

ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS EN LA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES NO DOMÉSTICAS DE LA EMPRESA ETERNA S.A. DE LA CIUDAD DE  
BOGOTÁ D.C.

ANA MARÍA MORENO TRIANA

EDGAR CAMILO CHACON MATAJUDÍOS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DE MEDIO AMBIENTE - ECAPMA

INGENIERÍA AMBIENTAL

2018

ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS EN LA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES NO DOMÉSTICAS DE LA EMPRESA ETERNA S.A. DE LA CIUDAD DE  
BOGOTÁ D.C.

ANA MARÍA MORENO TRIANA

EDGAR CAMILO CHACON MATAJUDÍOS

PROYECTO PRESENTADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIEROS  
AMBIENTALES

NATALY ZAMORA VACCA (IQ, M.Sc)

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DE MEDIO AMBIENTE - ECAPMA

INGENIERÍA AMBIENTAL

2018

## **AGRADECIMIENTO**

### ***A nuestras familias***

*Por su amor, consejos y motivación, elementos que nos han permitido desarrollarnos como personas de bien para la sociedad, siempre estuvieron ahí apoyándonos y brindándonos compañía incondicional mientras nos formábamos como profesionales.*

### ***A nuestra universidad***

*Por formarnos como profesionales íntegros y conscientes de las problemáticas y necesidades de la sociedad.*

***¡Gracias a ustedes!***

## TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN .....	1
2	INTRODUCCIÓN.....	2
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
4	JUSTIFICACIÓN.....	6
5	OBJETIVOS.....	7
5.1	Objetivo General .....	7
5.2	Objetivos Específicos.....	7
6	MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.....	8
6.1	Generalidades .....	8
6.1.1	Conceptos.....	8
6.1.2	Importancia de tratamiento de ARnD.....	9
6.1.3	Parámetros de la Calidad del Agua.....	11
6.2	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales .....	12
6.3	Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	13
7	METODOLOGÍA.....	15
7.1	Etapa 1 - Diagnóstico .....	15
7.1.1	Revisión de Información de la Empresa .....	15
7.1.2	Análisis de Caracterización Base del Vertimiento.....	15
7.1.3	Visita de Campo.....	15

7.1.4	Caracterización del Vertimiento .....	16
7.2	Etapa 2 - Formulación y Propuestas de Mejora .....	17
7.3	Etapa 3 - Verificación de Mejoras Implementadas .....	18
8	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	19
8.1	Etapa 1 - Diagnóstico .....	19
8.1.1	Generalidades de la Empresa .....	19
8.1.2	Sistema de Gestión Ambiental.....	21
8.1.3	Marco Legal .....	22
8.1.4	Ecomapa.....	25
8.1.5	Diseño de la Planta de Producción.....	25
8.1.6	Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Inicial.....	29
8.1.7	Caracterización de la Muestra Inicial .....	31
8.2	Etapa 2 - Formulación y Propuestas de Mejora .....	32
8.2.1	Estrategias de Mejora del Procesos de Tratamiento de ARnD .....	34
8.2.2	Estrategias de Mejora del Procesos de Tratamiento de Lodos .....	36
8.3	Etapa 3 - Análisis y Resultados Restructuración de Planta de Tratamiento de Agua Residual no Doméstica (ARnD) y Tratamiento de Lodos .....	38
8.3.1	Caracterización Intermedia (Durante la aplicación de Mejoras) .....	39
8.3.2	Caracterización Final (Durante la Aplicación de Mejoras) .....	41
9	CONCLUSIONES.....	42

10	RECOMENDACIONES.....	43
11	BIBLIOGRAFÍA .....	44

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las etapas de tratamiento de aguas residuales .....	13
Tabla 2. Parámetros y métodos de análisis .....	16
Tabla 3. Actividades económicas de la Organización. ....	19
Tabla 4. Marco Legal.....	22
Tabla 5. Valores de Referencia para los Vertimientos Realizados a la Red de Alcantarillado Resolución 3957 de 2009.....	24
Tabla 6. Límites Permisibles Producción y Fabricación de Derivados de Caucho Resolución 0631 de 2015.....	24
Tabla 7. Tecnología usada por la Organización.....	27
Tabla 8. Proceso de Látex.....	28
Tabla 9. Proceso de Fibras .....	28
Tabla 10. Proceso de Líquidos y Cremas.....	28
Tabla 11. Detalle del Tratamiento Inicial. ....	31
Tabla 12. Resultados Programa Monitoreo de Afluentes y Efluentes de Bogotá, Medición Resolución 3957 de 2009.....	32
Tabla 13. Matriz DOFA.....	33
Tabla 14. Mejoras Tratamiento ARnD. ....	35
Tabla 15. Detalle Lechos de Secado y Fibras .....	37
Tabla 16. Detalle de la Mejora en el Tratamiento. ....	38
Tabla 17. Caracterización de Vertimientos de la Línea de Producción de Látex .....	39
Tabla 18. Caracterización de Vertimientos Generados en la Línea de Producción de Fibras .....	40
Tabla 19. Caracterización de Vertimientos en la Línea de Producción de Líquidos .....	40

Tabla 20. Caracterización de Vertimientos en la Línea de Producción de Cremas .....	40
Tabla 21. Resultados Monitoreo y Caracterización Fisicoquímica, Medición Resolución 3957 de 2009 y 0631 de 2015.....	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un Tren de Tratamiento de Aguas Residuales .....	14
Figura 2. Logo de la Organización .....	19
Figura 3. Estructura Organizacional – Organigrama de la empresa .....	20
Figura 4. Ubicación de la Organización .....	20
Figura 5. Política del Sistema de Gestión Ambiental de la Organización .....	22
Figura 6. Ecomapa instalaciones de la Organización .....	26
Figura 7. Planta de Tratamiento – Línea Base .....	29
Figura 8. Muestreo 15 de abril de 2016 Programa Monitoreo de Afluentes y Efluentes de Bogotá.....	31
Figura 9. Dimensionamiento de lechos de secado .....	37
Figura 10. Esquema de la PTAR – Actualizada .....	38
Figura 11. Planta de Tratamiento Actual .....	39

## 1 RESUMEN

Las aguas residuales se clasifican como domésticas (ARD) y no domésticas (ARnD), de acuerdo a su uso, del cual depende la naturaleza de los contaminantes presentes en este tipo de aguas, por lo que es necesario realizar un proceso de tratamiento previo a la descarga a los cuerpos de agua. Las ARnD generadas por la empresa Eterna S.A., son tratadas en una planta de tratamiento; sin embargo, los parámetros de demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), Tensoactivos (SAAM), grasas y aceites (GyA); y especialmente los sólidos suspendidos totales (SST) presentan incumplimientos en los límites permisibles de acuerdo a la Resolución 0631 de 2015 de la Secretaria Distrital de Ambiente. Este trabajo aplicado busca implementar una serie de mejoras en los procesos de tratamiento, para lo cual inicialmente se requiere una identificación del estado actual frente al límite de cumplimiento, basándose en la información de la caracterización suministrada por la empresa y una serie de visitas para la identificación de los procesos productivos y de la operación de la planta de tratamiento.

Dentro de los cambios realizados en la planta de tratamiento se diseñaron y construyeron dos lechos de secado, un filtro sedimentador, un lecho de almacenamiento de fibras y un filtro multimedia; estos filtros se encuentran elaborados con diferentes capas de material filtrante de grava, gravilla carbón activado, carbón de antracita y zeolita. Después de implementar los cambios en la planta de tratamiento de agua residual, se realizaron cuatro (4) caracterizaciones finales donde se evidenció la mejora de eficacia y eficiencia de la planta de tratamiento, reflejado en el cumplimiento de la resolución 0631 del 2015.

## 2 INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la actividad económica realizada por la empresa Eterna S.A., la cual diseña, produce y comercializa jabones detergentes, guantes de látex natural y fibras para uso doméstico y en miras al cumplimiento normativo vigente aplicable a los vertimientos industriales realizados a la red de alcantarillado del río Fucha; de acuerdo a la resolución 3957 del 2009 y 0631 del 2015, se implementan estrategias para las mejoras en los procesos de tratamiento aguas residual no doméstica (ARnD) y lodos generados en el proceso final de las diferentes líneas de producción.

El río Fucha es uno de los ríos que atraviesa la ciudad de Bogotá. Nace en la reserva forestal El Delirio en el páramo de Cruz Verde y desemboca en el Río Bogotá. Su cuenca cuenta con un área de 12.991 ha urbanas y 4.545 rurales correspondientes a los Cerros Orientales de la ciudad. En su parte alta recibe las aguas de las quebradas San Cristóbal, la Osa y Pablo Blanco. En su curso medio y bajo atraviesa la zona meridional de la sabana de Bogotá. Atraviesa las localidades de San Cristóbal, Santa Fe, La Candelaria, Los Mártires, Antonio Nariño, Rafael Uribe Uribe, Puente Aranda, Teusaquillo, Kennedy y Fontibón (Alcaldía Local de Puente Aranda, 2012).

De acuerdo a las condiciones espaciales, el río Fucha se convierte en un canal colector de aguas lluvias o pluviales que pasa por la localidad de Puente Aranda, este canal abierto en forma de trapecio es de origen artificial, el canal Fucha se encuentra dividido en cuatro tramos de acuerdo a lo establecido por la Resolución 5737 de 2008 de la SDA, con el objeto de medir la calidad del agua a través de un programa denominado “Red de la calidad hídrica del Río Fucha”; en este programa se miden los parámetros fisicoquímicos pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Materia

Orgánica (DBO5 y DQO), Nutrientes (NKT y Fosforo Total), Sólidos Suspendidos Totales y los metales pesados (Bario, Cobre, manganeso, Plomo , Zinc) (Alcaldía Local de Puente Aranda, 2012).

Teniendo en cuenta las características del efluente descargado por Eterna S.A. al cuerpo de agua se necesita fortalecer los procesos de tratamiento implementados. Siendo el cumplimiento normativo ambiental la mayor preocupación de la empresa, se buscan alternativas de tratamiento rentable y eficiente para el efluente físico-químico y sistemas combinados.

### 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Eterna S.A. se encuentra ubicada en la Localidad Puente Aranda, Bogotá D.C., cuenta con cuatro (4) líneas de producción que son látex, líquidos, cremas y fibras, en las que se producen respectivamente, guantes, desinfectantes para pisos, limpiadores, jabones líquidos, jabones en cremas y esponjas, en estos procesos se utilizan látex natural, aditivos químicos y pinturas.

