

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA EN EL TRATAMIENTO DE
EFLUENTES DEL PROCESO DE TEÑIDO PARA JEAN ÍNDIGO, SECTOR
CARVAJAL DE BOGOTÁ.

FABIO ESTEBAN BARRETO GALLO
MARIA ALEJANDRA MARTINEZ ACOSTA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SOACHA
2019

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA EN EL TRATAMIENTO DE
EFLUENTES DEL PROCESO DE TEÑIDO PARA JEAN ÍNDIGO, SECTOR
CARVAJAL DE BOGOTÁ.

FABIO ESTEBAN BARRETO GALLO
MARIA ALEJANDRA MARTINEZ ACOSTA

TRABAJO TIPO MONOGRÁFICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR:
ING. NICOLAS RAMÍREZ CASTILLO
INGENIERO INDUSTRIAL -DOCENTE UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SOACHA
2019

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Soacha, Cundinamarca 22 de abril de 2019

DEDICATORIA

Éste trabajo está dedicado primordialmente a Dios quien ha sido partícipe y guía en este proceso.

A mis padres Sandra Yanile Acosta Riaño y Richard Alexander Martinez Reyes por su apoyo, paciencia, entendimiento y amor incondicional, por brindarme una formación de crecimiento y de educación que me permitirá ser una gran profesional y seguir mi camino como la mujer que soy hoy en día, a mi hermano Richard Alexander Martinez Acosta por su motivación y acompañamiento en este camino de mi vida.

A mi familia, amigos y cada una de las personas que estuvieron presentes en este proceso de formación, por sus palabras de aliento y apoyo en todo momento.

A mi amigo Fabio por su paciencia, entendimiento, comprensión y acompañamiento en esta idea, que nos permitirá cerrar un ciclo más en nuestra vida.

Maria Alejandra Martinez Acosta.

A mis padres Maria Magdalena Gallo Alape y Jhon Fabio Barreto Moreno por brindarme todo su apoyo durante mi carrera y la realización de este proyecto. Por todo el sacrificio que realizaron para que yo pudiera estudiar y en especial por ofrecermelo su tiempo ya que, gracias a eso, soy la persona que soy y la forma de agradecerse es convirtiéndome en un gran profesional y ser humano. A mis hermanos Cristhian, Tatiana y Paola por su motivación y ejemplo a seguir durante el inicio y final de cada una de mis etapas educativas.

A cada uno de los profesores que hicieron posible que yo llegara hasta donde estoy, en especial al profesor Nicolás por su apoyo como director.

A mis amigos y cada una de las personas que estuvieron presentes en mi camino a convertirme ingeniero industrial, en especial a mi amiga María Alejandra Martínez Acosta, por su comprensión, dedicación, paciencia y dedicación para este proyecto y durante toda la carrera, que es la mejor persona con la que pude compartir y culminar, quizás, el ciclo más importante para nuestras vidas.

Fabio Esteban Barreto

Gallo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios por guiarnos durante el recorrido de este camino. A cada una de las personas que estuvieron presentes en el desarrollo de este proyecto y de nuestra formación como profesionales.

A todos nuestros compañeros que lucharon con nosotros en este maravilloso sendero del conocimiento ofreciéndonos su compañía. En especial a Chary Esteban Quinche por su apoyo y acompañamiento en este proceso, ya que nos aportó de sus conocimientos y nos apoyó en el desarrollo de esta idea.

A la empresa Procoljeans y su gerente Don Raúl por abrirnos sus puertas y colaborar con nosotros para la realización de este proyecto.

Y especialmente a todos y cada uno de los profesores que dedicaron su tiempo para transmitirnos cada uno de sus conocimientos para que llegáramos a dónde estamos, siendo grandes profesionales y humildes personas, porque sin ellos no seríamos lo que somos hoy en día.

CONTENIDO

GLOSARIO.....	10
RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	15
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5. LIMITACIONES Y ALCANCES DEL PROYECTO.....	16
¡Error! Marcador no definido. 5.1 LIMITACIONES DEL PROYECTO.....	16
5.2 ALCANCES DEL PROYECTO.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
FORMULACION DEL PROBLEMA.....	20
JUSTIFICACIÓN.....	21
10. MARCO REFERENCIAL.....	24
10.1. ANTECEDENTES.....	24
10.1.1. HECHOS ANTERIORES AL PROBLEMA.....	24
10.1.2. RELEVANCIA DEL PROBLEMA.....	26
10.1.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA.....	29
10.2. BREVE ESTADO DEL ARTE.....	32
10.3. MARCO TEORICO.....	34
10.3.1. MEJORA CONTINUA Y CALIDAD.....	34
10.3.2. COLORANTES.....	37
10.3.2.1. COLORANTE ÍNDIGO.....	38
10.3.2.2. CLASIFICACIÓN DE COLORANTES.....	38
10.3.2.3. GRUPOS DE COLORANTES.....	39
10.3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS TINTES.....	39
10.3.4. REUTILIZACIÓN EN OTROS PROCESOS.....	40

10.3.5.TECNOLÓGICAS USADAS PARA LA REMOCIÓN DE COLOR.....	42
10.3.6. METODOS DE REMOCIÓN DE COLOR.....	43
10.4.MARCO LEGAL	46
10.5.MARCO CONCEPTUAL.....	47
11.METODOLÓGIA.....	49
11.1. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA.....	49
11.2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.....	49
12.DESARROLLO.....	50
12.1. RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PROCESO QUE SE REALIZA DENTRO DEL SECTOR TEXTIL.....	50
12.2. IMPLICACIONES AMBIENTALES Y ECONOMICAS QUE TIENE UNA EMPRESA DEL SECTOR TEXTIL PERTENECIENTE AL SUBSECTOR DE TINTORERIA Y ACABADOS DE PRODUCTOS COMO EL JEAN ÍNDIGO...52	
12.2.1. IMPLICACIONES AMBIENTALES.....	52
12.2.2. IMPLICACIONES ECONOMICAS.....	53
12.2.3. MATRIZ DOFA.....	53
13 ANÁLISIS.....	55
13.1. TRATAMIENTO BIOLÓGICO.....	55
13.2. ANALISIS DESCRIPTIVO E INFERENCIAL.....	56
13.3. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL.....	63
14.PROPUESTA - FACTORES – DISEÑO.....	67
14.1.SISTEMA DE LOGISTICA INVERSA.....	67
14.1. FACTORES DEL SISTEMA DE LOGISTICA INVERSA PARA LA MINIMIZACIÓN DE COSTOS Y LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (INDICADORES DE GESTIÓN)	68
14.1.1.BOMBAS DE AGUA.....	68
14.1.2.ELECTROBOMBAS.....	68
14.1.3. BOMBA PERIFERICA.....	69
14.1.4.BOMBA CENTRIFUGA.....	69
14.1.5. BOMBA TIPO JET.....	70

