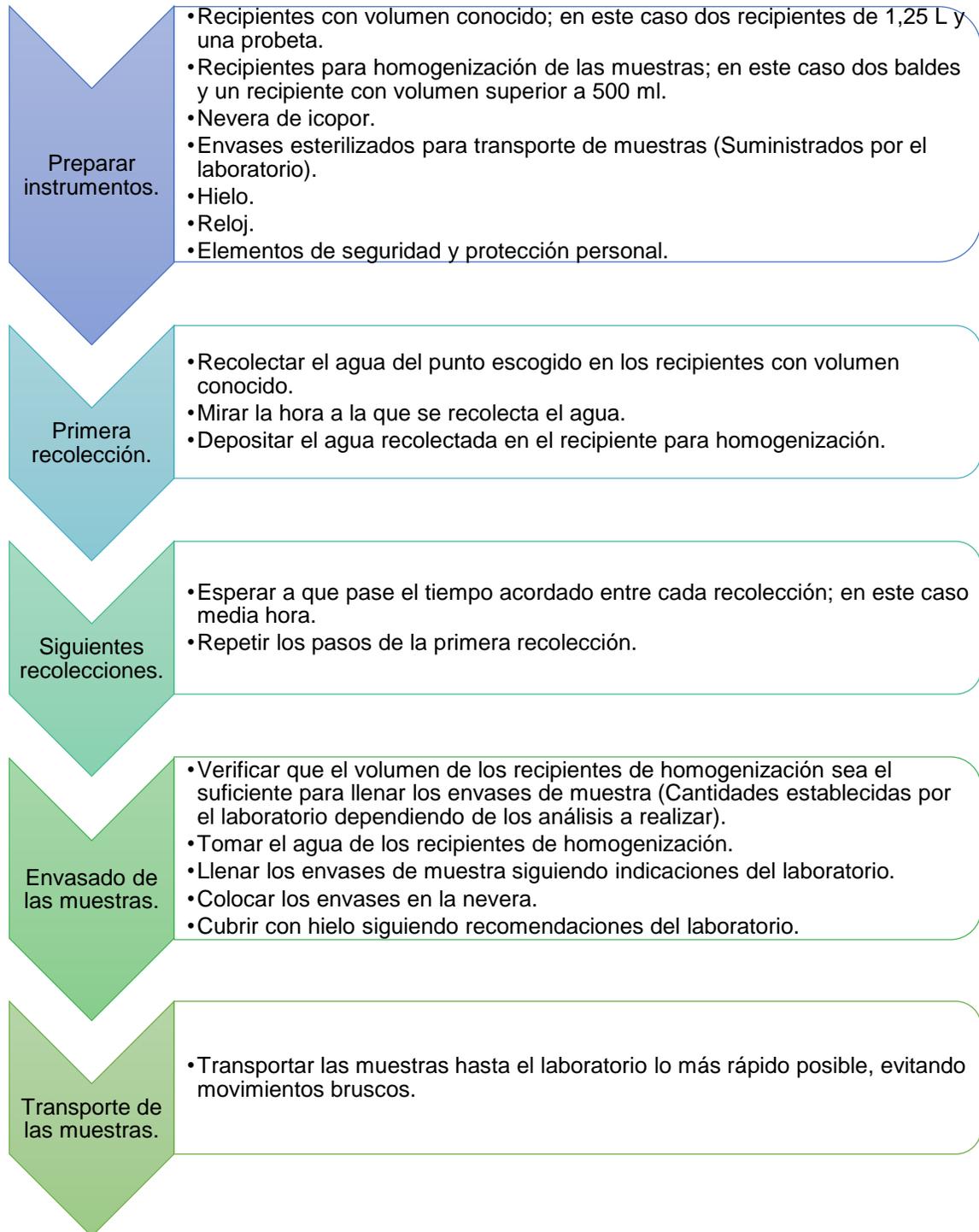
VARGAZ L, Adriana Elizabeth. TRUJILLO B, Mario Alejandro. Determinación de las condiciones adecuadas de operación y dosificación de insumos de la planta Galán de la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Zipaquirá empresa de servicios públicos EAAZ ESP. Fundación Universidad de América. Bogotá, 2007,

222. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América.
Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.

ANEXOS

ANEXO A MUESTREO

Diagrama de muestreo.



**ANEXO B
RESULTADOS LABORATORIO ANTEK S.A.**



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-11070-15

Bogota D.C., Diciembre 5 de 2015

Página 3 de 4

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
CASTRO MURCIA MARIA CAMILA MARIA CAMILA CASTRO MURCIA CALLE 149 NUMERO 117-06 3005853 mkkm9-4@hotmail.com		PRODUCTO/MATRIZ: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL MUESTREO A CARGO DE: CLIENTE PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.E. PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: N.E. IDENTIFICACION DE MONITOREO: N.A. NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 6 LUGAR DE MUESTREO: PINTURAS BLER- SIBERIA - CUNDINAMARCA TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO	
FECHA DE MUESTREO: 2015-11-25		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-11-25	
		FECHA DE ANALISIS: 2015-11-25 AL 2015-12-05	
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80			

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	ENTRADA INDUSTRIAL		SALIDA INDUSTRIAL		LIMITES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA	
				ANTEK 157958	ANTEK 157959	Art. 72	Art. 74		
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACION POR MEMBRANA	SM 9222 B - NTC 4772: 2008	280000	120	N.E.	N.E.		
COLIFORMES FECALES	UFC/100 mL	FILTRACION POR MEMBRANA	SM 9222 D NTC 4772: 2008	210 000	70	N.E.	N.E.		
E.COLI	UFC/100mL	FILTRACION POR MEMBRANA - SUSTRATO CROMOGENICO	SM 9222 D - NTC 4772: 2008	190 000	68	N.E.	N.E.		
HETEROTROFOS VIABLES (MESOFILOS)	UFC/mL	RECUESTO EN PLACA	SM 9215 B	15 000	36	N.E.	N.E.		