Las aguas residuales generadas por las cuatro líneas de producción tienen una alta carga de SST (20.200 mg/L aproximadamente), cabe señalar que el efluente tiene un caudal promedio de 0,935 L/seg que son vertidos al alcantarillado y conducidos a los cuerpos de agua de la ciudad de Bogotá, generando un impacto y aportando a la problemática ambiental de la calidad del agua.

Actualmente el proceso de tratamiento de las aguas residuales no domésticas presenta ineficiencias principalmente en el tratamiento secundario y terciario, por lo que específicamente, la empresa presenta un incumplimiento de la Resolución 3957 del 2009 (resolución que se encontraba vigente al momento de realizar la visita por parte de la SDA), frente a la descarga de Sólidos Suspendidos Totales (SST), los cuales son principalmente de naturaleza orgánica con un alto contenido de sales; teniendo en cuenta el período de transición a la resolución 0631 del 2015 que está estipulado en el permiso de vertimiento, la empresa cuenta con una fecha límite (mayo de 2018) para cumplir la normativa aplicable vigente de acuerdo a la actividad productiva.

Dentro de las problemáticas del tratamiento de las aguas residuales no domésticas se presenta una baja eficiencia en la remoción de SST, también crea una problemática frente a la deshidratación de lodos que implica costos elevados en su disposición, afectando de manera directa el tema de inversiones de la empresa.

Sobre la base de los impactos negativos identificados, con el objeto de mitigar su efecto y con ello minimizar los riesgos a ellos atribuibles, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué restructuración se debe hacer en la planta de tratamiento de agua residual no doméstica (ARnD) para que los vertimientos generados por Eterna S.A. cumplan con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente?

#### 4 JUSTIFICACIÓN

La empresa Eterna S.A. presentó incumplimiento en los límites permisibles de Sólidos Suspendidos Totales de acuerdo a la Resolución 3957 de 2009, misma que se encontraba vigente al momento del seguimiento de la Secretaria Distrital de Ambiente, donde se identificó una concentración de 20.200 mg/L, en el muestreo realizado el día 15 de abril 2016. Lo que implica la generación de un impacto negativo al ambiente, afectando la calidad del agua de la cuenca del río Fucha.

Adicionalmente, se pone en riesgo el permiso de vertimientos y la operación propia de la empresa, por lo que en miras al cumplimiento de Resolución 0631 del 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se debe cumplir el período transición que tiene plazo hasta el 01 de mayo 2018, para lo cual es necesario identificar los procesos específicos que generan los Sólidos Suspendidos, el estado de los vertimientos y proponer así estrategias de mejora para el perfeccionamiento de las etapas de tratamiento, propendiendo por el cuidado del ambiente y el desarrollo sostenible de la Organización.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Implementar mejoras en la planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas de la empresa Eterna S.A. de la ciudad de Bogotá D.C., propendiendo por el cumplimiento de las resoluciones 3957 del 2009 y 0631 de 2015.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el diagnóstico del estado de la empresa frente al cumplimiento de los límites permisibles de Sólidos Suspendidos Totales presentes en los vertimientos de aguas no domésticas de acuerdo a la normativa aplicable.
- Proponer estrategias para la mejora en el proceso de las aguas residuales no domésticas generadas por las líneas de los procesos productivos, a fin de cumplir los límites máximos establecidos por la normativa aplicable.
- Proponer estrategias para la mejora en el proceso de tratamiento los lodos de las aguas residuales no domésticas generadas en las líneas de producción.
- Implementar mejoras en el proceso de tratamiento de lodos generados de las aguas residuales no domésticas.

## 6 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

### 6.1 Generalidades

#### 6.1.1 Conceptos

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció en el 2015 la Resolución 0631, donde clasifica 73 actividades industriales, comerciales y del sector servicios.

Esta norma fue divulgada con la participación del Gobierno Nacional, integrantes de los múltiples sectores productivos, autoridades ambientales, academia, entidades relacionadas, sector consultor y comunidad en general, quienes deben tener claridad sobre los nuevos cambios presentados, que en la actualidad cobijan los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y al alcantarillado público.

Cinco (5) de los principales cambios relacionados de la Norma de Vertimientos Puntuales a Cuerpos de Agua Superficiales y a los Sistemas de Alcantarillado Público son:

- Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles de vertimientos por actividad productiva. En este caso es la de “Sector actividades de fabricación y manufactura de bienes”, *artículo 13 parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de las actividades asociadas con fabricación y manufactura de bienes;*
- Se pasó de los valores límites máximos permisibles expresados en carga (kg/día), a los expresados en concentración (mg/L), lo cual cambia el concepto de remoción en el tratamiento por concentración final;
- Hace una diferenciación entre Aguas Residuales Domésticas (ARD) y Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), *“Las Aguas Residuales no Domésticas, son las procedentes de las actividades*

*industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas –ARD”;*

- Elimina los conceptos de usuario nuevo y usuario existente;
- Establece los parámetros de análisis y reporte para construcción de la línea base de País.

### **6.1.2 Importancia de tratamiento de ARnD**

Las aguas residuales no domésticas (ARnD) proceden de los procesos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

A continuación, se relacionan las principales afectaciones que puede causar el agua residual no doméstica ARnD sin tratamiento previo a la descarga.

**El agua como vehículo de infección:** El agua que está contaminada por aguas residuales, puede intervenir, directa o indirectamente en la propagación de enfermedades, favoreciendo el desarrollo de artrópodos o moluscos, que son eslabones en sus cadenas, que a través de ella puede llegar al agua de bebida, o a las hortalizas, que son regadas con estas aguas sin tratamiento previo. El vertido al mar de estas aguas contribuye al envenenamiento de biomarina-n los estuarios y plataformas costeras y de los criaderos de ostras y áreas dedicadas a la pesca.

**Acción sobre el entorno:** Además de los problemas ecológicos, el vertido de aguas residuales en los ríos, lagos y mares produce otro tipo de contaminación llamada psicosocial, ya que afecta al entorno natural del hombre, modificando la estética de su paisaje y haciéndolo cada vez más inhóspito. En aquellos lugares en que se vierten sustancias coloreadas al agua, procedentes de algunas industrias, se puede cambiar el color de ésta, y afectar a la penetración de la luz. En las

zonas turísticas, este aspecto adquiere mayor relevancia, puesto que, su medio de vida es la afluencia y visita de personas, y han de atender, prioritariamente, los criterios estéticos y sanitarios.

**Polución térmica:** El vertido de aguas procedentes de los procesos de refrigeración industrial aumenta la temperatura de las aguas y puede afectar a los organismos acuáticos, que suelen desarrollarse dentro de un margen de temperatura bien definido. De esta manera se eliminan las especies más exigentes (estenotérmicos), y se da paso a especies euritérmicas adaptadas a un amplio rango de temperaturas.

**Eutrofización:** Es un proceso que se puede dar de forma natural, pero que puede estar también provocado por la acción del hombre en las industrias, mediante vertidos ricos en fósforo y nitrógeno. Estos compuestos se encuentran, principalmente, en los detergentes. Estos compuestos estimulan el crecimiento desmedido de micro flora que puede causar problemas al alterar los caracteres organolépticos y dificultar los tratamientos, restringiendo, así, la utilización de estas aguas.

Los efectos tóxicos de la carga contaminante de las aguas residuales no domésticas (ARnD) pueden ser:

- Letales: causan muerte por envenenamiento directo.
- Subletales: por debajo de los niveles que causan la muerte, pero que pueden afectar al crecimiento, reproducción o actividad de los organismos.
- Agudos: causan un efecto (normalmente la muerte) en un corto período de tiempo.
- Crónicos: causan un efecto letal o subletal durante un período de tiempo prolongado.
- Acumulativos: se incrementa el efecto con dosis sucesivas.

### 6.1.3 Parámetros de la Calidad del Agua

**Sólidos suspendidos totales (SST):** los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio secado a 103-105°C hasta peso constante. López, M. E. (2017)

**Sólidos sedimentables (SSD):** sólidos sedimentables es la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente.

**Sustancias activas al azul de metileno (SAAM):** es un colorante catiónico, transfieren el azul de metileno desde una solución acuosa (detergente) a un líquido inmisible en equilibrio. Esto ocurre durante la formación de un par iónico entre el anión (SAAM) y el catión azul de metileno.

**Demanda biológica de oxígeno (DBO):** es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua. Esta prueba se realiza durante 5 o 3 días a 20°C por lo que se expresa como DBO o DBO5, respectivamente.

**Demanda química de oxígeno (DQO):** es la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

**Grasas y aceites (GyA):** es la cantidad menos densa de material graso que flotan, y que interfiere en los procesos de tratamiento y la vida biológica, favoreciendo el ambiente anaerobio, en cuyas condiciones la degradación es más lenta y se desprenden gases que causan malos olores (Severiche, C., Castillo, E., & Acevedo., R., 2013).

## 6.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Las aguas residuales no domésticas presentan una gran variedad de contaminantes de tipo orgánico e inorgánico que afectan la calidad de los cuerpos hídricos a los cuales son vertidas. Las concentraciones de estos contaminantes en la gran mayoría de los casos sobrepasan la capacidad de depuración de los procesos naturales. Por lo que es necesario realizar un proceso de tratamiento previo a la descarga a los cuerpos de agua.

La planta de tratamiento de aguas residuales integra una serie de procesos y estructuras unitarias que en conjunto remueven en cierta medida los contaminantes de acuerdo a las características y a los límites esperados. La Comisión Estatal del agua de Jalisco (2013) indica que:

*Dentro de los objetivos del tratamiento de aguas residuales se encuentran: el evitar la contaminación del cuerpo receptor, producir mediante tratamiento, un efluente cuyas características permitan su reutilización, cumplir con la normatividad ambiental vigente y la protección de flora y fauna.*

Clasificación del tratamiento de aguas residuales:

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario
- Tratamiento de lodos (Tabla 1)

En el tratamiento primario se eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual no doméstica (ARnD); se agrupa las operaciones del tipo físico, en el secundario los procesos biológicos de asimilación de la materia orgánica y el tratamiento terciario se aplican las

operaciones y procesos utilizados para eliminar contaminantes no removidos por el tratamiento primario o secundario.