14.1.6. BOMBAS DE AGUA SUMERGIBLE.....	70
14.1.7. BOMBAS DE AGUA COMPACTAS.....	70
14.2. INDICADORES DE GESTIÓN.....	71
14.2.1. EFICACIA.....	71
14.2.2. EFICIENCIA.....	71
14.2.3. PRODUCTIVIDAD.....	72
14.2.4. COSTO / BENEFICIO DEL PROYECTO.....	72
14.3. DISEÑO DEL SISTEMA FINAL MEDIANTE EL SOFTWARE LUCIDCHAR Y SU SIMULACIÓN (DISTRIBUCIÓN EN PLANTA)	85
15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
15.1. CONCLUSIONES.....	85
15.2. RECOMENDACIONES.....	86
16. BIBLIOGRAFIA.....	87

Lista de Tablas

Tabla 1 Características de las aguas residuales urbanas.....	21
Tabla 2 Tipos de colorantes y pigmentos.....	39
Tabla 3 Parámetros vertimientos a un cuerpo de agua.....	46
Tabla 4 Parámetros ministerio de medio ambiente.....	47
Tabla 5 Recolección de datos.....	50
Tabla 6 Matriz DOFA investigación.....	53
Tabla 7 Inoculación A.....	60
Tabla 8 Inoculación B.....	60
Tabla 9 Beneficios de la logística inversa.....	68
Tabla 10 Costo mano de obra.....	72
Tabla 11 Tarifas acueducto año 2019.....	73
Tabla 12 Costo / beneficio	74
Tabla 13 Recuperación en litros y su respectiva disposición.....	74

Tabla 14 Equipos diseño de planta.....	76
--	----

Lista de Figuras

Figura 1 Tipo de industria según los efluentes.....	22
Figura 2 Modelos de tratamientos de efluentes textileras.....	23
Figura 3 Proceso de la logística inversa en el sector textil.....	35
Figura 4 Color Jean índigo.....	38
Figura 5 Usos urbanos.....	40
Figura 6 Medio de cultivo Park Robinson empleado para la suplementación del medio de degradación.....	58
Figura 7 Medio de cultivo Plackett Burman empleado para la suplementación del medio de degradación.....	59
Figura 8 Degradación colorante azul.....	61
Figura 9 Remoción de colorante índigo.....	62
Figura 10 Resultados matriz de riesgos externos e internos.....	63
Figura 11 Matriz de riesgos externos e internos.....	64
Figura 12 Matriz de aspectos e impactos ambientales.....	73

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Fichas técnicas.....	93
------------------------------	----

1. GLOSARIO

- **Logística inversa:** “Es aquella encargada de la recuperación reutilización y reciclaje de productos y materiales, para asegurar una recuperación ecológica sostenida, minimización de costos globales, gestión eficiente de las devoluciones y una mejora general de la imagen de la empresa que lo implanta”. (REVLOG, 2004).
- **Efluentes:** “Hace referencia a todas las descargas residuales (desechos sólidos, líquidos o gaseosos) de los procesos industriales, como también los vertidos originados por distintos usos del agua industrial” (Hernández y Gonzales, 1993).
- **Hongo Bjerkandera:** “Hongo que forma-. cuerpos fructíferos anuales, sésiles, efusos reflejos, a menudo en grupos imbricados, de hasta 3 mm. Superficie superior de cremosa a parda, de tomentosa o glabra a estrigosa a glabra con la edad, azonada o débilmente zonada. Superficie himinal de color de gris humo a negro, con poros angulares, regulares, unos 6-7 por mm. Contexto amarillo pálido, azonado, con una capa superior fina de tomento, de hasta 6 mm de grosor; capa de los tubos gris humo, distinta del contexto, de hasta 1 mm de grosor. (Bjerkandera adusta (Willd) P. Karst., Meddn Soc.Fauna Flora fenn. 5:38 (1880)).
- **Reingeniería:** “La Reingeniería de Procesos, o BPR (*Business Process Reengineering*), consiste en la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos. De este modo se alcanzarán mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez.” (Recuperado de: <https://www.aiteco.com/reingenieria-de-procesos/>)
- **Catalizador:** “Es una clase de sustancia que durante la catálisis (variación en la velocidad de una reacción química), altera el desarrollo de una reacción sin intervenir directamente en ella, permitiendo así reducir la contaminación. Los catalizadores que incrementan la velocidad de la reacción reciben el nombre de catalizador positivo y aquellos que las disminuyen se califican como negativos”. (Porto y Merino, 2012)
- **Adsorción:** “Proceso por el cual una sustancia (absorbible) presente, inicialmente en una fase fluida, es retenida en otra interfase que la separa una de la otra (adsorbente), esto para obtener como resultado una capa de líquido o gas en la superficie de la sustancia solida o liquida” (Gonzales, 2010).

Expuesto lo anterior se puede aplicar en algunos de los siguientes factores que se enumeran a continuación:

- Purificación de aguas residuales
 - Descontaminación de gases
 - Eliminación de olores, sabores o colores no deseados por ejemplo en aceites
 - Secado de aire
 - Ciencia forense (revelador de huellas dactilares)
-
- **Filtración:** “proceso de separación de sólidos mediante la interposición de un medio permeable (papel filtro – especie de tamiz, con unos orificios muy pequeños que permiten el paso de los líquidos pero que impiden el paso de los sólidos), capaz de retener partículas sólidas y que permita únicamente el paso de líquidos” (Filtración, s.f)

 - **Lodos activados:** “Es un proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aireador o reactor”. (<https://aguasresiduales.wordpress.com/pag/lodos-activados/>, 2008)

 - **Demanda de agua regenerada:** “La demanda diaria de agua regenerada de un determinado sistema urbano se puede estimar como suma de los consumos diarios en sus diversos campos de aplicación. La estimación de cada uno de ellos sigue los mismos criterios que si el suministro se hace con agua.” (Reutilización de aguas residuales, s.f)

2. RESUMEN

Debido a la gran contaminación que se genera por los vertimientos del proceso productivo de teñido del jean índigo, las industrias textiles tienen la necesidad de adoptar nuevas metodologías para la mitigación de estos impactos. Esta investigación tiene como objetivo principal Diseñar un sistema de logística inversa para el tratamiento de efluentes del proceso de teñido del jean índigo, lo cual mejoraría el proceso industrial y el impacto ambiental que se provoca.

Según (De Jager, Sheldon y Edwards, 2014), “Dichas industrias utilizan alrededor del 15% del total de agua empleada para labores industriales. La obtención del textil con sus diversas tonalidades y acabados genera aproximadamente 170.000 toneladas de agua residual por año en Colombia. Estas aguas contienen ceras, grasas, pectinas propias de la fibra, encolantes adicionados en las etapas de hilado y tejido, auxiliares y colorantes de las etapas de preparación y teñido del sustrato” Informador técnico (Colombia) 81 (2) Julio – diciembre 2017:142-150.

“Expuesto lo anterior las tecnologías tradicionalmente utilizadas para el tratamiento de aguas residuales de origen textil son lodos activados, coagulación, floculación, tratamientos electroquímicos o nano filtración”. “Tales métodos son a menudo muy costosos y aunque los colorantes se remueven por completo, la acumulación de lodo concentrado crea un problema de eliminación, otras técnicas emergentes, como ozonización, el tratamiento usando el reactivo de Fenton, y fotocátalisis pueden tener potencial para la decoloración. Sin embargo, estas tecnologías pueden ser económicamente inviables”. Por lo tanto, para reducir los problemas que estas industrias generan, se han propuesto alternativas de tratamiento que involucran “procesos biológicos los cuales han mostrado un gran potencial debido a que son eficientes, amigables con el medio ambiente y atractivos económicamente” (Anastasi et al., 2010).

