



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICAS  
(PTARnD) DE LA COMPAÑÍA TERMIMODA S.A.**

Autor(es)  
Santiago Aristizabal Lopera

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela ambiental  
Medellín, Colombia  
2019



**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO  
DOMESTICAS (PTARnD) DE LA COMPAÑÍA TERMIMODA S.A.**

Santiago Aristizabal Lopera

Informe de práctica o monografía o investigación o tesis o trabajo de grado  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniería ambiental

Asesores (a) o Director(a) o Co- Directores(a).

Ana Lorena Camargo Perea

Ingeniera Sanitaria

Carlos Alberto Londoño Restrepo

Ingeniero Químico

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2019.

## CONTENIDO

Resumen .....	4
1 Introducción .....	5
2 Objetivos .....	6
2.1 General.....	6
2.2 Específicos .....	6
3 Marco Teórico .....	7
4 Metodología .....	8
5 Resultados y análisis. ....	11
6 Conclusiones .....	15
7 Referencias Bibliográficas.....	16



# OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICAS (PTARnD) DE LA COMPAÑÍA TERMIMODA S.A.

---

## Resumen

El tratamiento de aguas residuales de uso industrial se ha convertido con el tiempo en una práctica de suma importancia no solo porque con esto se está evitando una afectación al recurso hídrico por vertimientos inadecuados, si no que al tratarse el agua se abre la posibilidad de hacer reusó del recurso y que la única reposición que se haga dentro de la industria sea por perdidas por infiltración y por evaporación.

Por este motivo Termimoda S.A cuenta con una planta de tratamiento de agua residual industrial (PTARI), no solo para cumplir con los requerimientos exigidos por la autoridad ambiental competente, sino también por ser una empresa con responsabilidad social; sin embargo a medida que las nuevas tendencias en la producción surgiendo, con nuevos procesos e insumos, se ha evidenciado un retroceso en la eficiencia del tratamiento, principalmente con un proceso llamado Tye Die, que usa colorantes reactivos que la PTARI no es capaz de depurar.

Según lo anterior y gracias a que Termimoda S.A cuenta con la tecnología adecuada, se propuso intervenir el tren de tratamiento, realizando inyección de ozono en diferentes etapas del tratamiento, con el fin de observar en que paso del proceso sería más efectiva. Las etapas evaluadas fueron: antes de entrar al proceso físico-químico y después de dicho proceso, luego de hacer los ensayos experimentales se pudo determinar que, el tratamiento con ozono logra ser más efectivo después de la etapa del tratamiento físico-químico, aportando mayor decoloración y un aumento sustancial en la generación de lodos, lo que es un indicador de buena coagulación-floculación. Además, los test de jarras arrojaron un inesperado resultado; después de realizar una revisión de literatura se exploró la combinación de ozono con peróxido de hidrógeno para mejorar la decoloración, se inyectó peróxido de hidrogeno antes de la coagulación-floculación y este funciona como un controlador de pH, teniendo en cuenta que los procesos de teñido de prendas se deben hacer con pH por encima de 10, al adicionar el peróxido de hidrogeno se alcanzó a disminuir el pH hasta 7.5-8.5, que no es un dato menor, debido a que en este rango de pH los procesos de coagulación-floculación son óptimos. Una vez realizada la coagulación-floculación se añade el ozono logrando resultados bastante prometedores desde un análisis basado solamente en parámetros organolépticos, como olor y color y algunos parámetros fácilmente medibles en planta como pH, dureza y temperatura; para conocer más a fondo la calidad del agua después del tratamiento con ozono es necesario caracterizar el agua en un laboratorio acreditado.

## 1 Introducción

Las aguas residuales industriales, generadas en la empresa Termimoda S.A, son producto de las actividades y procesos realizados al interior de la planta de producción, la cual se basa en el teñido y acabado de producto textiles. La descarga al sistema de alcantarillado público es prohibida sin previo tratamiento, debido a que los contaminantes contenidos en ella pueden crear problemas a los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales dispuestos por la Empresa de Servicios Públicos de Medellín (EPM).