**Tabla 1. Clasificación de las etapas de tratamiento de aguas residuales**

Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales	Objetivos de Tratamiento
Tratamiento Preliminar	Remoción de sólidos gruesos Remoción de arenas Regulación de caudal
Tratamiento Primario	Remoción de material suspendido
Tratamiento Secundario	Remoción de materia orgánica
Tratamiento Terciario	Mejorar el efluente del tratamiento secundario: Remoción de material suspendido residual Remoción de nitrógeno y fósforo Remoción de otros contaminantes
Tratamiento de Lodos	Tratar lodo dependiendo de su origen y disposición final: Espesamiento Estabilización Deshidratación Desinfección

Adaptado de: Comisión estatal del agua de Jalisco (2013)

La selección del proceso de tratamiento depende de la naturaleza del agua residual, uso al cual se le destinará al efluente tratado, compatibilidad de las distintas operaciones y procesos, medios disponibles de evacuación de los contaminantes finales y posibilidad económica de las distintas combinaciones (CEPI/OPS-OMS, I.R., 2002).

### 6.3 Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales

En una planta de tratamiento de aguas residuales los distintos tratamientos se clasifican en etapas de acuerdo los contaminantes que se requieren remover o neutralizar, en la Figura 1 se presentan dichas etapas.

**Figura 1. Esquema de un Tren de Tratamiento de Aguas Residuales**



Fuente: Comisión estatal del agua de Jalisco (2013)

## **7 METODOLOGÍA**

### **7.1 Etapa 1 - Diagnóstico**

#### **7.1.1 Revisión de Información de la Empresa**

La información en este documento relacionada con el tema de vertimientos fue proporcionada por la empresa Eterna S.A.; se tuvo en cuenta la información requeridas para la elaboración y contextualización del diagnóstico suministrado, también incluye una revisión de fuentes bibliográficas.

Cabe aclarar que la información documentada suministrada, fue manejada como información confidencial y se garantiza su uso solo para fines académicos.

#### **7.1.2 Análisis de Caracterización Base del Vertimiento**

El análisis de la caracterización base fue realizada por la secretaría distrital de ambiente (SDA).

El muestreo se realizó el día 15 de abril 2016, de la caja de inspección externa con descarga tipo batch, de acuerdo con la proporción de la planta (aproximadamente de 3 a 6 horas por día) con tratamiento de registros técnicos según el MPC -4 13.12 de ANTEK SAS.

#### **7.1.3 Visita de Campo**

Se realizaron 10 (diez) de visitas de campo a las instalaciones de la empresa donde se pudo evidenciar y conocer los procesos productivos, la planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas (PTAR) y sus operaciones unitarias; con este fin se recolecto la mayor cantidad de información y registros visuales que permitieron diagnosticar correctamente el estado actual de la empresa.

#### 7.1.4 Caracterización del Vertimiento

Se inició por clasificar y separar en contenedores de almacenamiento (IBC, por sus siglas en inglés Intermediate Bulk Container) con capacidad de 1000 litros los vertimientos generados de acuerdo a cada línea de producción de los procesos industriales; se contrató un laboratorio certificado por el IDEAM para realizar la caracterización de acuerdo a la normativa aplicable a la actividad productiva de empresa, donde se establecieron los parámetros a analizar cómo se describe en la Tabla 2.

**Tabla 2. Parámetros y métodos de análisis**

Parámetros y métodos de análisis	Técnica Analítica	Método empleado	Unidades
SST	Total suspended solids Dried at 103-105°	SM 2540 D	mg/L
SSD	Settleable solids	SM 2540 D	mL/L
SAAM	Anionic surfactants as MBAS	SM5540C	mg SAAM/L
DBO	5-Day BOD Test	5210B, ASTM D888-09 Método C	mgO <sub>2</sub> /L
DQO	Closed Reflux Titrimetic Method	SM 5220 C	mgO <sub>2</sub> /L
GyA	Extracción de líquido- líquido partición gravimétrica	SM 5520 B	mg/L

Adaptado de: Biopolap (2016).

Los muestreos se realizaron de manera puntual a cada línea de producción, los cuales se tomaron durante los picos de producción. Estos se tomaron en tres (3) momentos, los días 17 de noviembre 2016, 22 de febrero 2017 y 16 de junio de 2017, para un total 15 muestreos. El primero se realizó antes de formular las estrategias de mejora, el segundo durante la implementación y reformulación de las estrategias y el último después de aplicar todas las mejoras.

Para la actividad elaboración de productos de caucho identificado con el código CIIUU 2219 se establecen los parámetros a caracterizar DBO, DQO, SST SSD, GyA y SAAM, para

implementar adecuadamente el sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas (ARnD), donde fue necesario realizar seguimiento y control sobre las descargas realizadas que contenían contaminantes presentes y su concentración.

A partir de la caracterización de los procesos que generan vertimientos industriales, los contaminantes y sus concentraciones, se compararon contra los límites permisibles establecidos por la normatividad aplicable, a fin de identificar los procesos de tratamientos primario, secundario y lodos.

## **7.2 Etapa 2 - Formulación y Propuestas de Mejora**

Se formularon y aplicaron estrategias para disminuir la carga de contaminantes en las aguas residuales no domésticas vertidas a la red de alcantarillado, teniendo en cuenta las características de las actividades de la empresa, encaminadas a la reducción de SST, SSED, DBO, DQO, SAAM y GyA.

Se plantearon mejoras con base en los resultados de las caracterizaciones realizadas a los procesos de descargas de agua residual no doméstica (ARnD), para mejorar el tratamiento de acuerdo a las características de los mismos, teniendo en cuenta lo requerido por la autoridad ambiental vigente en el tema vertimientos.

Dentro de las estrategias que se contemplaron en las diferentes etapas del tratamiento se implementaron frecuencias de mantenimiento de los tanques de almacenamiento, adquisición de equipos para realizar seguimiento en las descargas insitu, reestructuración del sistema de tratamiento de agua residual.

### **7.3 Etapa 3 - Verificación de Mejoras Implementadas**

Una vez implementadas las mejoras se realizaron caracterizaciones finales en las cuatro (4) líneas de producción de látex, líquidos, cremas y fibras. De acuerdo a resultados obtenidos se hizo la caracterización anual el día 30 de noviembre 2017, donde se evaluó el cumplimiento normativo de la Resolución 3957 del 2009 y la transición de la Resolución de 0631 del 2015 en el efluente de salida de la empresa Eterna S.A.

## 8 RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 8.1 Etapa 1 - Diagnóstico

#### 8.1.1 Generalidades de la Empresa

- **Razón Social:** Eterna S.A.
- **NIT:** 860.002.274-0
- **Logotipo o Imagen Corporativa:** En la Figura 2 se muestra el logotipo corporativo de la empresa Eterna S.A.

**Figura 2. Logo de la Organización**



Fuente: Eterna S.A., 2018.

#### 8.1.1.1 Actividades económicas

En la Tabla 3 se presentan las actividades económicas de la empresa de acuerdo a su código CIU.

**Tabla 3. Actividades económicas de la Organización.**

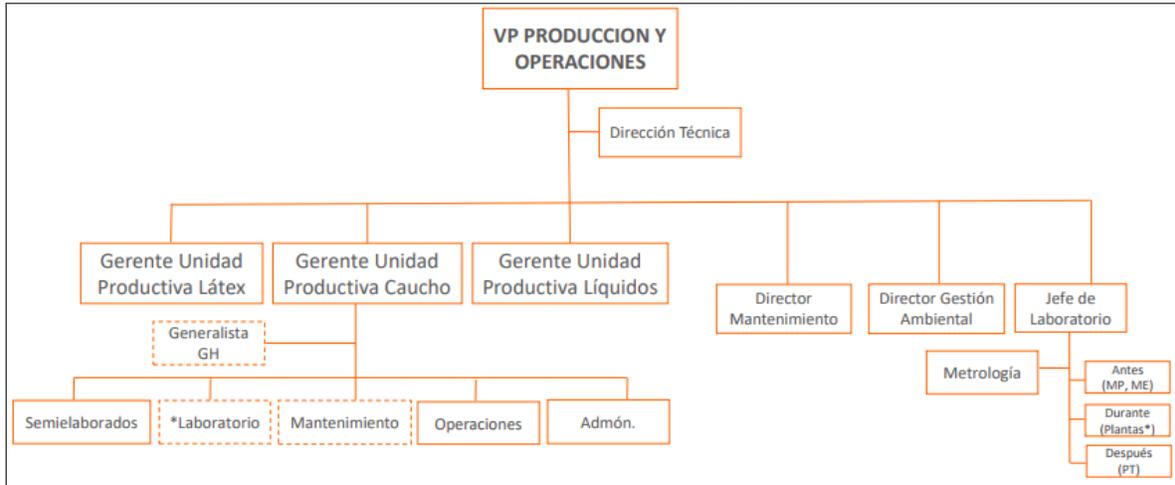
Nivel de Actividad	Código CIU	Descripción
Actividad Principal	2219	Fabricación de formas básicas de caucho y otros productos de caucho, Fabricación de artículos de plástico, No Clasificado Previamente.
Actividad Secundaria	4669	Comercio al por mayor y otros productos de caucho, No Clasificado Previamente
Otras Actividades	2229	Fabricación de artículos de plástico, No Clasificado Previamente.

Adaptado de: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales – DIAN (2012).

### 8.1.1.2 Estructura Organizacional

En la siguiente Figura se ilustra la estructura organizacional de ETERNA S.A.

Figura 3. Estructura Organizacional – Organigrama de la empresa



Fuente: Eterna S.A. (2018)

### 8.1.1.3 Ubicación de la empresa

En la Figura 4 se muestra la ubicación de la empresa en la carrera 66 # 13-43, en el barrio Las Granjas de la Localidad Puente Aranda Bogotá D.C. Latitud: 4, 6371, Longitud: -74, 1165.