Además “los beneficios de implantar procesos de logística inversa en las empresas del sector textil se reflejan en ventajas competitivas como: reducción de costos, gastos y re – procesos, aumento de la productividad, optimización de tiempos de producción y entrega, liberación de recursos de producción, mejor imagen y posicionamiento estratégico”. Por ende, este proyecto evalúa y analiza los aspectos necesarios para el desarrollo del diseño de un modelo de logística inversa, en el sector textil – Carvajal de Bogotá, y así mismo analiza los aspectos que favorecen el utilizar alternativas de tratamientos biológicos.

El modelo de logística inversa propuesto, permite la recuperación del valor económico en el espacio en el que se va a reutilizar, ayuda al cumplimiento de la normatividad ambiental y legal ofreciendo una oportunidad económica, ya que permite darle una disposición final y contribuir con el medio ambiente, igualmente la metodología analítica propuesta permite conocer los procesos e insumos del sector textil.

Por otro lado, la reutilización de este tipo de vertimientos, representa un factor positivo para tener mayor participación en el mercado, ya que aquellas empresas que utilizan la herramienta de logística inversa pueden llegar a ser más auto-sostenibles. Sin embargo, actualmente las empresas prefieren pagar por contaminar, en lugar de buscar alternativas de reproceso.

El análisis de costos, considera los costos relacionados directamente con los servicios y la normatividad ambiental, ya que son los que se verían más afectados y permiten mayores ahorros económicos, al desarrollar el diseño de logística inversa. Se utilizó información secundaria del sector textil procedente de la fuente Procoljens.

PALABRAS CLAVE: Logística inversa, Medio Ambiente, Jean índigo, Efluentes, Innovación, Sector textil.

3. INTRODUCCIÓN

“Las aguas residuales municipales son aquellas aguas de abastecimiento que después de ser utilizadas en las actividades domésticas (consumo humano, cocimiento de alimentos, aseo personal y local, etc.) e industriales (lavados, diluciones, calentamientos, refrigeración, etc.) son descargadas a los alcantarillados domiciliarios o directamente al ambiente.” **(Ministerio del medio ambiente, 2002)**. Con base en lo mencionado anteriormente, no solo se incrementan las ventas si no también la producción y por consiguiente el proceso productivo de teñido, proceso que es el mayor y principal contaminante de las industrias textiles. Según, (la ONG Institute of Public and Environmental Affairs (IPE) (s.f)), “la industria textil en el mundo descarga 2,5 billones de litros de agua en sus ríos. Mucha de ella contaminada.”

El jean índigo en Colombia es manejado por algunas industrias y en ciertos sectores industriales, para su proceso utilizan ciertos insumos dentro de los cuales se encuentra el tinte con el que es teñida la materia prima, impulsando así un desarrollo que se incrementa cada vez más. En el sector Carvajal actualmente no se realiza ningún proceso que mitigue este impacto que genera el utilizar este tipo de insumos para obtener el producto terminado, por ende, surge la necesidad de diseñar un sistema que permita reutilizar este vertimiento dentro de otro espacio de la empresa, con el fin de mitigar el impacto y optimizar costos.

La investigación se distribuye en 4 fases las cuales son: diagnóstico, evaluación, análisis y diseño, dentro de cada una de estas se evidencia recopilación de datos, identificación de propiedades, matriz dofa, análisis por medio de estadística descriptiva y estadística inferencial, matriz de impacto ambiental, indicadores de productividad, diseño mediante el software Lucidchar y hasta el software de simulación, con la finalidad de mostrar una propuesta que lleva criterios sociales, económicos y ambientales y que así mismo sea tomada como referencia para mitigar el impacto y optimizar los costos en este tipo de industrias.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de logística inversa para el tratamiento de efluentes del proceso de teñido del jean índigo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Presentar las implicaciones ambientales y económicas que tiene una empresa del sector textil perteneciente al subsector de tintorería y acabados de productos como el jean índigo, para la recuperación de los efluentes resultantes de la operación.
- Analizar las pruebas del tratamiento biológico, para determinar aspectos e impactos ambientales de los vertimientos provenientes del proceso de tintorería del jean índigo.
- Proponer un diseño de reutilización para los vertimientos provenientes del proceso de tintorería del jean índigo bajo sistema de logística inversa.
- Presentar el diseño del sistema de logística inversa para la minimización de costos y la mitigación del impacto ambiental.

5. LIMITACIONES Y ALCANCES DEL PROYECTO

5.1. LIMITACIONES DEL PROYECTO

Las limitaciones que se pueden presentar en la ejecución del proyecto son:

- Empresas: no saber cómo va a reaccionar la empresa respecto al cambio, capital (parte económica) e infraestructura y confidencialidad de la información.

Recolección de información

- Ilegalidad (corrupción) de las empresas del sector.

5.2. ALCANCES DEL PROYECTO

- La investigación abarca solo la propuesta del diseño para la implementación del tratamiento para los efluentes del proceso de teñido en jean índigo.
- La propuesta de esta investigación pretende proponer una metodología de tratamiento para la mitigación de los impactos generados por el proceso de teñido en jean índigo.
- Reingeniería del proceso productivo para la optimización de los costos.
- El agua recolectada por el sistema de logística inversa no será apta para su consumo ni para tener contacto directo, ya que por ser agua residual del proceso de tintorería cuenta con propiedades físicas y químicas que pueden afectar la salud humana, por ende, su uso será exclusivamente en sanitarios y lavado de fachadas.

6. PLANTEAMIENTO DL PROBLEMA

La industria textil alrededor del mundo ha ido creciendo, tanto que se ha convertido en la segunda más contaminante del mundo. Sánchez. C (s.f) afirma: “Cada año se venden 80.000 millones de prendas en el mundo. Desde que empresas como Zara y H&M impusieron el ‘pronto moda’, el consumo de prendas se ha disparado, mientras toneladas de ropa vieja se acumulan sin que nadie sepa bien qué hacer con ellas.”

“El agua es la sustancia más abundante sobre la tierra y constituye el medio ideal para la vida. El 97% del agua se encuentra en los océanos en forma de agua salada. El 3% restante es agua dulce, de la que el 80% se concentra en los polos y en glaciares y sólo el 0,3% corresponde a las aguas superficiales.” **(Universidad Nacional, 2007)**

“Las aguas residuales municipales son aquellas aguas de abastecimiento que después de ser utilizadas en las actividades domésticas (consumo humano, cocimiento de alimentos, aseo personal y local, etc.) e industriales (lavados, diluciones, calentamientos, refrigeración, etc.) son descargadas a los alcantarillados domiciliarios o directamente al ambiente.” **(Ministerio del medio ambiente, 2002)**

Con base en lo mencionado anteriormente, no solo se incrementan las ventas si no también la producción y por consiguiente el proceso productivo de teñido, proceso que es el mayor y principal contaminante de las industrias textiles. Según, (la ONG Institute of Public and Environmental Affairs (IPE) (s.f)), “la industria textil en el mundo descarga 2,5 billones de litros de agua en sus ríos. Mucha de ella contaminada.”