En ese sentido, el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente menciona que los efluentes con alto contenido de sulfuros o sulfatos pueden causar grietas o roturas en el concreto de las estructuras hidráulicas del alcantarillado si las concentraciones superan los 300 mg/L además, el gas sulfhídrico generado en la tubería, a concentraciones mayores o iguales a 1 mg/L, puede ser oxidado a ácido sulfúrico sobre las paredes, atacar el concreto y corroer las partes metálicas, según Gardiner, K. Borne, B.J., (1978).

Las grasas y sólidos provenientes del lavado sin ningún tipo de tratamiento pueden acumularse sobre las paredes de las tuberías y sistemas de recolección restringiendo el flujo de las demás aguas residuales que hacen parte del sistema interconectado, algunos parámetros como el pH y la temperatura pueden reaccionar de manera negativa con otro tipo de elementos o sustancias que se encuentran en las aguas residuales.

Para hacer un adecuado tratamiento de aguas residuales es necesario estudiar los tipos de parámetros involucrados en el vertimiento y estudiar qué tipo de proceso es más efectivo al momento de hacer remoción de los contaminantes de interés. Una adecuada operación y mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ayuda a aumentar la eficiencia del tratamiento para mitigar los impactos ocasionados a los cuerpos de agua.

Para mitigar los impactos a este recurso se elaboró el Decreto 3930 de 2010 por medio del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, que a través de la Resolución 0631 del año 2015, se reglamentan los parámetros para cada tipo de industria y valores máximos permisibles para las mismas.

Habiendo estudiado cada uno de los procesos e insumos utilizados en la compañía Termimoda S.A, se hará investigación bibliográfica con el fin de encontrar el mejor sistema de tratamiento que se pueda utilizar dentro de la compañía, acoplándose a las necesidades y elementos que ya se tengan disponibles.