Figura 4. Ubicación de la Organización



Fuente: Google maps (2018)

#### **8.1.1.4 Historia**

*“En 1953 una pareja de inmigrantes austriacos fundó una fábrica en Bogotá, que tenía (8) empleados y 6 productos, 600 colaboradores, más de 5.000 referencias y 36 marcas. Hoy, 60 años después, la compañía ha ampliado sus horizontes y se ve ‘de tú a tú’ con grandes multinacionales*

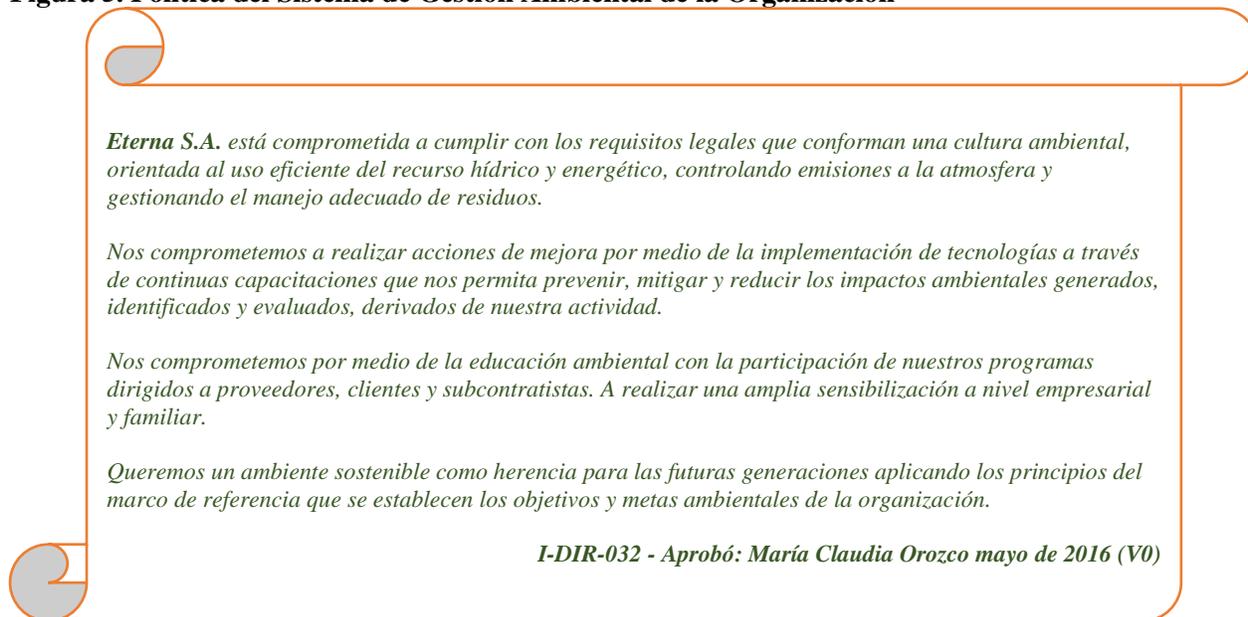
*Aunque en el origen de Eterna el foco era la creación de artículos a base de caucho, actualmente la compañía se posiciona como uno de los mayores productores de paños y fibras en el país, y es ampliamente reconocida por sus productos de aseo, punto al cual ha llegado gracias a fuertes inversiones en investigación y desarrollo, que le han permitido ampliar y diversificar su portafolio para mantenerse vigente. Este año destinará el 3 por ciento de sus ventas a este fin.*

*En este momento, la empresa tiene 4 líneas de negocio: consumo (donde se ubican artículos de aseo como cremas lavalozas, desinfectantes guantes), industria (donde tienen elementos para construcción, calzado y la industria automotriz), médica (donde, entre otros, tienen jeringas y sondas) y una línea infantil” (Portafolio, 2013).*

#### **8.1.2 Sistema de Gestión Ambiental**

Actualmente la Organización cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental certificado desde el 26 de noviembre de 2008, bajo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana ISO 14001:2004, con alcance al diseño, desarrollo y fabricación de guantes, productos de caucho, plástico extruido y envasado de líquido para limpieza. En la Figura 5 se puede observar el lineamiento principal de la Organización en materia ambiental.

## Figura 5. Política del Sistema de Gestión Ambiental de la Organización



Fuente: Eterna S.A. (2016)

### 8.1.3 Marco Legal

Los principales requisitos ambientales aplicables a la actividad económica de la Organización en materia de vertimientos son la Resolución 3957 de 2009 de la Secretaria Distrital de Ambiente y la Resolución 0631 del 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Tabla 4).

**Tabla 4. Marco Legal.**

Norma	Artículo Aplicable
<p>Resolución 3957 Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital</p>	<p>Artículo 5. Registro de Vertimientos. Todo Usuario que genere vertimientos de aguas residuales, exceptuando los vertimientos de agua residual doméstica realizados al sistema de alcantarillado público está obligado a solicitar el registro de sus vertimientos ante la Secretaria Distrital de Ambiente – SDA. Parágrafo: Cuando un Usuario genere más de un vertimiento deberá registrar la totalidad de los mismos.</p> <p>Artículo 8. Obligaciones de los Usuarios Registrados Todos los Usuarios objeto de registro de vertimientos deberán cumplir con los valores de referencia establecidos para los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público e informar a la Secretaria Distrital de Ambiente – SDA de cualquier cambio de las actividades que generan vertimientos.</p> <p>Artículo 9. Permiso de vertimiento. Todos aquellos Usuarios que presenten por lo menos una de las siguientes condiciones deberán realizar la auto declaración, tramitar y obtener permiso de vertimientos ante la Secretaria Distrital de Ambiente.</p>

Norma	Artículo Aplicable
<p>Resolución 3957 Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital</p>	<p>Artículo 20. Caudales vertidos. El Caudal máximo vertido no podrá exceder 1.5 veces el caudal promedio horario, para dar cumplimiento a lo anterior el Usuario deberá adecuar su régimen de vertido.</p> <p>Artículo 21. Obligación de instalación de medidores de caudal. Los Usuarios que estén obligados a obtener el permiso de vertimientos y que posean un caudal promedio mensual de agua residual superior a 50 m<sup>3</sup>/día deberán disponer de dispositivos de medición de caudal para sus vertimientos.</p> <p>Artículo 28. Obligación de informar la fecha y hora de la caracterización. Con el fin de garantizar la representatividad de la caracterización, el Usuario deberá informar mediante oficio radicado ante la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA con un mínimo de quince (15) días hábiles de anticipación, la fecha y el horario en la cual se realizará la caracterización del vertimiento; será potestativo de la Autoridad Ambiental realizar el acompañamiento técnico para que se garanticen las condiciones para la prueba.</p> <p>Artículo 29. Reporte de carga contaminante diaria. El Usuario deberá reportar, con los resultados del muestreo, los valores de carga vertida para todos los parámetros analizados.</p>
<p>Resolución 0631 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”</p>	<p>Artículo 1. Establece los parámetros y límites máximo permisibles que deben cumplir quienes realicen vertimientos puntuales al sistema de alcantarillado público y cuerpos de agua superficiales.</p> <p>De igual manera se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o de servicio (Art. 18).</p> <p>Artículo 5. En actividades industriales, comerciales o servicio se tendrá un parámetro de temperatura máximo permisible de 40°C</p> <p>Artículo 8. Describe los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximo permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas ARD de las actividades industriales, comerciales o de servicio.</p> <p>Artículo 13. Describe los parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con fabricación y manufactura de bienes (Producción y Fabricación de Derivados del Caucho).</p> <p>Artículo 16. Los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas ARnD al alcantarillado público deberán cumplir con los valores límites máximos permisibles para cada parámetro.</p> <p>Artículo 17. El responsable de la actividad podrá solicitar a la autoridad ambiental competente la exclusión de algunos de los parámetros sustentando por medio de un balance de materias o masas, y caracterización que éstos no se encuentran presentes en las aguas residuales.</p> <p>Artículo 19. Se aplicará la transición establecida en el Decreto 3930 de 2010 y Decreto 4728 de 2010.</p>

Fuente: Secretaría distrital de ambiente (2009) y Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2016).

En la Tabla 5 y Tabla 6 se detallan los valores permisibles para las aguas residuales no domésticas de acuerdo a las resoluciones 3957 de 2009 y 0631 de 2015.

**Tabla 5. Valores de Referencia para los Vertimientos Realizados a la Red de Alcantarillado Resolución 3957 de 2009.**

Parámetro	Unidades	Requerimiento
<b>Generales</b>		
Color	Unidades de Pt-Co	50 unidades en la dilución 1/20
DBO <sub>5</sub>	mg/L	800
DQO	mg/L	1500
Grasas y Aceites	mg/L	100
pH	Unidades	5, 0 – 9, 0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	600
Temperatura	°C	30
Tensoactivos (SAAM)	mg/L	10

Fuente: Secretaria distrital de ambiente (2009).

**Tabla 6. Límites Permisibles Producción y Fabricación de Derivados de Caucho Resolución 0631 de 2015.**

Parámetro	Unidades	Requerimiento
<b>Generales</b>		
pH	Unidades de pH	6, 00 a 9, 00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	250, 00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	50, 00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50, 00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	2, 00
Grasas y Aceites	mg/L	10, 00
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L	No Aplica
Fenoles	mg/L	No Aplica
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/L	No Aplica
<b>Hidrocarburos</b>		
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	10, 00
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y Reportes
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y Reportes
Compuestos Orgánicos Halogenados Absorbibles (AOX)	mg/L	Análisis y Reportes
<b>Compuestos de Fosforo</b>		
Fosforo (P)	mg/L	Análisis y Reportes
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>		
Nitrógeno Total	mg/L	Análisis y Reportes
<b>Iones</b>		
Cianuro Total (CN <sup>-</sup> )	mg/L	No Aplica
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	250, 00
Sulfuros (S <sup>2-</sup> )	mg/L	1, 00
<b>Metales y Metaloides</b>		
Aluminio (Al)	mg/L	3, 00
Arsénico (As)	mg/L	0, 10
Cadmio (Cd)	mg/L	0, 10
Cinc (Zn)	mg/L	3, 00
Cobre (Cu)	mg/L	1, 00
Cromo (Cr)	mg/L	0, 50

Parámetro	Unidades	Requerimiento
Estaño (Sn)	mg/L	2, 00
Hierro (Fe)	mg/L	3, 00
Mercurio (Hg)	mg/L	0, 01
Níquel (Ni)	mg/L	0, 50
Plata (Ag)	mg/L	0, 20
Plomo (Pb)	mg/L	0, 20
Otros Parámetros para Análisis y Reporte		
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reportes
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reportes
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reportes
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reportes
Color Real	m <sup>-1</sup>	

Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2016).