Siendo China la que aporta un 65% de la producción mundial de textiles así mismo la que mayor contaminación produce. Un claro ejemplo es el Rio Amarillo ubicado en este mismo país, que cuenta con 5.464 kilómetros de largo y que solo el 16% es potable, ya que recibe los residuos de miles de personas y de miles de empresas, entre ellas las textiles, que vierten sus desechos directamente al rio sin ningún tipo de tratamiento previo.

En este orden de ideas, lo que pasa en el mundo no debe ser ignorado por Colombia, a pesar de que los efluentes provenientes de las industrias textiles

no sean de la misma magnitud, Colombia debería acogerse a normas internacionales para no incurrir en problemas ambientales a largo plazo.

“Uno de los principales focos de la industrialización en Colombia, ha sido la industria textil, que representa una gran importancia, ya que es un sector que genera un gran porcentaje de empleo y tiene un gran desarrollo en tres de las ciudades más importantes del país como lo son, Medellín, Bogotá y Cali”. **(Cabrera, 2013)** “Para el año 2015, el sector textil y de confección representó un 12.1% de la producción industrial en Colombia y aproximadamente el 6.0% del total de las exportaciones” **(Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, 2004)**; Según, (Proexport, 2014), “en lo recorrido del año 2014, las exportaciones de prendas de vestir han representado un 2.0% de las exportaciones a nivel nacional, aspectos que validan la gran importancia de este sector para el desarrollo económico del país.” Teniendo en cuenta lo anterior surge la necesidad de realizar esta investigación para proponer medidas de prevención y modelos de tratamiento que permitan evitar y mitigar el impacto ambiental que se está generando por este tipo residuos de vertimiento.

Ahora debido a los constantes impactos NEGATIVOS sobre el recurso natural “EL AGUA” generados por la industria textil en los últimos años y la falta de ética ambiental, se origina la necesidad de proponer modelos, que permitan prevenir, controlar y mitigar los daños que se ocasionan por los diversos procesos realizados en estas industrias y que de esta forma permitan modificar en las industrias textiles los hábitos de gestión de residuos de vertimiento.

Expuesto lo anterior es de gran importancia tomar medidas preventivas respecto a esta problemática, como el uso de sistemas de mantenimiento, buscar otras fuentes de colorantes, por ejemplo, colorantes naturales, implementación de modelos que permitan reutilizar estas aguas residuales en el proceso del teñido de la tela o en su defecto en algún otro proceso de la industria y quizás lo más importante concientizar a las empresas sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, en especial, el agua.

Sin embargo, hay que tener en cuenta el presupuesto con el que cuenta la empresa para invertir en cualquier tipo de modelo, ya que el costo en la implementación de algunos tipos, podrían llegar a ser muy alto, y de este modo no permite que sea asequible para este tipo de industrias, pero si se dan a conocer los costos de calidad a largo plazo será una buena inversión tanto legal como económica.

Diseño de un sistema de logística inversa en el tratamiento de efluentes del proceso de teñido para jean índigo, sector Carvajal de Bogotá.					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO	ACTIVIDADES
Contaminación de fuentes hídricas por vertimientos del proceso de teñido.	GENERAL Diseñar un sistema de logística inversa para el tratamiento de efluentes del proceso de teñido del jean índigo.	Aplicando métodos en el tratamiento de efluentes del proceso tela-teñida, se mitiga la concentración de colorantes en el agua, permitiendo que esta pueda reutilizarse en sus procesos productivos y así mismo los métodos implementados sean económicamente viables, bien sea a corto o largo plazo.	INDEPENDIENTE Presencia de tinte en el agua de la tela teñida por medio de procesos químicos.	TIPO DE INVESTIGACION. Experimental.	ENFOQUE Tratamiento del agua con tinte proveniente de la tela teñida por medio de modelos biológicos económicamente viables.
SUBPROBLEMAS - El uso de una amplia variedad de colorantes químicos da origen, en periodos cortos de tiempo, a efluentes extremadamente variados en su composición, que	GENERALES • Presentar las implicaciones ambientales y económicas que tiene una empresa del sector textil perteneciente al	ESPECIFICAS - El uso de modelos biológicos permitirá un tratamiento efectivo y económicamente viable.	DEPENDIENTE El uso de colorantes químicos que son tóxicos por estar compuestos de un anillo aromático.	METODOLOGIA Tipo de Estudio: Estudio Horizontal o Longitudinal Área de Estudio: Efluentes de la Tela Teñida. Universo y Muestra: San Humberto Ubicado	ACCIONES - Distinguir el lugar donde se vierte el agua teñida. - Extraer muestra del agua residual.
requieren de un tratamiento de aguas muy complejo. (Nigam et al., 1996; Kandelbauer et al., 2005 y Dias et al., 2007). - Las tecnologías utilizadas como técnicas emergentes a menudo son muy costosas para la industria textil. A pesar de que su remoción de colorantes es efectiva por completo. J. García Montaña, F. Torrades, J. A. García Hortal, x. Doménech y J. Peral, "Combining photo-Fenton process with aerobic sequencing batch reactor for commercial hetero-bireactive dye removal" Applied Catalysis B: Environmental, pp. 86-92, 2006.	subsector de tintorería y acabados de productos como el jean índigo, para la recuperación de los efluentes resultantes de la operación. • Analizar las pruebas del tratamiento biológico, para determinar aspectos e impactos ambientales de los vertimientos provenientes del proceso de tintorería del jean índigo. • Proponer un diseño de	- La caracterización del vertido permitirá una buena elección de tecnología o diseño de tratamiento a utilizar		en el Municipio de Soacha, Cundinamarca. Métodos e instrumentos de recolección de datos: Para empezar se tomó como referencia el uso de bases de dato de diferentes fuentes para adquirir el conocimiento actual e histórico sobre el tema a tratar, así mismo recolectar datos estadísticos y evidencias sobre los modelos en tenencias, los más efectivos, el coste de su implementación. Posteriormente realizar trabajo de campo en el área de estudio para poder extraer muestras del agua y así	- Análisis de la muestra - Identificar el modelo de tratamiento empleado por la empresa - Verificar los procesos de la empresa para una posible reutilización del agua en estos.

<p><i>teñido textil es tóxico para la salud y el medio ambiente.</i></p> <p>- El tratamiento de efluentes coloreados es un problema medioambiental que aún no ha sido resuelto satisfactoriamente para obtener, de forma general, un rendimiento elevado mediante un proceso estable, sostenible y económico. La elección de la tecnología más conveniente depende de numerosos factores, como el colorante utilizado, la cantidad y variedad de contaminantes del agua, el caudal vertido, el régimen de producción, etc. En cualquier caso, es absolutamente básico, para garantizar el éxito en la elección de la</p>					
<p>tecnología y en el diseño del tratamiento, realizar una completa campaña de caracterización del vertido.</p> <p>Tratamiento de aguas residuales, efluentes y aire al servicio del Medio Ambiente, Tratamiento para la eliminación del color en aguas residuales de la industria textil</p> <p>https://blog.condorchem.com/tratamiento-para-la-eliminacion-del-color-en-aguas-residuales-de-la-industria-textil/</p>					

8. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Qué tan importante puede ser elaborar un diseño de un sistema, utilizando como herramienta la logística inversa, en los vertimientos generados por el proceso de teñido para jean índigo en el sector Carvajal de Bogotá, esto para la parte legal, económica y ambiental?