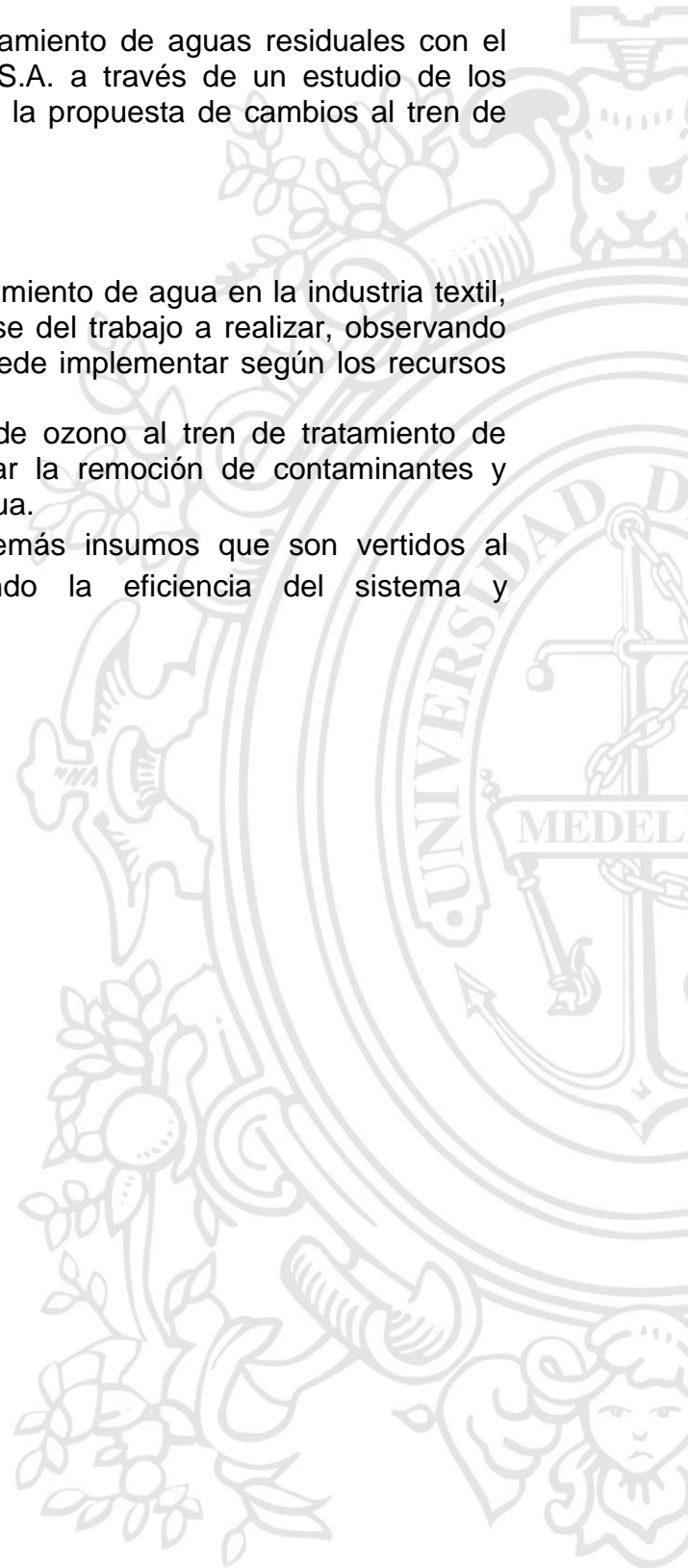
## 2 Objetivos

### 2.1 General

- Mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales con el que actualmente cuenta TERMIMODA S.A. a través de un estudio de los procesos productivos desarrollados y de la propuesta de cambios al tren de tratamiento actual.

### 2.2 Específicos

- Hacer revisión bibliográfica sobre el tratamiento de agua en la industria textil, donde se puedan formular una línea base del trabajo a realizar, observando que se tiene implementado y que se puede implementar según los recursos de la empresa.
- Investigar y experimentar la inyección de ozono al tren de tratamiento de aguas residuales, con el fin de mejorar la remoción de contaminantes y considerar la posibilidad del reúso del agua.
- Identificar los productos químicos y demás insumos que son vertidos al sistema de tratamiento, diagnosticando la eficiencia del sistema y proponiendo mejoras preventivas.



### 3 Marco Teórico

Uno de los mayores desafíos de este siglo radica en la mejora de la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales con colorantes de las industrias textiles y de colorantes. Aproximadamente 200 litros de agua se utilizan para producir 1 kg de textiles ( Ghaly et al., 2014 ), lo que resulta en una gran cantidad de desechos de alto color y, a menudo, dañinos ( Alves de Lima et al., 2007 ). Se estima que anualmente se descargan 280,000 t de tintes textiles en dichos efluentes industriales en todo el mundo ( Jin et al.,2007 ), con estructuras moleculares aromáticas complejas que son muy estables y muy difíciles de biodegradar ( Azbar et al., 2004 , Saratale et al. al., 2011). Además, se encuentra que otros reactivos químicos orgánicos e inorgánicos se utilizan en el sector textil, con efectos tóxicos directos e indirectos en los seres humanos ( Bakshi y Sharma, 2003 , Moawad et al., 2003 , Sponza , nd). En consecuencia, los métodos que pueden usarse para el tratamiento de estos efluentes han despertado un gran interés debido a la estricta legislación ambiental y al alto costo del agua.

Los hallazgos han indicado que los procesos de teñido y acabado son responsables de aproximadamente el 80% de la generación total de aguas residuales. Por lo tanto, la reutilización del agua en los procesos de teñido y acabado apareció como esencial en términos de minimización en el consumo de agua.( GilPavas et al., 2017 , Yurtsever et al., 2016b).

Para esto se implementan procesos químicos que implican principalmente el uso de agentes oxidantes como el ozono ( $O_3$ ), el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y el permanganato ( $MnO_4$ ) para cambiar la composición química del compuesto o grupo de compuestos, por ejemplo, tintes ( Metcalf y Eddy,2003). Entre estos oxidantes , el ozono se usa ampliamente debido a su alta reactividad con los tintes y las buenas eficiencias de eliminación (Alaton et al., 2002).