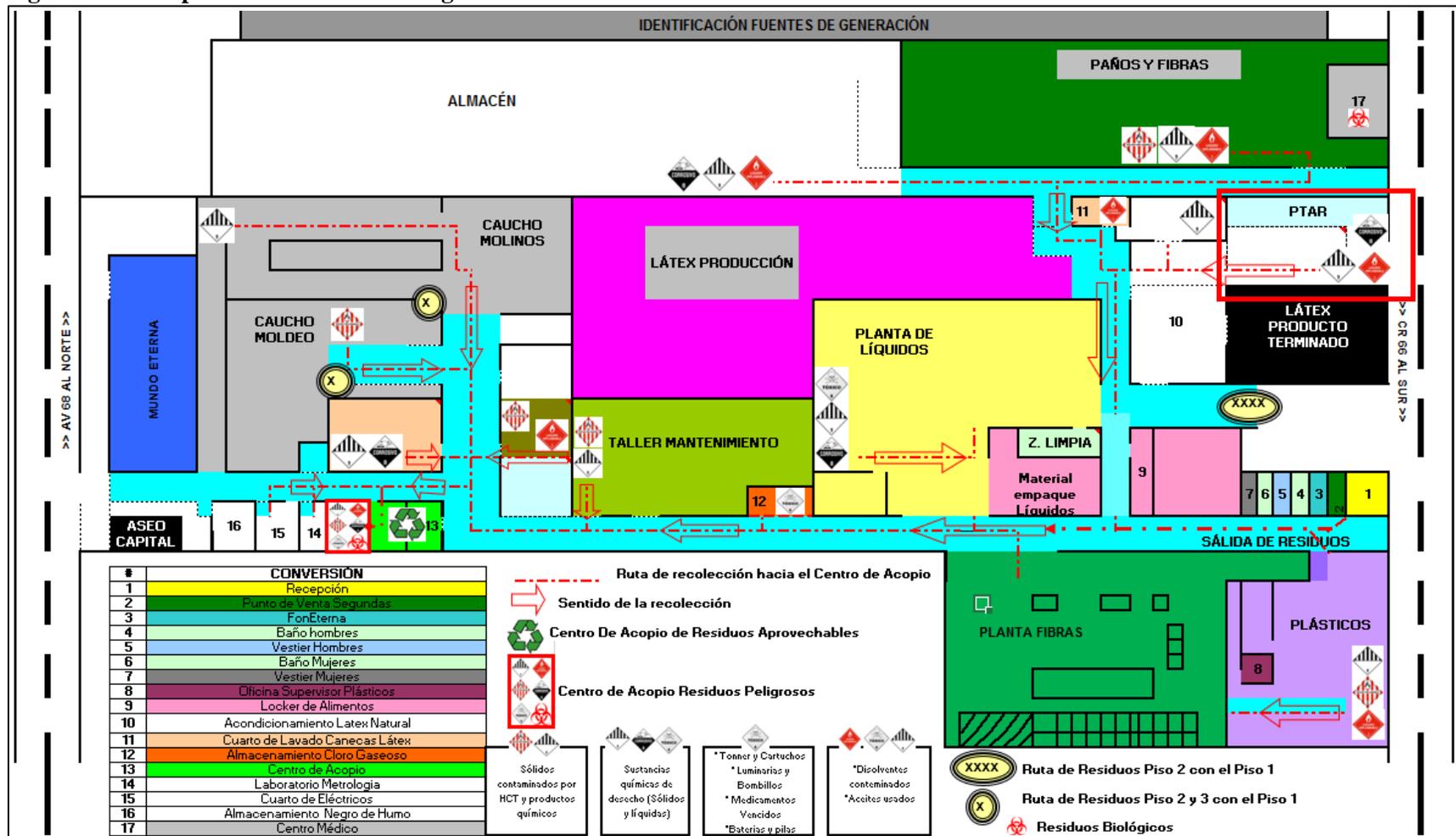
#### 8.1.4 Ecomapa

En la Figura 6 se ilustra la vista de planta de la Organización, donde se detallan cada una de las áreas físicas de importancia ambiental.

#### 8.1.5 Diseño de la Planta de Producción

A continuación, se describen las cuatro (4) líneas de producción de la empresa Eterna S.A. La línea de Látex elabora guantes de tipo doméstico con látex natural, la línea de líquidos elabora productos y jabones para la desinfección en el hogar, la línea de cremas elabora jabones en diferentes referencias en presentación sólida y en la línea de fibras y paños se fabrican paños y esponjas en diferentes presentaciones de acuerdo a la necesidad de los clientes; estas líneas de producción son las de mayor impacto en cuanto a su generación de descargas de aguas residuales no domésticas hacia la planta de tratamiento de agua residual (PTAR).

Figura 6. Ecomapa instalaciones de la Organización

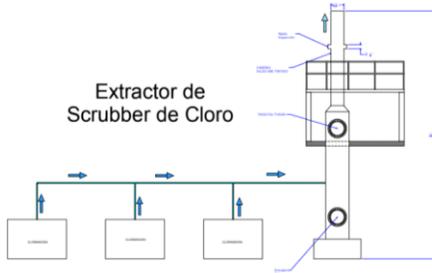


Fuente: Eterna S.A., 2018.

### 8.1.5.1 Tecnología

Las principales tecnologías utilizadas en las líneas de producción y el portafolio de los productos ofrecidos por Eterna S.A., se describen en la Tabla 7.

**Tabla 7. Tecnología usada por la Organización**

Línea de producción	Detalle del Proceso	Tecnología	Producto
Látex	Fabricación de guantes elaborados en látex natural con máquinas en línea. (salta saurio y apatosario)	 <p>Extractor de Scrubber de Cloro</p>	 <p>Guantes de látex</p>
Líquidos	Elaboración de productos de desinfección para el aseo, etiquetado, empaque y llenado en dual. (Envasado)		 <p>líquidos para aseo</p>
Cremas	Elaboración de cremas sólidas para el uso doméstico. (Silo de almacenamiento)		 <p>Lavalozas</p>
Fibras-Paños	Terminado de esponjas, paños absorbentes y empaque en línea (horno de pintado)		 <p>Fibras y Paños</p>

Adaptado de: Eterna S.A. (2018).

### 8.1.5.2 Procesos Generadores de Vertimientos

De la Tabla 8 a la Tabla 10 se pueden evidenciar las entradas y salidas de cada línea de producción con sus diferentes actividades o etapas.

**Tabla 8. Proceso de Látex.**

Entradas	Actividad o Etapa	Salidas
Nitrato de calcio, Agua	Inmersión de hormas, entrada y salida (piscina)	Vertimiento con Coagulante orgánico
Agua y Energía	calentamiento de moldes	Vertimiento con Coagulante
Látex y Aditivos, colorantes	Recubrimiento de la película de látex (piscina)	Residuos Sólidos
Agua, nitrato de calcio	Mediante temperatura se adhiere la película al molde (Piscina)	Producto Vulcanizado
Agua, potasa al 20% y primal y T1	Retira la película del guante (Barca)	Vertimiento con solución de jabón
Agua, gas cloro, Tiosulfato	Separación por tallas de cada referencia para retirar trazas químicas (Tómbolas)	Residuos sólidos (pos consumo)
Agua, gas cloro y Tiosulfato	Clorinar guante, resaltar y reafirmar la finura y dureza del guante (Tanque de almacenamiento)	Vertimiento con pH Básico
Agua con potasa	Neutralizar la emisión a la atmosfera (tanque de almacenamiento)	Vertimiento con potasa

**Tabla 9. Proceso de Fibras**

Entradas	Actividad o Etapa	Salidas
Materia prima para elaborar fibras	Pintura del sustrato	Residuos Sólidos
Agua, residuos de pintura	Lavado de equipos	Vertimiento con aditivos químicos
Material listo para cortar y empacar	Separación y referencias en línea	Residuos sólidos
Agua con potasa	Neutralizar la emisión a la atmosfera	Vertimiento con potasa

**Tabla 10. Proceso de Líquidos y Cremas**

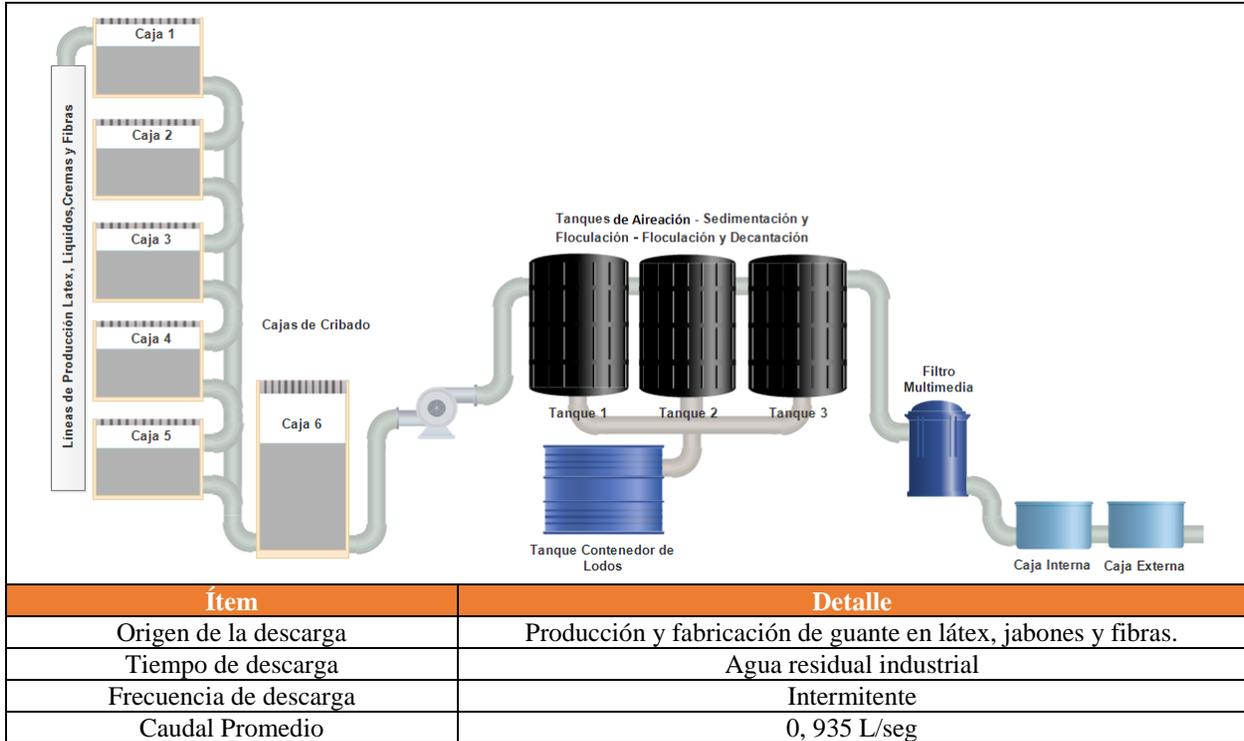
Entradas	Actividad o Etapa	Salidas
Grasas, aceites ácidos bases orgánicos e inorgánicos	Preparación de mezcla de jabón líquido y cremas (silos de almacenamiento)	Mezcla lista para preparar la solicitud de orden
Agua y energía	Envasar producto de acuerdo a referencia (máquina conectores)	Producto terminado
Agua	Lavado de equipos	Vertimientos con carga de SAAM

### 8.1.6 Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Inicial

La empresa tiene una planta de tratamiento de aguas residuales ( Figura 7). Las líneas de producción látex, líquidos, cremas y fibras descargan directo a la PTAR agua con diferentes cargas orgánicas e inorgánicas, antes, durante y después de su proceso productivo de acuerdo al orden de producción.