9. JUSTIFICACIÓN

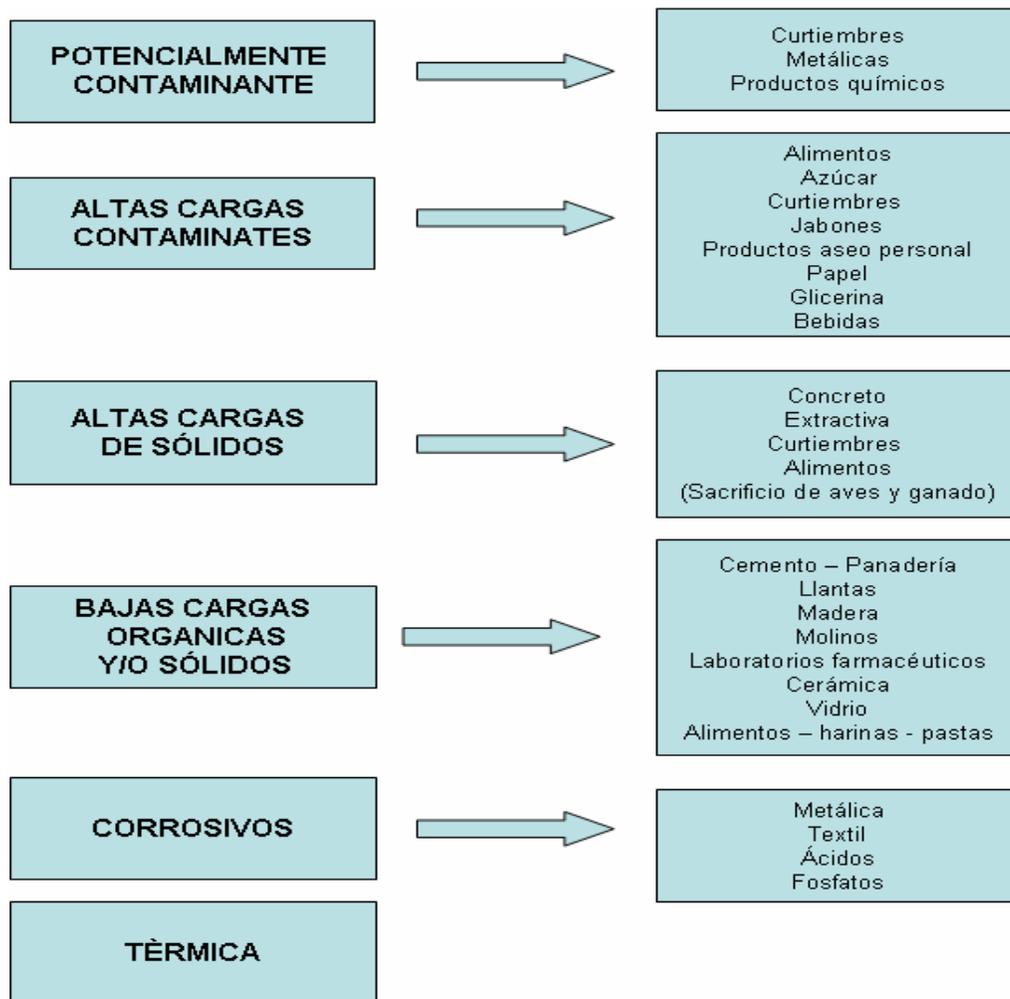
Debido a la gran contaminación que se genera por los vertimientos del proceso productivo de teñido del jean índigo, las industrias textiles tienen la necesidad de adoptar nuevas metodologías para la mitigación de estos impactos. Esta investigación tiene como objetivo principal Diseñar un sistema de logística inversa para el tratamiento de efluentes del proceso de teñido del jean índigo. Esto mejoraría el proceso industrial y el impacto ambiental que se provoca.

Tabla 1. (Características de las aguas residuales urbanas)

CARACTERÍSTICAS	CONCENTRACIÓN mg/l		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Sólidos Totales	1000	500	200
Sólidos Suspendidos	500	300	100
Sólidos Sedimentables	12	8	4
Nitrógeno total	80	50	25
Fósforo Total	20	15	5
Grasas y Aceites	40	20	0
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	10 ⁹	10 ⁷	10 ⁵
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	300	200	100
Demanda Química de Oxígeno DQO	1000	500	250

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Figura 1. Tipo de industria según los efluentes



Según (De Jager, Sheldon y Edwards, 2014).” Dichas industrias utilizan alrededor del 15% del total de agua empleada para labores industriales. La obtención del textil con sus diversas tonalidades y acabados genera aproximadamente 170.000 toneladas de agua residual por año en Colombia. Estas aguas contienen ceras, grasas, pectinas propias de la fibra, encolantes adicionados en las etapas de hilado y tejido, auxiliares y colorantes de las etapas de preparación y teñido del sustrato”. Por lo tanto, para reducir los problemas mencionados anteriormente, se han propuesto alternativas de tratamiento que involucran “procesos biológicos los cuales han mostrado un gran potencial debido a que son eficientes, amigables con el medio ambiente y atractivos económicamente” (Anastasi et al., 2010). “Las tecnologías tradicionalmente utilizadas para el tratamiento de aguas residuales de origen textil son lodos activados, coagulación, floculación, tratamientos electroquímicos o nano filtración”. (Zeea, Tseng y Tanyolac, 2009). “Tales métodos son a menudo muy costosos y aunque los colorantes se remueven por completo, la acumulación de lodo concentrado crea un problema de eliminación,

otras técnicas emergentes, como ozonización, el tratamiento usando el reactivo de Fenton, y fotocátalisis pueden tener potencial para la decoloración. Sin embargo, estas tecnologías pueden ser económicamente inviables". (García Montaña, 2006).

A continuación, se muestra una categorización de los tratamientos más utilizados para la eliminación de color (tinte) en las descargas de la industria textil.

Figura 2. Métodos de tratamiento de efluentes textileras



Fuente: (Saratale, 2011)

Expuesto lo anterior la investigación va encaminada a identificar los factores importantes, recopilar información y formular nuevas preguntas que permitan el desarrollo de la propuesta referente a los métodos que se puedan implementar y de este modo reutilizar. Así mismo tratar eficientemente los colorantes de grandes volúmenes de agua residuales a un bajo costo, permitiendo así que sea una alternativa viable, y de no ser así darse a conocer los costos de calidad que a largo plazo será una buena inversión tanto legal como económica. Por tal razón es de igual importancia conocer que conveniencia trae este proyecto a las industrias textiles y a la sociedad a la cual estos métodos se les van a aplicar.