Se probó un reactor de burbujeo con sistema de ozono para el tratamiento de aguas residuales textiles reales. Se encontró que el método remueve más del 90% de la decoloración después de 15 minutos de reacción. La presencia de carbonato y iones bicarbonato reduce considerablemente el rendimiento de los procesos basados en la generación de radicales hidroxilo (POA), tales como fotocátalisis, gracias a las reacciones de barrido de radicales OH por carbonato o iones de bicarbonato, que fueron confirmados a través de pruebas en valores de pH ácidos y alcalinos. La ozonización demostró ser más eficiente en ambos valores de pH evaluados debido a la capacidad de reacción a través del ataque directo y la posibilidad de formar radicales hidroxilo. Debido a la reducción del consumo de energía , la ozonización directa presentó valores más bajos de energía eléctrica por pedido, así como un rendimiento de decoloración similar en comparación con la combinación de ozono con fotocátalisis. Por lo tanto, el simple reactor desarrollado fue capaz de remover una decoloración total de las aguas residuales, mientras que se encontró que el tratamiento de ozonización era relativamente más rápido, más simple y más eficiente, pero al mismo tiempo más barato, además de su capacidad para tratar un enorme volumen de efluentes textiles(Carvalho, Bessegato, Boldrin et al, 2016).

## 4 Metodología

### Primera etapa: Revisión de literatura.

En la primera etapa, se hizo una revisión de literatura, donde se investigó y analizó a fondo sobre procesos de tratamiento de aguas residuales en la industria textil, por medio de la plataforma de bases de datos de la Universidad de Antioquia, específicamente en la revista ScienceDirect, se hizo revisión alrededor de 7 artículos científicos en los cuales los autores propusieron o en varios de los casos realizaron los ensayos de procesos avanzados de oxidación o AOP por sus siglas en inglés, como se puede ver en la **Tabla 1**, allí se plasmaron apartes de los artículos donde se da cuenta de los resultados de los ensayos y los métodos utilizados, cabe resaltar que solo se tuvo en cuenta resultados que pudieran ser aplicados en Termimoda S.A, ya que se disponía de los equipos o insumos necesarios.

### Segunda etapa: Modificación experimental del tren de tratamiento

Para hacer los ensayos de ozonización del agua industrial de la compañía Termimoda S.A se utilizaron botellas con capacidad de 1 y  $\frac{1}{4}$  en material de plástico, por facilidad en la inyección de ozono que se hace por medio de una manguera conectada al equipo de generación el cual funciona tomando oxígeno ( $O_2$ ) del ambiente, para luego separar las moléculas formando oxígeno molecular ( $O$ ), y unirlos a otros átomos de  $O_2$  circundantes para así formar Ozono ( $O_3$ ), en la **imagen 1 y 2** se puede observar respectivamente el montaje de ensayo y el equipo de generación explicado anteriormente; luego se tomaron 4 botellas que se llenaron con 1L de agua a tratar, con el fin de realizar cada uno los experimentos, como se especifica más adelante.



Imagen 1: Inyección de ozono en el agua a tratar.





Imagen 2: Equipo generador de ozono ubicado en el lado derecho de la fotografía y al lado izquierdo la lavadora que dosifica.

Dentro de los seguimientos se había planteado la posibilidad de hacer ensayos con diferentes tiempos entre 3 y 15 minutos, pero al final se realizaron solo con un tiempo de 15 minutos todas las pruebas debido a que la generación de ozono es limitada ya que no se pueden cambiar los parámetros para aumentar la capacidad de generación, más allá de lo que el proveedor programa antes de hacer entrega del equipo.

Por este motivo al no poder hacer variación en el poder del gas, se decide dejar el tiempo de contacto en 15 minutos, que es el tiempo que en teoría y según toda la bibliografía arrojó mejores resultados en la mayoría de los artículos.

El rotulado de las botellas y experimentos a realizar fueron de la siguiente manera:

**Experimento N° 1:** Agua a tratar + ozono antes de floculación y coagulación.

**Experimento N° 2:** Agua a tratar + ozono después de floculación y coagulación.

**Experimento N° 3:** Agua a tratar + Peróxido de hidrogeno (100ml) + ozono antes de floculación y coagulación.

**Experimento N° 4:** Agua a tratar + Peróxido de hidrogeno (100ml) + ozono después de floculación y coagulación.

Cabe resaltar que el agua a tratar es tomada de un tanque de 30 m<sup>3</sup>, llamado tanque de homogenización o igualación, que como bien su nombre lo indica es donde se unen las aguas de todos los procesos de la compañía, para que tengan un mismo pH y temperatura y al entrar al tren de tratamiento sea mucho más práctico y eficiente, a su vez este tanque se encuentra después de los pozos de sedimentación, los cuales se encargan de enviar al fondo por diferencia de densidades los sólidos más grandes.