**Figura 7. Planta de Tratamiento – Línea Base**

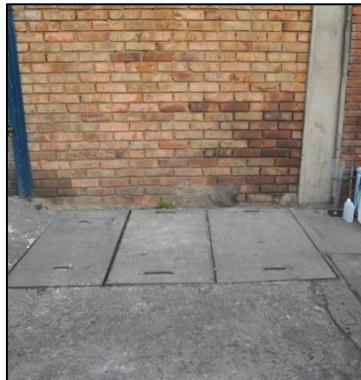
a)



b)



c)



d)



Nota: a) Esquema de la planta de tratamiento. b) Fotografía de la Planta de Tratamiento donde se evidencia su estructura, los tanques de almacenamiento de lodos y la estructura del filtro multimedia. c) Sitio de la toma de muestra. d) salida del vertimiento de la PTAR.

La planta es manipulada por dos operarios ambientales, en dos turnos de ocho horas (6am - 2pm y 2pm - 10pm), ellos se encargan de verificar y registrar en formato insitu los valores de pH de la entrada, intermedio y salida de cada vertimiento (de las 4 líneas de producción) realizado a la PTAR; con intervalos de quince (15) minutos entre cada toma de muestra; cabe resaltar que para el caso de los sólidos se realiza monitoreo tres (3) veces en cada turno.

Las aguas pasan primero por cinco (5) cajas sedimentadoras de forma secuencial, para luego ser almacenadas en tres (3) tanques de polipropileno con capacidad de 10.000 litros, donde los operarios de acuerdo al instructivo adicionan soda si el pH es menor a 6,0 y ácido si el pH es mayor a 9,0, esto con el fin estabilizar el agua a pH neutro entre 7,0 u 8,0 unidades.

Después del tratamiento químico se cierran las llaves de descarga de lodos generados durante la sedimentación y se procede a dar paso a descargar el vertimiento, minimizando la carga orgánica con un filtro multimedia de carbón activado; la función del filtro es retener las trazas flotantes que no se retuvieron en la floculación y sedimentación del proceso químico.

El efluente tratado se descarga a la red de alcantarillado y los lodos provenientes de la sedimentación con humedad del 100%, son almacenados temporalmente en cuatro (4) tanques, para ser entregados a la empresa gestora de residuos, estos son recolectados por un vector con una capacidad de almacenamiento de 1000m<sup>3</sup>.

En la Tabla 11 se describen los tratamientos realizados en la planta de tratamiento de agua residual de la empresa y su porcentaje de eficiencia.

**Tabla 11. Detalle del Tratamiento Inicial.**

Etapa	Nombre del Equipo	Contaminante Tratado	Eficiencia
Tratamiento Preliminar	Cajas de Cribado	GyA	50%
Tratamiento Primario	Tanques de Aireación – Sedimentación y Floculación – Floculación y Decantación	SST, DQO, DQO, SSD, SAAM	20%
Tratamiento Secundario	Filtro Multimedia	SST, DQO, DQO, SSD, SAAM	25%
Tratamiento de Lodos	Tanques de Lechos	SST, DQO, DQO, SSD, SAAM	0%

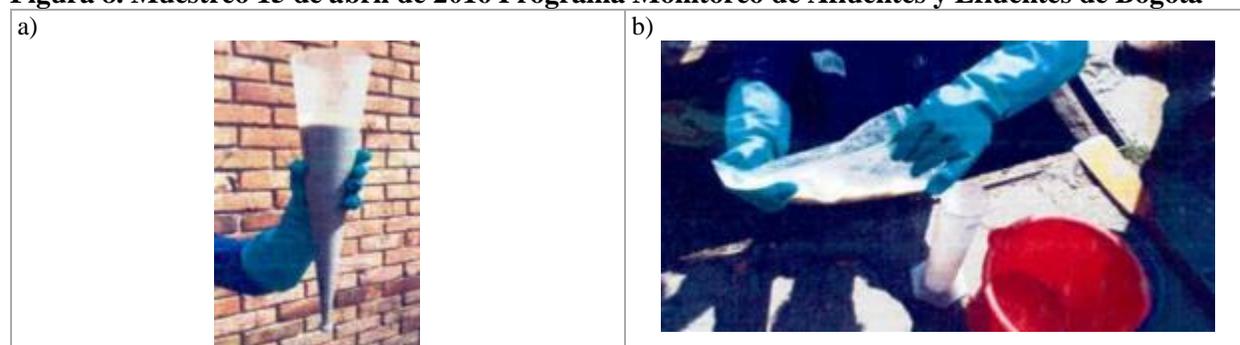
### 8.1.6.1 Manual de Tratamiento de Aguas Residuales

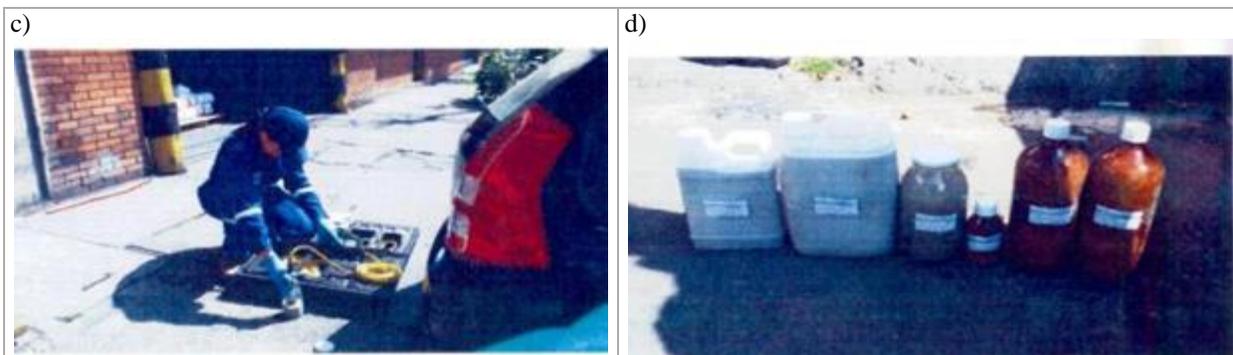
La operación de la PTAR se encuentra documentada en el Manual de Tratamiento de Aguas residuales GMI-002, el cual se utiliza para indicar las actividades que permiten el óptimo tratamiento de los vertimientos generados en Eterna S.A. y de esa manera dar cumplimiento a los requisitos legales vigentes aplicables y los establecidos por la empresa y así contribuir de manera directa a la mitigación de los impactos ambientales causados por la compañía.

### 8.1.7 Caracterización de la Muestra Inicial

El muestreo de caracterización se realizó el 15 de abril de 2016 por parte de la Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo de la Secretaría Distrital de Ambiente con información anteriormente suministrada en el numeral 7.1.2. En la Figura 8 se encuentran las fotografías del muestreo realizado.

**Figura 8. Muestreo 15 de abril de 2016 Programa Monitoreo de Afluentes y Efluentes de Bogotá**





a) Medición de sólidos sedimentables SSED. b) Aforo de caudal. c) equipos para tomar el muestreo. d) muestras de la caja externa.

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente (2016).

En este muestreo se evidenció el incumplimiento de los diferentes parámetros establecidos en la Resolución 3957 del 2009, para lo cual en la Tabla 12 se comparan las concentraciones de los parámetros medidos en el vertimiento versus las concentraciones definidas en dicha norma.

**Tabla 12. Resultados Programa Monitoreo de Afluentes y Efluentes de Bogotá, Medición Resolución 3957 de 2009**

Parámetro	Unidad	Resultado	Exigencia	Cumplimiento
pH	Unidades de pH	7, 49	9, 00	Cumple
DBO	mg/L	16700	1500	No Cumple
DQO <sub>5</sub>	mg/L	27100	800, 00	No Cumple
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	20200	600, 00	No Cumple
Sólidos Sedimentables	mg/L	N/R	2, 00	N/R
Grasas y Aceites	mg/L	164	100, 00	No Cumple
Tensoactivos	mg SAAM/L	60	9	No Cumple
Temperatura	°C	21, 7	29	Cumple

Adaptado de: Secretaria de Ambiente - Antek (2016).

## 8.2 Etapa 2 - Formulación y Propuestas de Mejora

Una vez recolectada la información de la empresa y de los vertimientos generados, se identificaron las siguientes debilidades en el proceso de tratamiento de las aguas residuales no domésticas:

- ✓ Se presentan falencias en el seguimiento y la medición continua de parámetros de descarga a la red de alcantarillado;
- ✓ Mala separación del vertimiento al inicio en cada proceso productivo;
- ✓ Falta de descarga continua y lavado periódico de los tanques de almacenamiento del vertimiento generado en la planta de tratamiento de las aguas residuales;
- ✓ El sistema de retención de Sólidos Suspendedos demostró ineficiencias al no poder retener la gran cantidad de contaminantes generados;
- ✓ A mayor humedad de lodos, mayor volumen y por tanto es mayor el costo de disposición;
- ✓ El incumplimiento normativo.