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-11070-15

Bogota D.C., Diciembre 5 de 2015

Página 4 de 4

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
CASTRO MURCIA MARIA CAMILA MARIA CAMILA CASTRO MURCIA CALLE 149 NUMERO 117-06 3005853 mkkm9-4@hotmail.com	PRODUCTO/MATRIZ: MUESTREO A CARGO DE: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: IDENTIFICACION DE MONITOREO: NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: LUGAR DE MUESTREO: TIPO DE MUESTREO:	AGUAS LLUVIAS CLIENTE N.E. N.E. N.A. 6 PINTURAS BLER- SIBERIA - CUNDINAMARCA COMPUESTO
FECHA DE MUESTREO: 2015-11-25	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-11-25	FECHA DE ANALISIS: 2015-11-25 AL 2015-12-05
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80		

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	ENTRADA LLUVIAS	SALIDA LLUVIAS
				ANTEK 157960	ANTEK 157961
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACION POR MEMBRANA	SM 9222 B - NTC 4772: 2008	3 000	1 500
COLIFORMES FECALES	UFC/100 mL	FILTRACION POR MEMBRANA	SM 9222 D NTC 4772: 2008	250	350
E.COLI	UFC/100mL	FILTRACION POR MEMBRANA - SISTRATO CROMOGENICO	SM 9222 D - NTC 4772: 2008	170	310
HETEROTROFOS VIABLES (MESOFILOS)	UFC/mL	RECUESTO EN PLACA	SM 9215 B	94	49

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-11070-15

Bogota D.C., Diciembre 5 de 2015

Página 1 de 4

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
CASTRO MURCIA MARIA CAMILA MARIA CAMILA CASTRO MURCIA CALLE 149 NUMERO 117-08 3005853 mikm9-4@hotmail.com		PRODUCTO/MATRIZ: AGUA RESIDUAL DOMESTICA MUESTREO A CARGO DE: CLIENTE PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.E. PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: N.E. IDENTIFICACION DE MONITOREO: N.A. NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 6 LUGAR DE MUESTREO: PINTURAS BLER- SIBERIA - CUNDINAMARCA TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO	
FECHA DE MUESTREO: 2015-11-25		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-11-25	
		FECHA DE ANALISIS: 2015-11-25 AL 2015-12-05	
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80			

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	ENTRADA DOMESTICA	SALIDA DOMESTICA	LIMITES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA	
				ANTEK 157956	ANTEK 157957	Art. 72	Art. 74
FLUORUROS	mg/L	ELECTRODO ION SELECTIVO	SM 4500 F - SM 4500 C	0,149	0,158	N.E.	N.E.
PLOMO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,052	<0,052	N.E.	0,5
CADMIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,015	<0,015	N.E.	0,1
ARSENICO	mg/L	E.A.A.E.	SM 3030 E - SM 3113 B	0,000 55	0,000 53	N.E.	0,5
COBALTO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,048	<0,048	N.E.	N.E.
COBRE	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,055	<0,055	N.E.	3,0
CROMO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	<0,109	<0,109	N.E.	N.E.
NIQUEL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,085	<0,085	N.E.	2,0
ZINC	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,014	0,268	N.E.	N.E.
ALUMINIO	mg/L	I.C.P.	SM 3030 E - SM 3120 B	13,2	0,480	N.E.	N.E.
BERILIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	<0,011	<0,011	N.E.	N.E.
BORO	mg/L	COLORIMETRICO CURCUMINA	SM 4500-B B	<0,137	<0,137	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	1,48	0,786	N.E.	N.E.
LITIO	mg/L	E.E.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,021	<0,021	N.E.	N.E.
MANGANESO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,079	<0,079	N.E.	N.E.

N.E.: NO ESTABLECIDO N.A.: NO APLICA E.A.A.: ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA E.A.A.E.: ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA ELECTROTÉRMICA I.C.P.: PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE

ISO 9001:2015

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-11070-15

Bogota D.C., Diciembre 5 de 2015

Pagina 2 de 4

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
CASTRO MURCIA MARIA CAMILA MARIA CAMILA CASTRO MURCIA CALLE 149 NUMERO 117-06 3005853 mkkm9-4@hotmail.com	PRODUCTO/MATRIZ: AGUA RESIDUAL DOMESTICA MUESTREO A CARGO DE: CLIENTE PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.E. PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: N.E. IDENTIFICACION DE MONITOREO: N.A. NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 6 LUGAR DE MUESTREO: PINTURAS BLER- SIBERIA - CUNDINAMARCA TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO	
FECHA DE MUESTREO: 2015-11-25	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-11-25	FECHA DE ANALISIS: 2015-11-25 AL 2015-12-05
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80		