Además los procesos de coagulación y floculación se hacen con los siguientes productos químicos, policloruro de aluminio en polvo (PAC) y DQfloc que es un

polímero anicónico de alta densidad que permite que los flocs se unan y se precipiten.

A cada botella se le inyectó el ozono durante 15 minutos con un flujo de gas de 3 mg/L que era el máximo de capacidad de generación del equipo con el que cuenta la compañía, adicionalmente a las Botellas N° 3 y N° 4, se les inyectaron 100 ml de Peróxido de Hidrogeno, que junto con el ozono son un proceso avanzado de oxidación lo cual podría generar excelentes réditos en la decoloración del efluente.

**Tercera etapa: Análisis de los procesos productivos que impliquen una mejora directa en el tren de tratamiento.**

Se realizó un análisis de los procesos productivos dentro de la empresa, con el fin de detectar algún tipo de mejora que tuviera influencia directa en el tratamiento del efluente de los procesos productivos por medio de seguimiento a las formulaciones realizadas en planta para cada proceso y el tipo de insumos que se utilizará en dichos procesos.

Los procesos e insumos a los que se le hizo seguimiento fueron los siguientes:

PROCESO	INSUMO	DESCRPCIÓN
Desengome	Enzimas, alfa-amilasa, detergente, anti-quebre	Este proceso consiste en quitar la goma o almidón al índigo crudo por medio de encimas y detergentes que remuevan las grasas más la adición de un anti quebre para que la prenda no salga con arrugas.
Bleach	Permanganato, hipoclorito de calcio (solido) o sodio (liquido), bicolor.	Son procesos de reducción u oxidación, tienen como objetivo darle el tono deseado al índigo y de esto dependerá la cantidad a utilizar.
Stone	Piedra pómez, detergentes, enzimas celulasa.	En estos procesos lo que se brinda a la prenda es un terminado desgastado, envejecido o efecto de pique en la prenda.
Neutralizado	Bisulfito y celulasa.	Los neutralizados se realizan con el fin de que el producto oxidante para bleachs o enzimáticos de los Stone corten su efecto en la prenda y evitar el desgaste hasta el punto de ruptura de la prenda.
Teñidos	Pigmentos, colorantes directos y reactivos.	Es donde se le da diferente coloración a las prendas, se

		hace en frio y en caliente, en maquina tiene una relación de baño 1/10, es decir, por cada kg de clorante se necesitarían 10 L de agua, adicionalmente hay una técnica de teñido manual llamada Tie Dye, la cual utiliza una concentración mucho más alta de colorante.
--	--	---

Luego de describir cada uno de los procesos y conocerlos a fondo, se encontró el mayor aporte tanto en color como en variaciones de pH e implícitamente aumentos en DBO y DQO en al agua por ser productos orgánicos debido a los teñidos en Tie Dye, por este motivo todas las mejoras en el tren de tratamiento fueron enfocadas a este proceso en especial.

Es de resaltar que el Tie Dye es un proceso que tiene una relación de baño de 1/10 como los procesos en máquina, pero su agravante está relacionado es con el uso en cada prenda, ya que, por cada unidad se debe hacer esta misma preparación y no será utilizada en otra prenda, adicionalmente el agotamiento del color no se da por completo, es decir, los teñidos en maquina tienen un tiempo de contacto con la prenda de hasta 60 minutos, lo que quiere decir que el color se adhiere a la prenda durante 60 minutos y se agota en la prenda, por el contrario el proceso de Tie Dye solo se hace en 3 minutos, lo que implica que la concentración del baño sigue teniendo mucho color y al no poder ser nuevamente utilizado se libera para entrar al proceso de tratamiento. Es de allí donde se enfoca la mejora del tren de tratamiento y en donde se enfocó la mejora de procedimiento por parte de los desarrolladores de técnicas en los procesos de teñido.