10. MARCO REFERENCIAL

10.1. ANTECEDENTES

10.1.1. HECHOS ANTERIORES AL PROBLEMA

10.1.1.1 Contexto: Político- legal

Ámbito: Internacional

“La lana tenía gran reputación en la antigüedad y sólo era utilizada por las personas de mayor poder adquisitivo. Hollen (1997) refleja mejor este conocimiento con estas palabras: En Inglaterra la lana era de tal importancia que el rey Eduardo III, en 1350, decretó que el Lord Canciller debería sentarse sobre un costal de lana para que recordara la importancia económica de la industria de la lana. Actualmente, en la cámara de los Lores, el Lord Canciller se sienta en un sillón tapizado y relleno de lana: un saco de lana. (p. 29) Esto es lo que enuncia Hollen (1997) acerca de esta fibra tan particular, que tiene propiedades únicas y que hoy en día como en la antigua Inglaterra, se ha vuelto a considerar como una fibra de lujo”. Hallett Clive y Johnston Amanda, (2010), Telas para moda, guía de fibras naturales Inglaterra: Blume (p.175).

10.1.1.2 Contexto: Cultural

Ámbito: Internacional

“Hasta la última mitad del siglo XIX, todos los tintes a excepción de algunos colores minerales, eran de origen vegetal o animal. La materia colorante se extraía de raíces, tallos, hojas y flores de distintas plantas y de ciertos insectos y moluscos por medio de una serie compleja de procesos que se habían venido utilizando desde cientos de años antes de la era cristiana a todo lo largo de la edad media hasta el advenimiento de la racionalización de la química en el siglo XVIII.

Remontándonos hasta la antigüedad, diversas civilizaciones como las de Egipto, Persia, India y China usaban el teñido con tintes rojos y azules que sacaban de la hoja de la planta “Rubia” y las plantas de azafrán para teñir las telas de las envolturas de las momias.

Las siguientes grandes civilizaciones de Grecia y Roma sin duda tenían al arte del teñido mezclado no solo en su cultura, pero en su literatura y mitología también: un mito romano propone que Hércules descubrió el color “púrpura de Tiro”, el tinte de color ciruela que viene del caracol Murex, cuando notó la mancha púrpura

oscuro en las mandíbulas de su perro después de que el animal había mordido un caracol”.

Tinto, (2011). La cultura del color en la tela: una historia que contar. *industria textil teñido*.

Ámbito: Nacional

Las autoras inglesas (Hallett y Johnston) argumentan “que en la mayor parte del siglo veinte la fabricación industrial y el auge de los tejidos estaba centrado en las fibras naturales, sintéticas regeneradas provenientes de la celulosa y un gran número mayoritario proveniente de polímeros sintéticos basados en el petróleo”. (p.167). Las autoras dan cita de la problemática que envuelve a los textiles en cuanto al uso del petróleo en ellos: “el problema que tienen estos últimos es que dependen de una fuente natural no renovable y que se agota. Si reducimos nuestra dependencia del poliéster a su vez también reduciremos la del petróleo.” (Hallett y Johnston, 2010, p. 167). “Los hidrocarburos son un elemento comúnmente utilizado dentro de la industria textil para la fabricación de diversos textiles, pero este recurso es natural pero no renovable. Por ello debería ser utilizado con suma cautela y reserva.”

(Hallett Clive y Johnston Amanda, 2010), Telas para moda, guía de fibras naturales. Inglaterra: Blume (p.175).

10.1.1.3. Contexto: Ambiental
Ámbito: Internacional

“La industria textil, como punta de lanza de la Revolución Industrial, y más tarde el consumo máximo impulsado por la moda, agudizaron la problemática al provocar basura industrial. Cantidades de prendas, con efímeros ciclos de vida útil, desechadas y arrojadas como desperdicios en las sociedades más desarrolladas”. (Saulquin, 2010, p.228).

(Hallett Clive y Johnston Amanda, 2010), Telas para moda, guía de fibras naturales. Inglaterra: Blume (p. 175)

Ámbito: Nacional

“La industria textil es, desde hace mucho tiempo, una de las mayores consumidoras y contaminadoras de agua y no se ha conseguido avanzar mucho en la investigación y el desarrollo de métodos baratos de tratamiento, métodos de los que la industria tiene urgente necesidad para reducir la contaminación que

vierte a los ríos”. (p. 263). ((Hallett Clive y Johnston Amanda, 2010), Telas para moda, guía de fibras naturales. Inglaterra: Blume (p.175))

Ámbito: Local

“Durante el segundo semestre del 2003 se adelantó un proceso de concertación liderado por el DAMA, con los empresarios del sector textil con el fin de establecer un convenio de producción más limpia en el marco del cual se promueve la adopción de alternativas de producción sostenible para las empresas firmantes. Este convenio está en vigencia a partir de abril de 2004 y tiene una duración inicial de tres (3) años”. ((Mondragón M. 2004) Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa – Acercar Industria)

10.1.1.4. Contexto: Tecnológico

Ámbito: Local

“En primera instancia lo relacionado con la tecnología disponible en las empresas. En el caso de Bogotá, por tratarse de empresas más de carácter familiar, se encuentran equipos y maquinarias que cuentan en promedio con 20 - 30 años.” ((Mondragón M. 2004) Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa – Acercar Industria))

10.1.2. RELEVANCIA DEL PROBLEMA

10.1.2.1. Contexto: Social

Ámbito: Internacional

“Las grandes marcas (Zara, Metersbonwe, Levi’s, C&A, Mango, Calvin Klein, Jack & Jones y Marks & Spencer (M&S)) nos están convirtiendo en víctimas de la moda al vendernos ropa que contiene químicos nocivos que contribuyen a la contaminación del agua en todo el mundo, tanto cuando se fabrican como cuando se lavan”. (Yifang Li, 2012). Greenpeace descubre químicos peligrosos en ropa de importantes marcas internacionales “ (Recuperado desde:

<http://www.greenpeace.org/colombia/es/Noticias/Greenpeace-descubre-quimicos-peligrosos-en-ropa-de-importantes-marcas-internacionales/>,s.f)

Ámbito: Nacional

“Colombia dio un paso adelante hace poco más de 6 meses tras la entrada en vigor de una ley contra la contaminación, con la prohibición del uso desmesurado de los embalajes plásticos y el cobro de una tributación al cliente por los mismos.

Esto hizo que muchas empresas como Studio F y Grillo's optaran por bolsas de papel hechas con insumos reciclados libres de químicos.”

(Gonzales. T, 2017), La industria textil colombiana carece de políticas de ahorro, reciclaje y contaminación. Fashion Network (Recuperado desde: <http://ar.fashionnetwork.com/news/La-industria-textil-colombiana-carece-de-politicas-de-ahorro-reciclaje-y-contaminacion,890519.html#.Wo-CKYPOXIU>, s.f)

10.1.2.2. Contexto: Ambiental
Ámbito: Internacional

“El 65% de la producción mundial de textiles se lleva a cabo en China y según la ONG Institute of Public and Environmental Affairs (IPE), la industria textil descarga 2,5 billones de litros de agua en sus ríos. Mucha de ella contaminada.” (Expok, (2015). El proceso de teñido textil es toxico para la salud y el medio ambiente. Impactos del proceso de teñido textil.)