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	ENTRADA DOMESTICA	SALIDA DOMESTICA	LIMITES DECRETO 1594/84 MIN. DE SALUD Y MIN. DE AGRICULTURA	
				ANTEK 157956	ANTEK 157957	Art. 72	Art. 74
SELENIO	mg/L	E.A.A.E.	SM 3030 E - SM 3113 B	0,000 25	0,000 24	N.E.	0,5
VANADIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	0,05	0,05	N.E.	N.E.
MOLIBDENO	mg/L	I.C.P.	SM 3030 E - SM 3120 B	0,005	0,005	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACION POR MEMBRANA	SM 9222 B - NTC 4772: 2008	7 800 000	560 000	N.E.	N.E.
COLIFORMES FECALES	UFC/100 mL	FILTRACION POR MEMBRANA	SM 9222 D NTC 4772: 2008	4 700 000	310 000	N.E.	N.E.
E.COLI	UFC/100mL	FILTRACION POR MEMBRANA - SUSTRATO CROMOGENICO	SM 9222 D - NTC 4772: 2008	4 300 000	280 000	N.E.	N.E.
HETEROTROFOS VIABLES (MESOFILOS)	UFC/mL	RECUESTO EN PLACA	SM 9215 B	180 000	40 000	N.E.	N.E.

ANEXO C CÁLCULOS BALANCE HÍDRICO

En este anexo se muestra el cálculo para determinar los caudales máximos de entrada y salida de agua en pinturas Bler Colombia S.A ya que la empresa no cuenta con los suficientes contadores para hacer el balance en base a los mismos. Para el cálculo de algunos caudales se utiliza el método volumétrico de aforo de caudal el cual consiste en medir el tiempo de llenado de un recipiente con volumen conocido; en este caso un galón; repitiendo el procedimiento y promediando los resultados obtenidos.

- Acueducto: Se toma un promedio de los recibos.

Consumo de agua mensual en PINTURAS BLER.

Mes.	Consumo de agua (m ³ /mes).	Consumo de agua (m ³ /día).
nov-14	296	9,86666667
dic-14	325	10,483871
ene-15	194	6,25806452
feb-15	243	8,67857143
mar-15	282	9,09677419
abr-15	218	7,26666667
may-15	228	7,35483871
jun-15	225	7,5
jul-15	282	9,09677419
ago-15	294	9,48387097
sep-15	310	10,33333333
oct-15	317	10,2258065
Promedio.	267,833333	8,80376984

- Agua lluvia: Se realiza un promedio de las precipitaciones informadas por la CAR en la estación de Santa Inés la cual es la más cercana a la zona industrial de Siberia donde se encuentra la empresa y este resultado se lo multiplicó por el área de recolección dato suministrado por la empresa.

Precipitaciones mensuales.

Año.	Mes.	Precipitación (L/m ² -mes).	Precipitación (m ³ /día).
2015	Ene.	31,2	5,533470968
	Feb.	13,4	2,631185714
	Mar.	22,6	4,008219355
	Abr.	67,7	12,40715333
	May.	2,2	0,390180645
	Jun.	25,2	4,61832
	Jul.	45,8	8,122851613
	Ago.	18,5	3,281064516
	Sep.	26,5	4,856566667
	Oct.	23,6	4,185574194
2014	Nov.	129,9	23,80634
	Dic.	93,8	16,63588387
Promedio.		41,7	7,53973424
Área de recolección (m ²).		5498	

- Zona administrativa: Se emplea la siguiente ecuación encontrada en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico²⁸ para determinar el consumo de dicha zona:

Cálculo del consumo de agua en la zona administrativa.

$$Q_2 = Q_{11} + Q_5$$

Donde:

Q_{11} : Agua proveniente del laboratorio equivale a 0,01 m³/día debido a que el tanque de recolección (0,12 m³) se llena en promedio cada 10 días.

Q_5 : Equivale al agua destinada al uso de baños y cocinas de la empresa.

$$Q_5 = Q_{1,m\acute{a}x} = \frac{P * D}{86400}$$

$Q_{1,m\acute{a}x}$: Caudal máximo de cada elemento. (l/s)

P: Número de empleados.

²⁸ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 [en línea]. Consultado en Enero 20 de 2016. Disponible en: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf.

D: Dotación. (l/trabajador/día) (Parámetro obtenido del código colombiano de fontanería.²⁹)

Muestra de cálculo del consumo de agua en la zona administrativa.

$$Q_{1,m\acute{a}x} = \frac{P * D * \frac{1m^3}{1000l}}{86400 * \frac{1h}{3600s} * \frac{1d\acute{a}a}{8horas}}$$

Resultado del cálculo del caudal máximo diario.

Variable.	Valor.
P	110
D	80
Q _{1,máx} (l/día)	0,038194
Q _{1,máx} (m ³ /día)	2,93

- Planta de producción: En esta se incluye el agua contenida en el producto y el agua utilizada para el lavado de los tanques de producción. Se utiliza la siguiente ecuación para determinar su consumo.

Cálculo del consumo de agua en la planta de producción.

$$Q_2 = \text{acueducto} - Q_1 - Q_3$$

- Retro lavados: Se mide el caudal cada vez que el operario realice el retro lavado por un mes teniendo en cuenta la duración de los mismos, se calcula el promedio por planta y por último se suma el consumo de las tres plantas.

Consumo de agua en los retro lavados de la PTARI.

PTARI			
Toma.	Tiempo (min).	Volumen de agua (m ³).	Caudal (m ³ /día).
1	5	0,00017361	5,00E-02
2	4	0,000138888	5,00E-02
3	4,5	0,000156249	5,00E-02
4	5,2	0,000180554	5,00E-02
Promedio.	4,675	0,000162325	0,04999968

²⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Código Colombiano de fontanería (NTC.1500).

Consumo de agua en los retro lavados de la PTALL.