## 5 Resultados y análisis.

### Primera etapa: Revisión de la literatura.

PROCESO	AUTORES Y AÑO	CONDICIONES DE OPERACIÓN	RESULTADOS ENCONTRADOS
Tratamiento de aguas residuales textiles por AOPs.	L. Bilińska et al., 2017	-La eficiencia de la AOP se midió como el porcentaje de decoloración después de 10 minutos del tratamiento. -El medio de reacción era alcalino (pH = 12) y la concentración inicial de los colorantes era de 0,125 g / L, lo que corresponde con las condiciones de una descarga de teñido industrial.	-El proceso de oxidación únicamente utilizando ozono demostró ser el más eficiente, con una decoloración hasta del 90 %. -La mezcla de ozono más peróxido de hidrogeno no fue el esperado ya que hubo una

		<p>-La dosis de ozono aplicada fue de 0.28 g/L.</p> <p>-Las concentraciones de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fueron de 0,005 y 0,01 M</p>	<p>disminución de color entre 40 y 60 %.</p>
<p><b>Una revisión de las tecnologías existentes y emergentes en la combinación de AOP y procesos biológicos en el tratamiento de aguas residuales de textiles industriales.</b></p>	<p><u>Katarzyna Paździor et al., 2018</u></p>	<p>-La dosis de ozono a la relación inicial DQO era por lo general en el rango de 0,5-2,5 g O<sub>3</sub> g O<sub>2</sub>.</p> <p>- El medio para una reacción ideal era básico</p>	<p>-La ozonización fue efectiva en la decoloración más del 80% en la mayoría de los casos.</p> <p>- La generación de radicales hidroxilo a partir del ozono puede mejorarse mediante la adición de peróxido de hidrógeno.</p>
<p><b>Evaluación de los procesos de oxidación avanzada (AOP) del biorreactor integrado de membrana (MBR) para el tratamiento real de las aguas residuales de los textiles.</b></p>	<p><u>U. Sathya et al., 2019.</u></p>	<p>-El proceso de ozonización se llevó a cabo con un pH real (pH = 8.1, medio alcalino) porque el efecto del pH en el proceso de ozonización fue trivial.</p> <p>- Las aguas residuales utilizadas en este estudio fueron tomadas de la industria textil ubicada en SIPCOT, Tiruppur, India, también conocida popularmente como ciudad textil. Las aguas residuales se almacenaron en recipientes de plástico de 100 l, se mantuvieron a temperatura ambiente bajo refrigeración (2 ° C) y se sacaron solo durante el análisis.</p>	<p>-Se han intentado cinco concentraciones diferentes de ozono, como 1, 2, 3, 4 y 5 (g/h)</p> <p>- La eliminación de color y el porcentaje de eliminación de DQO aumentaron con el aumento de la dosis de ozono.</p> <p>- La eliminación de color máxima del 61% se logró con la dosis máxima de 5 g/h (130 mg/L).</p>
<p><b>Pulido de aguas residuales textiles tratadas biológicamente a través de AOP y reciclaje para procesamiento en húmedo.</b></p>	<p><u>Kashif Na deem et al., 2017.</u></p>	<p>-El ozono en presencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produce más radical hidroxilo y se espera que para mejorar la velocidad de decoloración de las aguas residuales textil.</p> <p>- De acuerdo con la literatura, la proporción de 1 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : 2 O<sub>3</sub> o menos puede proporcionar resultados satisfactorios con respecto al color y la eliminación de DQO</p>	<p>-La adición de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no mostró ningún efecto positivo en la eficiencia del tratamiento, incluso a concentraciones más altas, por el contrario, la adición de más peróxido de hidrógeno (más de 2.26 mg / L) afectó el color y las eliminaciones de DQO de manera negativa.</p> <p>-Las eliminaciones de color y DQO a una concentración óptima de 0.79 mg / L fueron de 99.1% y 66.3%, respectivamente.</p>

Tabla 1: Artículos comparativos que se utilizaron para el desarrollo del informe.