Contexto: Ambiental
Ámbito: Nacional

“La generación de vertimientos con cargas contaminantes, entre los que se destaca la presencia de fenoles, tensoactivos, color, algunos metales, carga orgánica medida como DBO5 8, y temperaturas superiores a los 30° C.” (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, (2004). Guía Ambiental para el Sector Textil. Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa. (p.25))

Contexto: Ambiental
Ámbito: Regional

“En cuanto a las fuentes de agua en la ciudad de Bogotá resulta que un alto porcentaje de empresas del sector textil, especialmente medianas y grandes, suplen sus necesidades de agua con la explotación de fuentes subterráneas, para lo cual cuentan con sus respectivas licencias. En este caso debe tenerse en cuenta que para su renovación es necesario contar con el registro de vertimientos y dar cumplimiento a la normatividad ambiental relacionada: Resolución 1074 de 1997 y Resolución 1596 de 2001 (véase el anexo 2).” (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (2004). Guía Ambiental para el Sector Textil. Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa. (p24).)

10.1.2.3. Contexto: Económico
Ámbito: Nacional

De acuerdo con las cifras entregadas por (Procolombia), “el cierre total de las oportunidades de negocio ascendió a los US\$356 millones. Hay que decir que, de ese monto, un 36% proyectó sus inversiones en compras textiles, otro 28% en maquinaria, un 19% en insumos, un 10% en fibras y el restante 7% en otros.”

10.1.2.4. Contexto: Tecnológico
Ámbito: Internacional

“Los Procesos de Oxidación Avanzada son especialmente útiles como pretratamiento antes de un tratamiento biológico frente a contaminantes resistentes a la biodegradación o como proceso de postratamiento para mejorar las características de las aguas antes de la descarga a los cuerpos receptores. La eficiencia de estas técnicas se debe en gran medida, como se ha indicado anteriormente, a la participación del radical hidroxilo, que proporciona procesos termodinámicamente más favorables y velocidades de oxidación superiores, que empleando otros métodos de oxidación.” (Pey Clemente, J. (2008). Aplicación de procesos de oxidación avanzada (Fotocatálisis solar) para el tratamiento y reutilización de efluentes textiles [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/2241).

Contexto: Tecnológico
Ámbito: Nacional

“Con la construcción de esta planta, que estuvo a cargo de la empresa israelí Odis Filtering y es la primera de este tipo de tecnología en el país, se fusionan dos procesos de alto impacto y amigables con el medio ambiente: El sistema de neutralización de las aguas residuales (que disminuye el nivel de alcalinidad) permite aprovechar parte del CO₂ emitido por la planta termoeléctrica, logrando así una disminución de las emisiones atmosféricas. La Planta de tratamiento de agua con remoción de color y su recirculación a los procesos, permitirá realizar una captación menor desde las fuentes hídricas y disminuir el volumen de vertimientos al colector de Empresas Públicas de Medellín.” (Fabricato, (2017). INAUGURACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON REMOCIÓN DE COLOR Y RECIRCULACIÓN. Recuperado de: <http://www.fabricato.com/es/noticias/128-inauguraci%C3%B3n-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-con-remoci%C3%B3n-de-color-y-recirculaci%C3%B3n-fabricato-2017>)

10.1.3. SITUACION ACTUAL DEL PROBLEMA

10.1.3.1. Contexto: Social

Ámbito: Internacional

“Un peligro para los trabajadores sometidos largas horas en contacto con los productos tóxicos, un peligro para el consumidor de productos textiles ya que estos tóxicos son resistentes a los baños un peligro para el agua que se convierte en una sustancia altamente contaminada y muy peligrosa si se usa como agua para beber o como agua de riego para los cultivos.” (Greenpeace) “en su campaña DETOX alerta de la presencia de NPE (Etoxilatos de nonilfenol), que se descomponen en sustancias químicas que interrumpen el ciclo hormonal, afectando a la salud de los consumidores.” (Xitoca, E., (2015). Impactos del proceso de teñido textil. *El proceso de teñido textil es tóxico para la salud y el medio ambiente.*)

10.1.3.2. Contexto: Político - Legal

Ámbito: Internacional

“Los colorantes, aún a bajas concentraciones, son altamente visibles y, dependiendo del proceso usado y de la normatividad vigente (por ejemplo, 1 ppm como concentración límite permisible en ríos para el caso del Reino Unido), es posible requerir de una reducción hasta del 98% de la concentración del colorante presente en el efluente industrial. Por esta razón, existe una fuerte demanda de tecnologías que permitan eliminar el color en estos efluentes y así hacer posible reciclar el importante volumen de agua que se consume durante el proceso. La degradación microbiana o enzimática podría permitir el reusó del agua tratada, ya que las enzimas solo atacan las moléculas del colorante, debido a su alta especificidad y dejan intactas los aditivos y las fibras” (Kandelbauer y Guebitz, 2005), (Cortázar, A. *Contaminación generada por colorantes de la industria Recuperado de:* [textilhttps://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html](https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html))

10.1.3.3. Contexto: Ambiental

Ámbito: Internacional

“Las aguas residuales de la industria textil son consideradas de las más contaminantes de los sectores industriales, considerando el gran volumen y la composición de los efluentes. El 65% de la producción mundial de textiles se lleva a cabo en China” y según la (ONG Institute of Public and Environmental Affairs

(IPE)), “la industria textil descarga 2,5 billones de litros de agua en sus ríos. Mucha de ella contaminada.

Alrededor de 200,000 toneladas de estos tintes se pierden en los cuerpos de agua cada año debido a la ineficiencia de los procesos de teñido y acabado.” “Se asume que la pérdida de colorantes durante el proceso de teñido es de alrededor del 10% y el 15% y muchos de estos colorantes escapan los procesos convencionales de tratamiento de agua, persistiendo en el entorno. Xitoca, E.” ((2015). Impactos del proceso de teñido textil. *El proceso de teñido textil es tóxico para la salud y el medio ambiente.*)

Ámbito: Nacional

“El tratamiento de efluentes coloreados es un problema medioambiental que aún no ha sido resuelto satisfactoriamente para obtener, de forma general, un rendimiento elevado mediante un proceso estable, sostenible y económico. La elección de la tecnología más conveniente depende de numerosos factores, como el colorante utilizado, la cantidad y variedad de contaminantes del agua, el caudal vertido, el régimen de producción, etc. En cualquier caso, es absolutamente básico, para garantizar el éxito en la elección de la tecnología y en el diseño del tratamiento, realizar una completa campaña de caracterización del vertido. Tratamiento de aguas residuales, efluentes y aire al servicio del Medio Ambiente” (*Tratamiento para la eliminación del color en aguas residuales de la industria textil*, s.f) (Recuperado de: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-para-la-eliminacion-del-color-en-aguas-residuales-de-la-industria-textil/>)

Ámbito: Local

“Con la construcción de esta planta, que estuvo a cargo de la empresa israelí Odis Filtering y es la primera de este tipo de tecnología en el país, se fusionan dos procesos de alto impacto y amigables con el medio ambiente: **El sistema de neutralización** de las aguas residuales (que disminuye el nivel de alcalinidad) permite aprovechar parte del CO₂ emitido por la planta termoeléctrica, logrando así una disminución de las emisiones atmosféricas. **La Planta de tratamiento** de agua con remoción de color y su recirculación a los procesos, permitirá realizar una captación menor desde las fuentes hídricas y disminuir el volumen de vertimientos al colector de Empresas Públicas de Medellín.”(*INAUGURACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON REMOCIÓN DE COLOR Y RECIRCULACIÓN FABRICATO*, (2017)).