PTALL			
Toma	Tiempo (min)	Volumen de agua. (m ³)	Caudal (m ³ /día)
1	2	0,00017361	5,00E-02
2	3	0,00010417	5,00E-02
3	2,5	8,68E-05	5,00E-02
4	2,9	0,00010069	5,00E-02
Promedio.	2,6	0,00011632	0,05

Consumo de agua en los retro lavados de la PTARD.

PTARD			
Toma	Tiempo (min)	Volumen de agua. (m ³)	Caudal (m ³ /día)
1	8	0,00017361	5,00E-02
2	8,3	0,00028819	5,00E-02
3	7	0,00024305	5,00E-02
4	7,5	0,00026042	5,00E-02
5	8,1	0,00028125	5,00E-02
6	6	0,00020833	5,00E-02
7	6,9	0,00023958	5,00E-02
8	7,8	0,00027083	5,00E-02
Promedio.	7,7	0,00024132	0,04999968

- Producto: De acuerdo a la información proporcionada por la empresa se realiza un promedio del agua utilizada para producir pinturas base agua en m³/día teniendo en cuenta que la densidad del agua es 1000Kg/m³.

Consumo de agua utilizado en la elaboración de pinturas tipo vinilo.

Mes	Consumo de agua (Kg/mes)	Consumo de agua (m ³ /día)
Nov.	270099	9,0033
Dic.	204346	6,591806452
Ene.	140528	4,53316129
Feb.	159332	5,690428571
Mar.	110792	3,573935484
Abr.	112150	3,738333333
May.	156576	5,05083871
Jun.	88650	2,955
Jul.	234115	7,552096774
Ago.	176601	5,696806452
Sep.	260526	8,6842
Oct.	142559	4,598677419
Promedio.	171356,167	5,639048707

- Entrada PTARI: De acuerdo a la información proporcionada por la empresa se realiza un promedio del agua utilizada en el lavado de los tanques de producción para producir pinturas base agua en m³/día teniendo en cuenta que la densidad del agua es 1003Kg/m³.

Consumo de agua en el lavado de los tanques de producción.

Mes	Consumo de agua (Kg/mes)	Consumo de agua (m ³ /día)
Ene.	1727,4	0,055555913
Feb.	2895,1	0,103087167
Mar.	1801,6	0,057942302
Abr.	1503,2	0,049956796
May.	1697	0,054578201
Jun.	1863,5	0,061930874
Jul.	2757,55	0,088687164
Ago.	2193,2	0,070536777
Sep.	3174,9	0,10551346
Oct.	2465,6	0,079297591
Promedio.	2207,905	0,072708625

Se hace una recirculación del agua proveniente del secado de los lodos al tanque de la entrada de la PTARI; se mide el caudal de esta por un mes y se hace un promedio.

Caudal recirculado proveniente del secado de los lodos de la PTARI.

Toma.	Caudal (m ³ /día)
1	0,01
2	0,011
3	0,009
4	0,012
Promedio	0,0105

A esta planta también ingresa el agua gastada en el lavado de elementos del laboratorio de investigación y desarrollo (Q₅).

Se utiliza la siguiente ecuación para calcular Q₆

Cálculo del caudal de entrada de la PRTAI.

$$Q_6 = 0,07 + 0,01 + 0,01 = 0,09$$

- Entrada PTARD: Durante una semana se mide el volumen del tanque de almacenamiento teniendo en cuenta los tiempos de activación de la bomba y se calcula el promedio.

Tiempos de activación de la bomba del tanque de almacenamiento de la PTARD.

Toma	Especificación.	Hora.	Caudal.	Tiempo (Día)
1	Inicio de jornada.	7:30	Q mañana. (m ³ /día)	0,5
2	Antes de la hora de almuerzo.	11:30		
3	Después de activación de la bomba.	2:30	Q tarde. (m ³ /día)	0,25
4	Fin de jornada.	4:30		

Caudales de entrada a la PTARD.

Día	V mañana (m ³)	V tarde (m ³)	Q mañana. (m ³ /día)	Q tarde. (m ³ /día)	Promedio.
1	1,39	0,76	2,78	3,04	2,91
2	1,45	0,65	2,9	2,6	2,75
3	1,48	0,72	2,96	2,88	2,92
4	1,46	0,78	2,92	3,12	3,02
5	1,42	0,77	2,84	3,08	2,96
Promedio.					2,912

- Salida PTARD: Teniendo en cuenta que la bomba sumergible de nivel del tanque pulmón arroja un caudal constante hacia el tanque de almacenamiento de agua tratada, se mide el volumen del tanque pulmón como el procedimiento anterior.

Caudales de salida de la PTARD.

Día	V mañana (m ³)	V tarde (m ³)	Q mañana. (m ³ /día)	Q tarde. (m ³ /día)	Promedio.
1	1,49	0,75	2,98	3	2,99
2	1,5	0,73	3	2,92	2,96
3	1,46	0,74	2,92	2,96	2,94
4	1,48	0,72	2,96	2,88	2,92
5	1,51	0,75	3,02	3	3,01
Promedio.					2,964