## Segunda etapa: Modificación experimental del tren de tratamiento

1. El peróxido de Hidrógeno funcionó como un neutralizador de pH, lo que para la muestra que se ozonizó después de coagulación-floculación (**Experimento N°4**) fue muy beneficioso, ya que el polímero y el PAC trabajan en medios de pH neutros o rangos entre 7.5-8.5, y el agua de estos baños de Tie Dye tienen inicialmente un pH entre 11-12. Esta mejora se evidenció directamente en formación de un buen Floc y generación de mayor cantidad de lodos, esta botella fue la que mejor decoloración presentó.

2. Al tener un control pre tratamiento en el pH del agua a tratar, los productos actúan de mejor manera; pero lo más destacado en este punto es que la utilización del peróxido de hidrogeno sirve como neutralizador de pH alcalinos y no solo mejorando los procesos oxidativos que era lo que se buscaba con la utilización de este.



Imagen 3: filtración de agua para muestra de lodos.

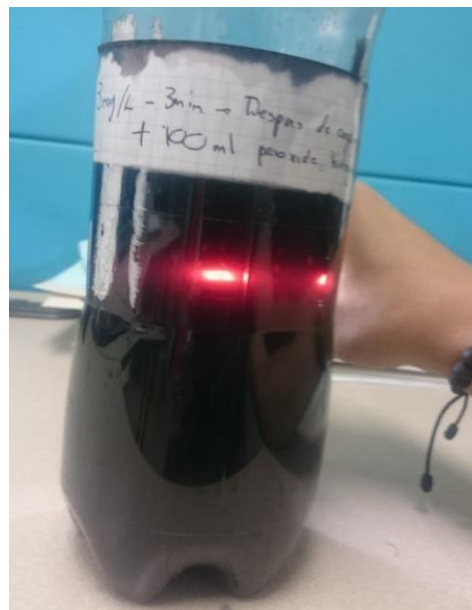


Imagen 4: Muestra con aparente mejora en tratabilidad.



Imagen 5: Imagen del agua previa a tratamiento

3. La ozonización en el tratamiento de agua en Termimoda S.A, es viable porque se cuenta con la tecnología disponible y se ve un cambio sustancial en la decoloración del agua, este análisis se fundamenta en la absorción de color de cada muestra post ozonización, es decir, se hace pasar un rayo de luz por la botella antes de iniciar cualquier tipo de tratamiento como se muestra en la **Imagen 4** es de resaltar que todas las muestras antes de tratamiento, debido al nivel de coloración absorben toda la luz, es decir, no se observa la luz saliendo por el otro lado y luego del tratamiento se vuelve a pasar el rayo que puede indicar mejoras.

4. La producción de ozono se presume baja y por lo tanto no se ven los resultados esperados, es decir, la generación de ozono no es la óptima para este tipo de proceso, o se necesita un tiempo más prolongado en contacto con el agua a tratar, pero basado en la revisión bibliográfica, los procesos que tienen un requerimiento más elevado tiene máximo 15 minutos de contacto, pero con una producción de ozono más elevada.

### **Tercera etapa: Análisis de los procesos productivos que impliquen una mejora directa en el tren de tratamiento.**

Gracias a la búsqueda y análisis realizados en este punto se logró detectar como se ha demostrado con anterioridad que el proceso de teñido Tie Dye tiene gran influencia en la deficiencia en el funcionamiento de la PTAR, lo que llevo a intentar los ensayos de ozonización ya planteados, además como era un problema no detectado dentro de la compañía, funcionó como un incentivo para intentar nuevas formulaciones en cuanto a los usos de este proceso, los cuales durante la elaboración de este proyecto se han ido realizando, y que como resultados iniciales, se puede contar que se ha logrado bajar el uso de los colorantes a la mitad del uso anterior, lo que implica una mayor dilución, en el momento no se ha trabajado en lotes completos por lo que no es posible observar como sería el tratamiento de este tipo de colorantes, con el procedimiento convencional o si con la ozonización funcione de mejor manera.

Los parámetros que se analizaron in situ por que se contaba con la tecnología o instrumentos necesarios fueron: Color, olor, pH, dureza, translucidez (Es decir que permite o no el paso de un rayo de luz, como se pude observar en la **Imagen 4 y 5**, respectivamente) y temperatura; y en dicho orden se ubicaran los valores en la **tabla 2**.