En la Tabla 13 se encuentran las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas identificadas durante las visitas realizadas a la planta de tratamiento.

**Tabla 13. Matriz DOFA.**

Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
Sistema de Gestión de Calidad certificado; Sistema de Gestión Ambiental certificado; Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo; Reprocesamiento de producto no conforme en las líneas de líquidos, fibras y látex; Disposición adecuada de Residuos Peligrosos; Contratos con tiendas de marcas propias; Participación en Biexpo Colombia como empresa sostenible.	Implementación de nuevas estrategias para la utilización de materiales sobrantes y productos no conformes (pos consumo); Disminución en los valores invertidos en la compra de materias primas; Amplificación de mercados; Mejora de la imagen; Disminución de impuestos al invertir en temas ambientales.
Debilidades (D)	Amenazas (A)
Los funcionarios de la empresa no tienen conciencia ambiental; Falta de estrategias para lograr el cumplimiento los de requisitos legales ambientales aplicables.	Sanciones por incumplimiento de requisitos legales. Materialización de amenazas que generen emergencias y contingencias de tipo ambiental.

Con base en los resultados reportados en la Tabla 12; a continuación, se describen las propuestas de mejora frente al tratamiento de ARnD y tratamiento de lodos generados por la empresa Eterna S.A.

### **8.2.1 Estrategias de Mejora del Procesos de Tratamiento de ARnD**

Con base en los resultados de la caracterización y el diagnóstico realizado en la empresa Eterna S.A. se plantean las siguientes estrategias a la organización para el mejoramiento de procesos de tratamiento de las aguas residuales:

- ✓ Diseño y construcción de un (1) sedimentador, para clarificar el agua agilizar la descarga de lodos;
- ✓ Cambio en algunos materiales del filtro multimedia, para mejorar la retención de trazas no retenidas en proceso de floculación y sedimentación;
- ✓ Cambio de la dosificación de soda caustica y peróxido de hidrogeno en cada tanque de almacenamiento para disminuir los tiempos de retención en cada descarga, gracias a la mejora y la floculación en la descarga;
- ✓ Separación en tanques de almacenamiento (IBC, por sus siglas en inglés Intermediate Bulk Container) con capacidad de 1000 litros de cada descarga del vertimiento a la PTAR, para tratar el agua de acuerdo a sus características con los resultados de los muestreos realizados;
- ✓ Actualización del instructivo de operación PTAR (GMI 002) de la actividad de lavado de los tanques de almacenamiento;
- ✓ Adquisición de pH-metro para monitorear la descarga del vertimiento de cada línea de producción;
- ✓ Seguimiento al cumplimiento normativo de la Resolución de vertimientos 0631 de 2015.

En la Tabla 14 se reportan las estrategias implementadas para realizar las mejoras propuestas en el tratamiento de ARnD.

**Tabla 14. Mejoras Tratamiento ARnD.**

Especificaciones	Costo	Evidencia
<p>Diseño y construcción de un (1) sedimentador, cambio en algunos materiales del filtro multimedia (carbón activado, carbón antracita y zeolita) y cambio de la granulometría de la arena sílice.</p>	<p>\$2.700.000</p>	
<p>Disminución de tiempos de retención en cada descarga mediante el cambio de dosificación de soda caustica y peróxido de hidrogeno a cada tanque de almacenamiento.</p>	<p>\$1.800.000</p>	
<p>Separación en tanques de almacenamiento (IBC) con capacidad de 1000 litros de cada descarga del vertimiento a la PTAR, para tratar de acuerdo a sus características con los resultados de los muestreos realizados.</p>	<p>\$3.000.800</p>	
<p>Actualización del Instructivo de operación PTAR (GMI 002) de la actividad de lavado de los tanques de almacenamiento. Numerales del 3 al 3.1.10.</p>	<p>N/A</p>	
<p>Adquisición de pH-metro para monitorear la descarga del vertimiento de cada línea de producción.</p>	<p>\$429.200</p>	
<p>Seguimiento al cumplimiento normativo. Resolución 3957 del 2009 y 0631 del 2015.</p>	<p>N.A.</p>	<p>N.A.</p>

Adaptado de: Eterna S.A. (2018).

### **8.2.2 Estrategias de Mejora del Procesos de Tratamiento de Lodos**

Para mejorar el proceso de tratamiento de los lodos resultantes del tratamiento de las aguas residuales no domésticas, se propone la construcción de lechos de secado para reducir el contenido de humedad de los lodos.

Los lechos de secado son una tecnología simple que permite reducir el contenido de humedad en lodos de la planta de tratamiento de agua residual. Durante el secado se presentan dos fenómenos que favorecen a la remoción de parte del agua contenida en los lodos, uno corresponde al filtrado a través del medio poroso y el segundo a la evaporación acompañada de la continua agitación del lodo para agilizar la deshidratación de los mismos. El lodo resultante después del secado tendrá un contenido de humedad aproximada del 50% ese porcentaje se obtiene gracias los materiales utilizados en el diseño del lecho de secado.

El sitio ideal para la ubicación de los lechos fue cerca de la planta de tratamiento, esto con el fin de realizar el drenaje de los lodos y el retorno del lixiviado al tanque de almacenamiento que corresponda en su respectiva descarga. Los lechos de secado se ubicaron bajo los tanques de almacenamiento de 10.000 litros y sobre las cajas de descarga hacia la caja interna.

#### ***Estrategias implementadas para mejorar el proceso de tratamiento de lodos***

- ✓ Disminución de tiempos de retención en cada descarga y disposición en la capacidad de almacenamiento de cada lecho;
- ✓ Diseño y construcción de dos (2) lechos de secado y un (1) tanque de almacenamiento del vertimiento de fibras únicamente, para disminuir la humedad de los lodos por medio de las estrategias implementadas donde estos quedarían con una humedad total del 50%;
- ✓ Disposición final con una frecuencia mensual, ya que el almacenamiento se realiza por un período más extenso gracias al almacenamiento;

- ✓ Mantener las condiciones de orden y aseo;
- ✓ Mejora las condiciones de descarga del vertimiento a la red de alcantarillado por el proceso de recirculación que garantiza el seguimiento continuo;
- ✓ Seguimiento al cumplimiento normativo de la Resolución de vertimientos 0631 de 2015.
- ✓ Implementación de Tecnología.

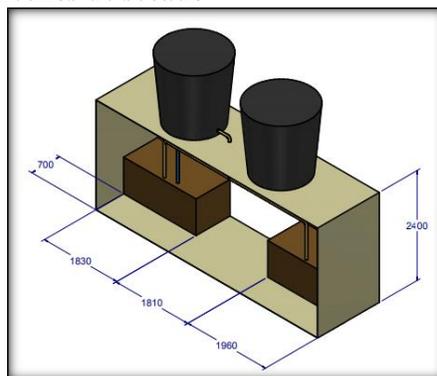
En la Tabla 15 se reportan las estrategias implementadas para realizar las mejoras propuestas en el tratamiento de lodos.

**Tabla 15. Detalle Lechos de Secado y Fibras**

Especificaciones	Costo	Evidencia
<p>Construcción:</p> <p>15 bultos de grava y gravilla para 9m<sup>3</sup> y 16 de arena para 1m<sup>3</sup>, carbón activado y zeolita con tres capas de geo textil en medio de cada compartimiento para obtener la deshidratación de los lodos que ingresan con una humedad del 100%.</p>	<p>\$2.600.000 x 3 lechos Total = \$7.800.000 Elaboración de cada lecho.</p>	

En la Figura 9 se ilustran los lechos de secado, los cuales tienen las siguientes dimensiones: el primero 1960 mm y el segundo de 1830 mm con una altura de 2400 mm con relación a la plataforma donde se encuentran los tanques de almacenamiento.

**Figura 9. Dimensionamiento de lechos de secado**



Fuente: Eterna S.A. (2018)

### 8.3 Etapa 3 - Análisis y Resultados Restructuración de Planta de Tratamiento de Agua Residual no Doméstica (ARnD) y Tratamiento de Lodos

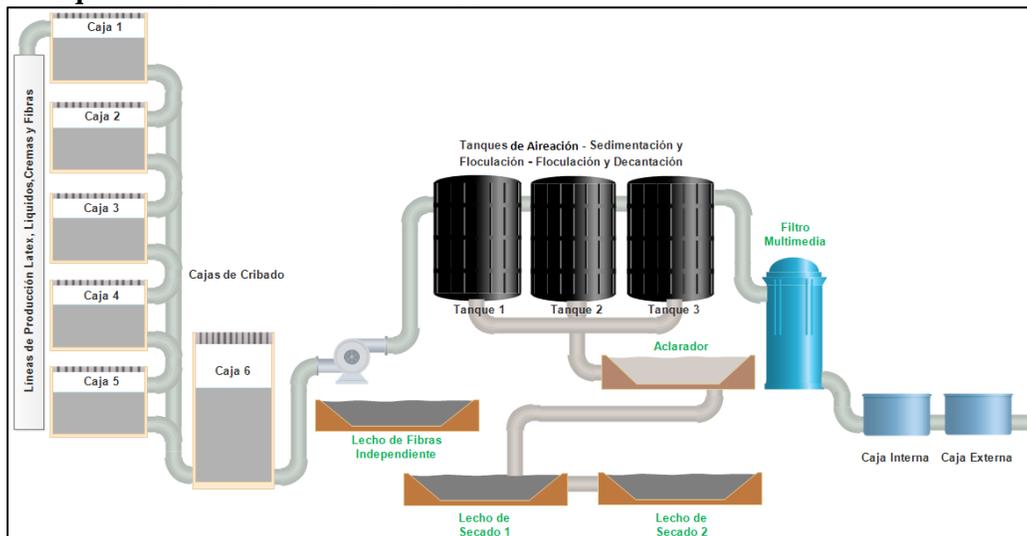
De acuerdo a las mejoras en los procesos de tratamiento de agua residual no doméstica (ARnD) y lodos realizadas, se evidencia en la Tabla 16 la estructura y mejoras de los equipos de la PTAR actualizada, donde se el nivel de remoción en porcentaje de eficiencia de cada mejora con relación al dato de la información base en el filtro multimedia, el aclarador y los dos (2) lechos de secado.