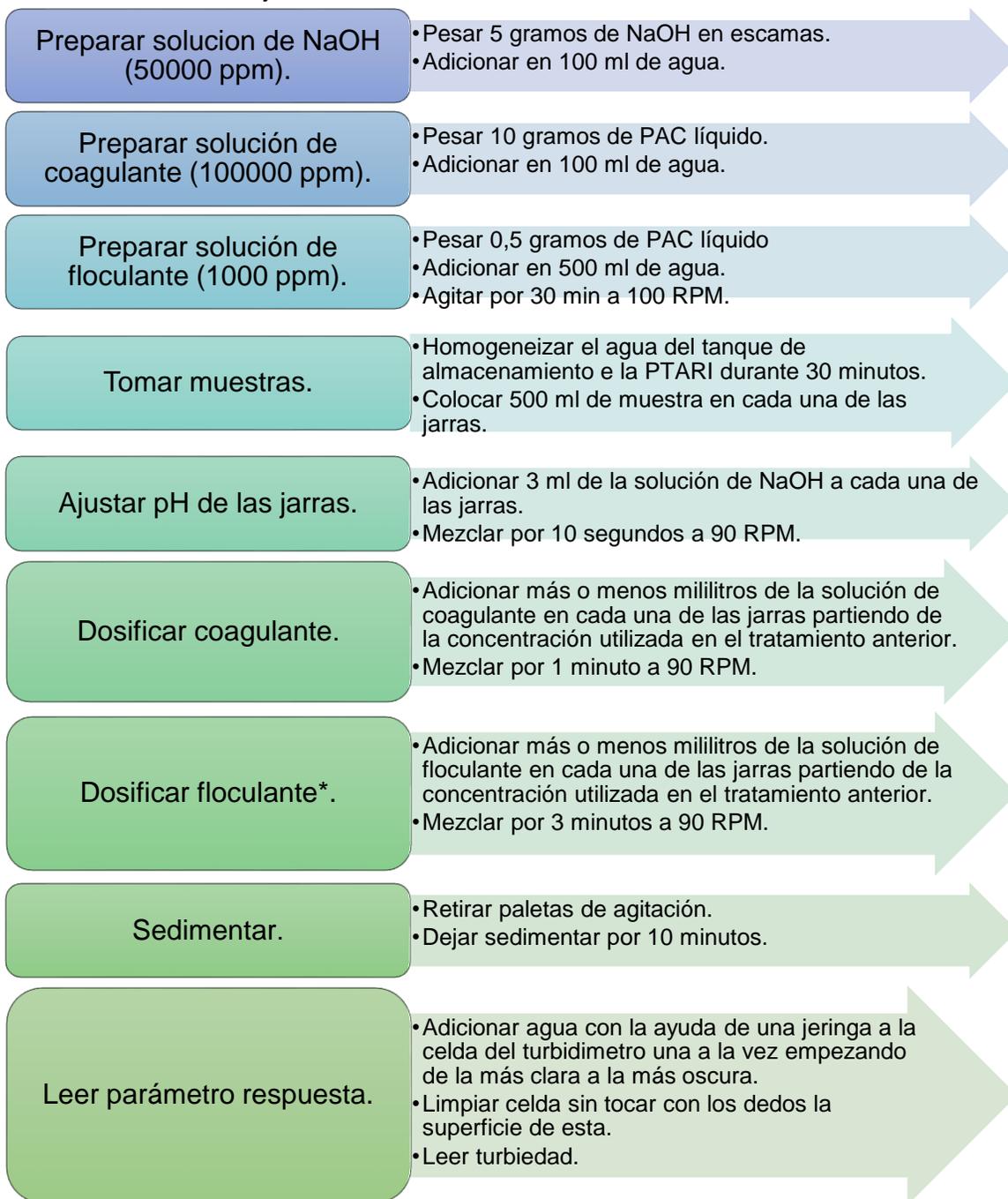
- Salida PTARI: Se mide el volumen del tanque de almacenamiento de agua tratada y el tiempo de descarga del tanque pulmón y se hace un promedio.

Caudales de salida de la PTARI.

Toma.	Caudal (m ³ /día).
1	0,136
2	0,134
3	0,133
4	0,135
Promedio.	0,134

ANEXO D. TEST DE JARRAS.

Proceso del test de jarras.



*Se recomienda dejar la concentración establecida en este documento.

ANEXO E
CONTROL AL PROCESO.

Control al proceso de la PTARI.

Control al proceso PTARI.
Etapa I. Test de Jarras.
Seguir los pasos del anexo D.
Etapa II. Preparación de soluciones.
Ingresar los mililitros adicionados en la experimentación realizada en el laboratorio a la plantilla del anexo H.
Preparar las soluciones de coagulante, floculante y NaOH en recipientes independientes de acuerdo a las cantidades de la plantilla.
Etapa III. Floculación y sedimentación.
Verificar que las mangueras de cada uno de los recipientes de producto químico se encuentren bien ubicadas dentro de los mismos.
Verificar que la válvula de paso de lodos del tanque de floculación a las eras de secado este cerrada, al igual que la válvula de paso del tanque de floculación al tanque pulmón.
Abrir la válvula de paso del tanque de almacenamiento de agua cruda hacia el tanque de floculación.
Accionar el botón de control sea automático y/o manual
Accionar la parada de emergencia de la PTAR Industrial solo en caso de emergencia
Verificar en el Tablero eléctrico que el Control general de las PTAR esté en posición ON
Encender el control de la PTARI (posición ON)
Ubicar en posición "MAN" la bomba sumergible PTARI
Ubicar en posición "AUTO" el Motor de agitación PTARI
Ubicar en posición "AUTO" la Dosificadora que suministre el NaOH.
Ubicar en posición "AUTO" la Dosificadora que suministre el PAC líquido pasados 1 minutos de finalizar la adición de NaOH.
Ubicar en posición "AUTO" la Dosificadora que suministre L1538 pasados 15 minutos de finalizar la adición de PAC líquido.
Deshabilitar la parada de emergencia de la PTAR Industrial para que arranque el bombeo del agua cruda y la dosificación de los productos químicos.
Una vez se llene el tanque de floculación accionar la parada de emergencia para no bombear más agua cruda ni productos químicos.
Cerrar la válvula de paso del tanque de almacenamiento de agua cruda hacia el tanque de floculación.