<b>EXPERIMENTO</b>	<b>PARAMETROS</b>	<b>PRODCUTOS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Sin tratamiento	Negro, tinta, 12, 30ppm, sin translucidez, 26°C	Un litro de agua a tratar.	Este es el agua de referencia es decir la serviría como guía para percibir las mejoras.
Experimento 1	Rojo oscuro, tinta, 11.5, 30ppm, poca translucidez, 28°C	Un litro de agua a tratar + ozono (15 minutos)	Este experimento no mejoró en buena medida la reducción de

			color, además de tener un pH en exceso alto para la salida de un efluente.
Experimento 2	Rojo oscuro, tinta, 11.5, 30ppm, poca translucidez, 28°C	Un litro de agua a tratar + ozono (15 minutos) + pac + polímero anicónico.	Se esperaba un cambio más evidente, pero cabe resaltar que las condiciones de pH no favorecen la coagulación-floculación.
Experimento 3	Rojo oscuro, inodoro, 8, 30ppm, translucidez más notoria, 31°C	Un litro de agua a tratar + ozono (15 minutos) + 100ml de peróxido de hidrogeno.	El cambio más relevante en este experimento es que la adición del peróxido de hidrogeno genera una disminución de pH, que además de la tratabilidad es fundamental para realizar el vertimiento.
Experimento 4	Rojo oscuro, inodoro, 7.5, 30ppm, translucidez notoria, 31°C	Un litro de agua a tratar + ozono (15 minutos) + 100ml de peróxido de hidrogeno + PAC + polímero anionico.	Fue el agua que mejor presento parámetro de decoloración, translucidez y pH, hubo buena generación de Floc y de lodos como se muestra en la <b>Imagen 3</b> .

**Tabla 2: Tabulación de los resultados de cada experimento.**

## 6 Conclusiones

1. La ozonización en el tratamiento de agua en Termimoda S.A, es viable porque se cuenta con la tecnología disponible y se ve un cambio sustancial en la decoloración del agua, este análisis se fundamenta con la absorción de color de cada muestra post ozonización, es decir, se hace pasar un rayo de luz por la botella antes de iniciar cualquier tipo de tratamiento, es de resaltar que todas las muestras antes de tratamiento, debido al nivel de coloración absorben toda la luz, es decir, no se observa la luz saliendo por el otro lado y

luego del tratamiento se vuelve a pasar el rayo para observar, algún tipo de cambio, como se puede ver en la **imagen 5**.

2. Los resultados más relevantes se dan en procesos post coagulación-floculación más el uso de peróxido.
3. Los otros ensayos no generan resultados influyentes, ya que no se nota decoloración y por la oscuridad de la muestra tampoco se nota formación del floc y lodos y a la hora de filtrar pasa el líquido completo.
4. Los procesos de ozonización dentro de la compañía Termimoda S.A si bien, generan cambio en el agua y una decoloración prudente, no parece ser la alternativa más efectiva para el mejoramiento del tren de tratamiento, mientras no se pueda tener una variación en los niveles de generación de ozono, lo cual se está intentando buscar con los proveedores del equipo, pero que se ha visto limitado por la escases de asistencia técnica en el país (La compañía jeanologia es la proveedora del equipo, llamado G2 plus y tienen ubicación y procedencia en España) **imagen 2**.
5. Se analiza a raíz de la investigación literaria la manera de controlar los parámetros del equipo de generación de ozono, con el fin de poder aumentar el poder del gas y el tiempo de inyección del ozono, ya que se espera que en un tiempo más prolongado de contacto se genere una mejor decoloración, además se plantea la posibilidad de hacer algunas adecuaciones y que en conjunto sea un proyecto viable y utilitario para la empresa.

## 7 Referencias Bibliográficas.

- Colombia, Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0631 de 2015, “Por el 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”.
- Juliano Carvalho Cardoso, Guilherme Garcia Bessegato, María Valnice Boldrin Zanoni,
- Bessegato et al. 2015, G.G. Bessegato, T.T. Guaraldo, J.F. de Brito, M.F. Brugnara, M.V.B. Zanoni.
- Alves de Lima et al., 2007 R.O. Alves de Lima, A.P. Bazo, D.M.F. Salvadori, C.M. Reach, D. de Palma Oliveira, G. de Aragão Umbuzeiro.