**Tabla 16. Detalle de la Mejora en el Tratamiento.**

Etapa	Nombre del Equipo	Mejora	Detalle
Tratamiento Preliminar	Cajas de Cribado	Cambio de estructura recolección continua.	Contaminantes Tratados: GyA Eficiencia: 90%
Tratamiento Primario	Tanques de Aireación – Sedimentación y Floculación – Floculación y Decantación	Aumento de dosificación de químicos cambio de sistema de aireación.	Contaminantes Tratados: SST, DQO, DQO, SSD, SAAM Eficiencia: 98%
Tratamiento Secundario	Filtro Multimedia	Cambio de cantidad y calidad y capacidad material filtrante.	Contaminantes Tratados: SST, DQO, DQO, SSD, SAAM ZINC y Nitratos Eficiencia: 50%
Tratamiento de Lodos	Lechos de secado	Adecuación de la estructura.	Contaminantes Tratados: SST, DQO, DQO, SSD, SAAM zinc y nitratos Eficiencia: 72%

La estructura de la planta actual se evidencia en la Figura 10 y la Figura 11.

**Figura 10. Esquema de la PTAR – Actualizada**



**Figura 11. Planta de Tratamiento Actual**



### 8.3.1 Caracterización Intermedia (Durante la aplicación de Mejoras)

Durante la implementación de las mejoras se realizaron cuatro (4) caracterizaciones de las cuatro (4) líneas de producción, para analizar el resultado obtenido y de esa manera comprobar la eficacia y eficiencia de la propuesta realizada. En la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20 se evidencia el cumplimiento de la norma en las diferentes líneas de producción conforme se hicieron las modificaciones en la planta.

**Tabla 17. Caracterización de Vertimientos de la Línea de Producción de Látex**

Parámetro	Unidad	Límite máx permisible Resolución 3957/09	Límite máx permisible Resolución 0631/15	Caracterización efluente 15 abril 2016	Caracterización efluente 17 nov 2016	Caracterización efluente 30 nov 2017
pH	Unidades de pH	5,0-9, 0	6,0-9,0	9	7	7
DBO	mg/L	800	50	4175	447	49
DQO <sub>5</sub>	mg/L	1500	250	6000	694	155
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	600	50	1000	13	14
Sólidos Sedimentables	mg/L	2	2	100	10	1
Grasas y Aceites	mg/L	100	10	41	7	1
Tensoactivos	mg SAAM/L	10	N/A	5	6,08	N/A
Temperatura	°C	30	N/A	20	27	30

**Tabla 18. Caracterización de Vertimientos Generados en la Línea de Producción de Fibras**

Parámetro	Unidad	Límite máx permisible Resolución 3957/09	Límite máx permisible Resolución 0631/15	Caracterización efluente 15 abril 2016	Caracterización efluente 17 nov 2016	Caracterización efluente 30 nov 2017
pH	Unidades de pH	5,0-9, 0	6,0-9,0	9	8	7
DBO	mg/L	800	50	4175	779	49
DQO5	mg/L	1500	250	6000	514	155
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	600	50	1000	13	14
Sólidos Sedimentables	mg/L	2	2	100	15	1
Grasas y Aceites	mg/L	100	10	41	14	1
Tensoactivos	mg SAAM/L	10	N/A	5	3	N/A
Temperatura	°C	30	N/A	20	27	30

**Tabla 19. Caracterización de Vertimientos en la Línea de Producción de Líquidos**

Parámetro	Unidad	Límite máx permisible Resolución 3957/09	Límite máx permisible Resolución 0631/15	Caracterización efluente 15 abril 2016	Caracterización efluente 17 nov 2016	Caracterización efluente 30 nov 2017
pH	Unidades de pH	5,0-9, 0	6,0-9,0	8	7	7
DBO	mg/L	800	50	4350	447	49
DQO5	mg/L	1500	250	6600	694	155
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	600	50	9000	100	14
Sólidos Sedimentables	mg/L	2	2	200	1	1
Grasas y Aceites	mg/L	100	10	23	7	1
Tensoactivos	mg SAAM/L	10	N/A	10	6, 08	N/A
Temperatura	°C	30	N/A	22	27	30

**Tabla 20. Caracterización de Vertimientos en la Línea de Producción de Cremas**

Parámetro	Unidad	Límite máx permisible Resolución 3957/09	Límite máx permisible Resolución 0631/15	Caracterización efluente 15 abril 2016	Caracterización efluente 17 nov 2016	Caracterización efluente 30 nov 2017
pH	Unidades de pH	5,0-9, 0	6,0-9,0	8	8	7
DBO	mg/L	800	50	4175	750	49
DQO5	mg/L	1500	250	6750	700	155
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	600	50	10200	200	14
Sólidos Sedimentables	mg/L	2	2	60	2	1
Grasas y Aceites	mg/L	100	10	70	20	1
Tensoactivos	mg SAAM/L	10	N/A	39	8	N/A
Temperatura	°C	30	N/A	25	27	30

### 8.3.2 Caracterización Final (Durante la Aplicación de Mejoras)

La Empresa eterna S.A., realizó el muestreo compuesto (durante 16 horas) y la respectiva caracterización de análisis químico del vertimiento líquido del efluente el día 30 de noviembre de 2017, con el laboratorio Hidrolab después de implementar las mejoras.

En la Tabla 21 se evidencia el cumplimiento de todos los parámetros (pH, DBO, DQO, SST, SSED, GyA, SAAM y temperatura) con respecto a la resolución 3957 de 2009 y la resolución 0631 de 2015. Cumpliendo así lo exigido por ley.

**Tabla 21. Resultados Monitoreo y Caracterización Físicoquímica, Medición Resolución 3957 de 2009 y 0631 de 2015**

Parámetro	Unidad	Límite máx permisible Resolución 3957/09	Límite máx permisible Resolución 0631/15	Caracterización efluente 30 nov 2017	Cumplimiento
pH	Unidades de pH	5,0-9, 0	6,0-9,0	8,0	Cumple
DBO	mg/L	1500	50	49	Cumple
DQO5	mg/L	800,00	250	155	Cumple
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	600,00	50	14	Cumple
Sólidos Sedimentables	mg/L	2,00	2	<0, 1	Cumple
Grasas y Aceites	mg/L	100,00	10	<2	Cumple
Tensoactivos	mg SAAM/L	<10	N/A	2, 56	Cumple
Temperatura	°C	<30	N/A	22, 9	Cumple

## 9 CONCLUSIONES

Se realizó el diagnóstico del estado de la Organización frente al cumplimiento de los lineamientos permisibles de los parámetros establecidos en la Resolución 3957 de 2009, donde se identificó un porcentaje de incumplimiento de DBO, DQO5, Grasas y Aceites, Tensoactivos, y especialmente Sólidos Suspendidos Totales.

De las mejoras propuestas para la mejora en el proceso de tratamiento de las aguas residuales no domésticas, a fin de cumplir los límites máximos establecidos en la normativa aplicable, se implementó el diseño y construcción de un (1) sedimentador y cambio en algunos materiales del filtro multimedia, la disminución de tiempos de retención en cada descarga mediante el cambio de dosificación a cada tanque de almacenamiento, la separación en tanques de almacenamiento con capacidad de 1000 litros (IBC) de cada descarga del vertimiento a la PTAR, actualización del Instructivo de operación PTAR (GMI 002) de la actividad de lavado de los tanques de almacenamiento, se adquirió un (1) pH-metro, para monitorear la descarga del vertimiento de cada línea de producción.

Como estrategias para la mejora del proceso de tratamiento de los lodos generados de las aguas residuales no domésticas se realizó la construcción de dos (2) lechos de secado con una dimensión el primero 1960 mm y el segundo de 1830 mm, ambos con una altura de 2400 mm.

Una vez implementadas todas estrategias de mejora, se obtuvo un cumplimiento del pH, DBO, DQO, SST, SSED, GyA, SAAM y temperatura, conforme a la normativa actual vigente (Resolución 631 de 2015).

## 10 RECOMENDACIONES

De acuerdo al resultado obtenido se recomienda:

- Siempre separar en contenedores con capacidad de 1000 litros (IBC) cada descarga de vertimiento de las cuatro (4) líneas de producción (látex líquidos, cremas y fibras).
- Realizar muestreos o caracterizaciones cada tres (3) meses en cada línea de producción para evidenciar y realizar seguimiento de los cambios que pueda tener el agua residual que ingresa a la PTAR.
- Trasladar la línea de líquidos y cremas para darle un tratamiento con una nueva tecnología.
- Eliminar el proceso de pintura de la línea de fibras, mediante un maquilador.
- Reparar la planta de osmosis inversa.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Local de Puente Aranda. (2012). *Plan Ambiental Local Puente Aranda*. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2883174/PAL+Puente+Aranda+2013-2016.pdf>
- Biopolap Laboratorio Análisis Químico y Microbiológico. (2016). *Resultado Análisis de Aguas. Informe de Resultados N°: 14220*. Bogotá.
- Biopolap Laboratorio Análisis Químico y Microbiológico. (2017). *Resultado Análisis de Aguas. Informe de Resultados N°: 16485*. Bogotá.
- CEPIS/OPS-OMS, I. R. (2002). *Curso Internacional “Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales” 25 al 27 de setiembre de 2002*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/cinetica.pdf>
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco. (2013). *Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados*. Obtenido de [http://www.agua.org.mx/component/docman/doc\\_download/1800-operacion-y-mantenimiento-de-ptar-proceso-de-lodos-activados-tomo1?Itemid=](http://www.agua.org.mx/component/docman/doc_download/1800-operacion-y-mantenimiento-de-ptar-proceso-de-lodos-activados-tomo1?Itemid=)
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas efecto y la tecnología apropiada*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=8MVxlyJGokIC&lpg=PP1&hl=es&pg=PA5#v=onepage&q&f=false>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolucion 0631. Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se*

*dictan otras disposiciones.* Obtenido de

<http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1->

[res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)

Secretaria Distrital de Ambiente . (2016). *Resolución 00447. Por la cual se otorga un permiso de vertimientos y se adoptan otras determinaciones.* . Obtenido de

<http://190.27.245.106/BLA/resoluciones/RESOLUCIONES%202016/0447.pdf>

Secretaria Distrital de Ambiente. (2016). *Ficha de Monitoreo Sector Productivo - Plásticos.*

*Programa de Control de Afluentes y Efluentes en el Distrito Capital - Fase 13.*

*Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo (Cuenca Fucha).* Bogotá: Secretaria

Distrital de Ambiente - Antek.