En el tablero de control ubicar en posición OFF las Dosificadoras #1, #2 y #3, el Motor de agitación, la bomba sumergible y el control de la PTARI
Esperar un tiempo de sedimentación mínimo de 7 horas.
Etapa IV. Filtración.
Trascurrido el tiempo de sedimentación verificar que la parada de emergencia de la PTAR Industrial esté accionada.
Verificar que el Control general del tablero eléctrico de las PTAR esté en posición ON y encender el control de la PTARI (posición ON)
Ubicar en posición "AUTO" la bomba centrífuga PTARI
Verificar que la válvula de paso del tanque pulmón a los filtros se encuentre abierta
Verificar que la posición de los filtros sea "FILTER"
Abrir la válvula de paso del tanque de floculación hacia el tanque pulmón para dar paso al agua tratada.
Deshabilitar la parada de emergencia de la PTAR Industrial para que arranque el bombeo de agua tratada desde el tanque pulmón hacia los filtros y posteriormente hacia el tanque de almacenamiento de agua tratada.
Sacar y llevar muestra para verificación de pH y aprobación del proceso en el laboratorio. (Rangos de aprobación 6.5 - 8.5)
Etapa V. Cloración.
Adicionar cloro al tanque de almacenamiento de agua tratada de acuerdo a las cantidades de la plantilla.
Etapa VI. Terminación.
Abrir válvula de paso de lodos hacia las eras de secado, para ello se debe también abrir alguna de las válvulas de las eras, garantizando que sean retirados todos los lodos presentes en el tanque de floculación. Posteriormente cerrar estas válvulas.

Control al proceso de la PTALL.

Control al proceso de la PTALL.
Etapa I. Preparación de soluciones.
Preparar en un recipiente una solución de sulfato de aluminio.
Adicionar 1000 gramos de sulfato de aluminio en 100 gramos de agua.
Preparar en un recipiente una solución de soda caustica.
Adicionar lentamente 500 gramos de sulfato de aluminio en 100 gramos de agua.
Etapa II. Bombeo.
Poner en "MAN" en el tablero general de control, la bomba sumergible correspondiente a la entrada de la PTALL

Activar las dosificadoras de productos químicos
Desactivar la parada de emergencia de la PTAR Lluvia
Verificar en el Tablero eléctrico que el Control general de las PTAR esté en posición ON
Encender el control de la PTARLL (posición ON)
Ubicar en posición "AUTO" las Dosificadoras #1, #2 de la PTARLL
Deshabilitar la parada de emergencia de la PTARLL para que arranque el bombeo del agua cruda y la dosificación de los productos químicos.
En el tablero de control ubicar en posición OFF las Dosificadoras #1, #2, la bomba sumergible y el control de la PTARLL
Etapa III. Filtración.
Verificar que la parada de emergencia de la PTALL esté accionada.
Verificar que el Control general del tablero eléctrico de las PTARLL esté en posición ON y encender el control de la PTALL (posición ON)
Verificar que la válvula de paso del tanque pulmón a los filtros se encuentre abierta
Verificar que la posición de los filtros sea "FILTER"
Verificar que en el launder del tanque de floculación hacia el tanque pulmón no existan elementos grandes que puedan dañar el paso del agua tratada.
Etapa IV. Cloración.
Adicionar cloro al tanque de almacenamiento de agua tratada de acuerdo a las cantidades de la plantilla del anexo H.

Control al proceso de la PTARD.

Control al proceso de la PTRD
Etapa I. Medición de parámetro de control.
Medir sólidos sedimentables por medio del cono imhoff.
Etapa II. Aplicación de medidas correctivas.
Adicionar cantidad de bacterias establecida a partir de la etapa anterior.
Retornar lodos.
Purgar.

ANEXO F DBO Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.

Procedimiento DBO.

Alistar materiales.

- Botellas Winckler de 300ml.
- Probeta de 50ml.
- Bureta de 50ml.
- Pipeta de 1ml.
- Vasos precipitados de 10ml.

Alistar equipos.

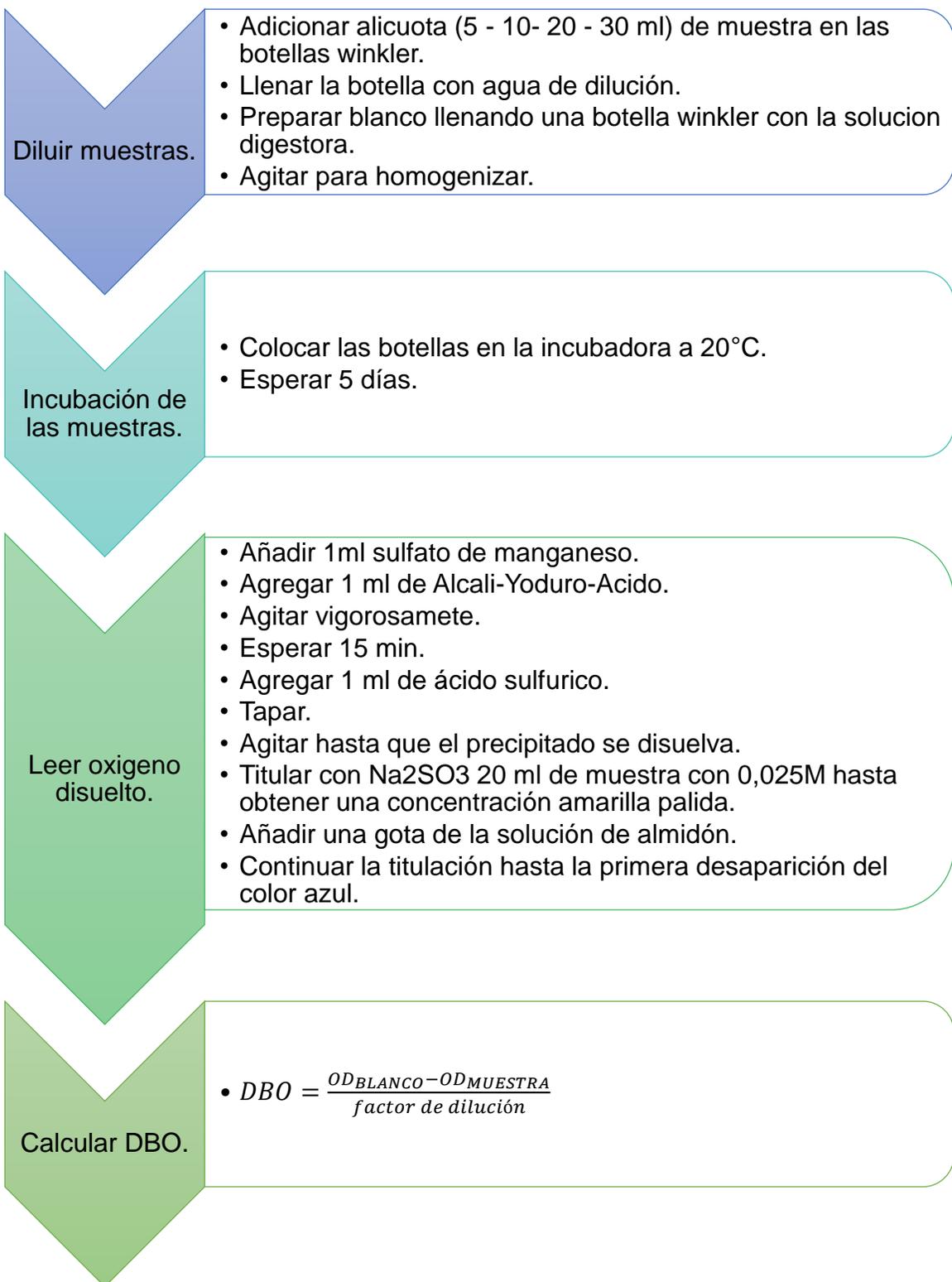
- Incubadora.
- Balanza analítica.
- Estufa.

Preparar soluciones. Ver Anexo G.

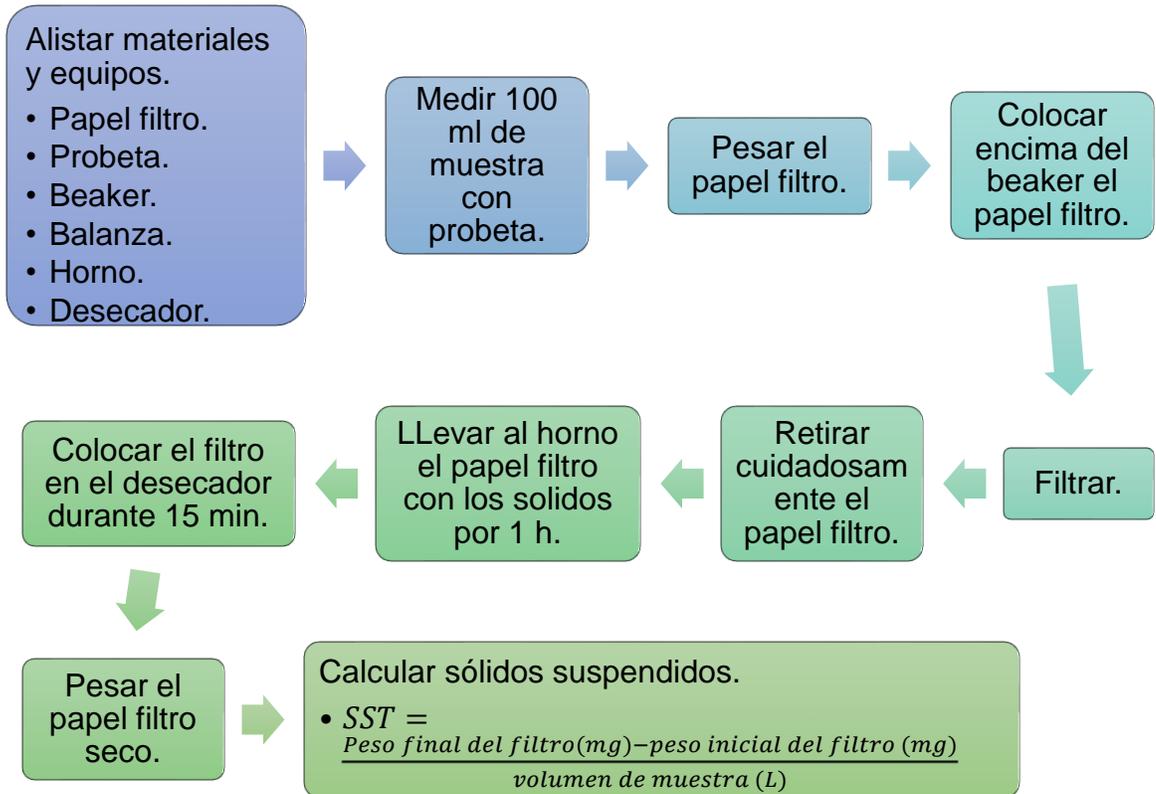
- Buffer de fosfato.
- Cloruro de calcio.
- Sulfato de magnesio.
- Cloruro férrico.
- Sulfato de manganeso.
- Alkali - ácido.
- Almidón.
- Ácido sulfurico concentrado.

Preparar agua de dilución.

- Oxigenar por 24 horas 6 litros de agua destilada.
- Añadir al agua destilada 6 ml de la solución de cloruro de calcio, sulfato de magnesio, cloruro férrico y el buffer de fosfato.



Procedimiento sólidos suspendidos.



ANEXO G
SOLUCIONES DBO.

Buffer de fosfato.	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 42,5 g de KH_2PO_4 en agua destilada.• Ajustar el pH con NaOH al 30% hasta llegar a pH 7,2.• Diluir a 1 L
Cloruro de calcio.	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 27,5 g de CaCl_2 en agua desilada.• Diluir a 1 L
Sulfato de Magnesio	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 22,5 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada.• Aforar a 1 L
Cloruro férrico.	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 0,25g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada• Aforar a 1L
Sulfato de Mangane so.	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 364 g de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en agua destilada.• Filtrar.• Diluir a 1 L
Solución Alkali-Acida.	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 500 g de NaOH y 150 g de KI en agua destilada.• Diluir a 1 L.• Añadir 10 g de NaN_3 previamente disueltos en 40 ml de agua destilada.
Solución de Almidón	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 2 g de almidón soluble y 0,2 g de ácido salicílico en 100 ml de agua caliente.
Tiosulfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none">• Disolver 6,205 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada.• Añadir 0,4 g de NaOH.• Diluir al 1%.

ANEXO H PLANTILLA

En este anexo se muestra un vistazo de la plantilla que utilizaran los operarios para el cálculo de los Kg a adicionar de cada uno de los productos. Además se deja el hipervínculo que abre la plantilla en Excel.

Plantilla.

El operario deberá ingresar el volumen adicionado en las experimentaciones realizadas en el laboratorio.								
					Escala industrial.			
Producto.	Concentración inicial (ppm).	Volumen de muestra (ml).	Volumen adicionado (ml).	Concentración (ppm).	Producto (Kg).	Agua (Kg).	Concentración solución inicial (ppm).	Pastilla (g).
PAC líquido.	100000	500	20	4000	11,672	20	583600	-
L1538	1000	500	5	10	0,029	20	1459	-
Cloro PTARI.	577,2	1000	12	6,9264	0,020	-	-	33,68539
Cloro PTARLL.	577,2	1000	0,4	0,23088	0,001	-	-	1,160172
NaOH en escamas.	50000	500	3	300	0,875	20	43770	-

[Plantilla escalamiento industrial.xlsx](#)

ANEXO I
CÁLCULO DE VALOR DE MULTA.

$$Multa = B + [(\alpha * i) * (1 + A) + Ca] * Cs$$

Criterios:

B: Benéfico ilícito.

α : Factor de temporalidad.

i : Grado de afectación ambiental.

A: Circunstancias atenuantes y agravantes.

Ca: Costos asociados.

Cs: Capacidad socioeconómica del infractor.

Beneficio ilícito:

$$B = \frac{(y_1 + y_2 + y_3) * (1 - p)}{p}$$

y_1 : Corresponde a los ingresos directos.

y_2 : Corresponde a los costos evitados.

y_3 : Corresponde a los ahorros de retraso.

p : Capacidad de detección de la conducta del infractor por la autoridad ambiental, este valor se obtiene a partir de las siguientes consideraciones.

Capacidad de detección.	p
Baja.	0,4
Media.	0,45
Alta.	0,50

Factor de temporalidad:

$$\alpha = \frac{3}{364} * d + \left(1 - \frac{3}{364}\right)$$

d : Es el número de días de la infracción.

Grado de afectación ambiental:

$$i = (22,06 * SMMLV) * I$$

SMMLV: Corresponde al salario mínimo legal vigente.

I: Corresponde a la importancia de la afectación en donde se califica cualitativamente según el artículo siete de la resolución 2086 del 2010 el impacto del vertimiento teniendo en cuenta la intensidad (IN), la extensión (EX), la persistencia (PE), la reversibilidad (RV) y la recuperabilidad (MC) del cuerpo de agua que se afectó por el vertimiento.

$$I = (3 * IN) + (2 * EX) + PE + RV + MC$$

Circunstancias atenuantes y agravantes:

$$A = Agravantes + Atenuantes.$$

Se califica el comportamiento del infractor y el grado de afectación al medio ambiente mediante parámetros establecidos en el artículo 9 de la resolución 2086 de 2010.

Costos asociados: Correspondientes a los gastos en los que incurre la entidad pero que son la responsabilidad del infractor, es decir, la caracterización para verificar el estado de los vertimientos.

Capacidad socioeconómica del infractor: Corresponde a un factor de ponderación dependiendo si es persona natural, jurídica o entes territoriales. Los cuales están especificados en el artículo 10 de la resolución 2086 de 2010.

ANEXO J
FICHAS DE SEGURIDAD.

ANEXO K
PLANO SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA.

ANEXO L
PLANO RED INDEPENDIENTE DE TUBERÍAS.