10.1.3.4. Contexto: Económico

Ámbito: Internacional

“Existen métodos que se utilizan en el tratamiento de aguas residuales con colorantes que pueden aplicarse de manera eficiente y se encuentran disponibles comercialmente. Algunas tecnologías son altamente específicas y con costos elevados, por lo que no se aplican para una amplia variedad de colorantes y no resuelven totalmente el problema de la decoloración” (Kuhad *et al.*, 2004 y Anjaneyulu *et al.*, 2005). “Algunos de los métodos efectivos que se han usado para remover colorantes son la adsorción, transformación química, incineración, ozonación y fotocatalisis, aunque estas tecnologías resultan costosas” (De Moraes *et al.*, 2000). “Los sistemas biológicos aplicados a la degradación de colorantes se consideran como una alternativa menos costosa y menos agresiva con el ambiente” (Robinson *et al.*, 2001).

10.1.3.5. Contexto: Tecnológico

Ámbito: Internacional

“La coagulación es un proceso rápido, que toma desde décimas de segundo hasta cerca de 100 segundos en realizarse, también depende mucho de las características del agua: pH, temperatura, cantidad de partículas, etc. La coagulación se emplea para la remoción de suspensiones coloidales que no sedimentan, las dosis varían de 30 a 100 ppm en todo el cuerpo de agua, llevándose a cabo en un tanque de mezcla rápida con una turbina de alta velocidad agregando el coagulante en un punto de turbulencia hidráulica. El coagulante es una sal metálica que reacciona con la alcalinidad del agua para producir un floculo insoluble de hidróxido del metal que incorpore a las partículas coloidales. Mediante la floculación de esta fina precipitación se producen sólidos sedimentables.”(Bolaños, R. “PROPUESTA DE RECUPERACION DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA TEXTIL”), (Recuperado de: [HTTP://ri.ues.edu.sv/61/2/10135820.pdf](http://ri.ues.edu.sv/61/2/10135820.pdf))

Ámbito: Local

“Durante la última década y favorecido por los beneficios tributarios establecidos en la Ley 223 de 19956, se ha dado un proceso de actualización tecnológica lo cual presenta grandes oportunidades para el sector, además que ha redundado en

el mejoramiento de su desempeño ambiental, principalmente evidenciado en reducción en el consumo de agua, energía e insumos químicos.” ((Mondragón M., 2004) Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa – *Acercar Industria*)

10.2. BREVE ESTADO DEL ARTE

En el presente proyecto, se registra una serie de investigaciones que proporcionarían soporte al desarrollo de este trabajo de investigación.

A continuación, se enlistan las citas de las diferentes investigaciones que se encontraron en empresas con la misma propuesta de diseñar un sistema de logística inversa en el sector textil.

NOTA: cabe resaltar que dichas investigaciones no se enfocan en reutilizar los mismos residuos que nuestra investigación y no proponen específicamente tratamientos biológicos como opción viable (económicamente). Sin embargo, el análisis no se verá afectado, ya que solamente se tendrá en cuenta las herramientas que utilizan para el desarrollo de la investigación.

A nivel internacional se han implementado propuestas de mejora en el modelo de logística inversa en varias empresas con diferentes enfoques de desarrollo en la investigación, como también tratamientos viables para el subsector de tintorería y acabados. Estas investigaciones son realizadas principalmente por estudiantes universitarios. Una de ellas fue realizada en Lima – Perú por (Bocanegra, 2018), quien analizó “los componentes logísticos para poder diseñar un modelo aplicando la logística inversa. El modelo fue aplicado a los procesos productivos de la empresa, donde se utilizó una herramienta de investigación tipo cuantitativa transversal no experimental, para conocer como las empresas manejan su cadena de suministros.” Generando así una mejor alternativa para ser mucho más eficiente y segura que la existente hoy en día en las instalaciones de la empresa. Además, esta solución propone con los resultados obtenidos en esta investigación identificar al sector con mayor aprobación y que sea para una mejora a nivel de productividad. (Bocanegra, 2018).

A nivel nacional (Fiorillo, 2011), realizó una propuesta de diseño “para la estructura de un modelo de logística inversa, aplicable a empresas del sector textil colombiano, que permita mostrar el procedimiento necesario para su implantación, así como las ventajas que representaría para las operaciones de la empresa.” Apoyado en indicadores de gestión, propuestos por el modelo SCOR

específicamente para el proceso de retorno. La estudiante logro proponer un sistema de logística inversa adecuado que permitió reducir el volumen de residuos sólidos en vertederos, ahorro en los costos de las operaciones y todo esto dándole una oportunidad económica para la empresa.

Otra investigación fue hecha por (Obando & Olarte, 2013), estudiantes de Bogotá, quienes realizaron una propuesta de un diseño descriptivo de logística inversa para pymes del sector textil colombiano. Para elaborar la investigación las estudiantes analizaron “los aspectos tanto de planeación como de operación necesarios para el diseño e implementación de un modelo de logística inversa, en el sector textil-PYMES”, teniendo en cuenta análisis de las opciones, análisis de las implicaciones, definición de la estructura del modelos de logística inversa, plan estratégico de implementación y de este modo tener una recuperación económica de los productos fuera de uso, beneficiar el cumplimiento de la normativa ambiental y legal y ser una oportunidad de rentabilidad. Al final, se logró dar a conocer las ventajas competitivas que puede generar el implementar un sistema de logística inversa en este sector.

Por otro lado, para sustentar la aplicación de tratamientos que permiten remover el tinte de los efluentes se encuentran estas dos investigaciones:

Un estudio realizado por (Balaguera, 2011), planteo para el proyecto, “remover el colorante índigo presente en las aguas residuales de la industria dedicada a la producción de telas tipo DENIM empleando pleurotus ostreatus con la finalidad de generar una alternativa de biorremediación.” Es decir, analizo “el comportamiento de diversos parámetros como pH, porcentaje de decoloración, remoción de DQO, actividad enzimática, entre otros”, esto con el fin de proponer este tratamiento biológico como alternativa para el tratamiento de los efluentes de la industria textil. Generando una solución alternativa mucho más eficiente en términos económicos y normativos, ya que se “demostró la capacidad de decoloración y remoción de DQO de este microorganismo y su potencial uso en la biorremediación de este tipo de efluentes en el agua real DENIM diluida al 80%”.

Otra investigación, (Gámez, Rosell & Salazar, 2009), estudiantes de Barranquilla, quienes evaluaron “comparativamente el proceso de fangos activados y Biorreactor de Membrana a escala piloto en aguas de difícil tratamiento como son los efluentes textiles”, para investigar procesos que puedan mejorar la eliminación de color, con el fin de cumplir los estándares normativos, así como de satisfacer la necesidad de economizar o reutilizar el agua en la industria. Dentro de la investigación lograron demostrar que “según los resultados obtenidos, el

tratamiento de aguas residuales textiles mediante un BRM resulta atractivo, ya que durante el desarrollo de la parte experimental presenta una mayor estabilidad del proceso, una remoción de la materia orgánica promedio de 89%, de sólidos suspendidos totales de 95% y de color del 69%”.

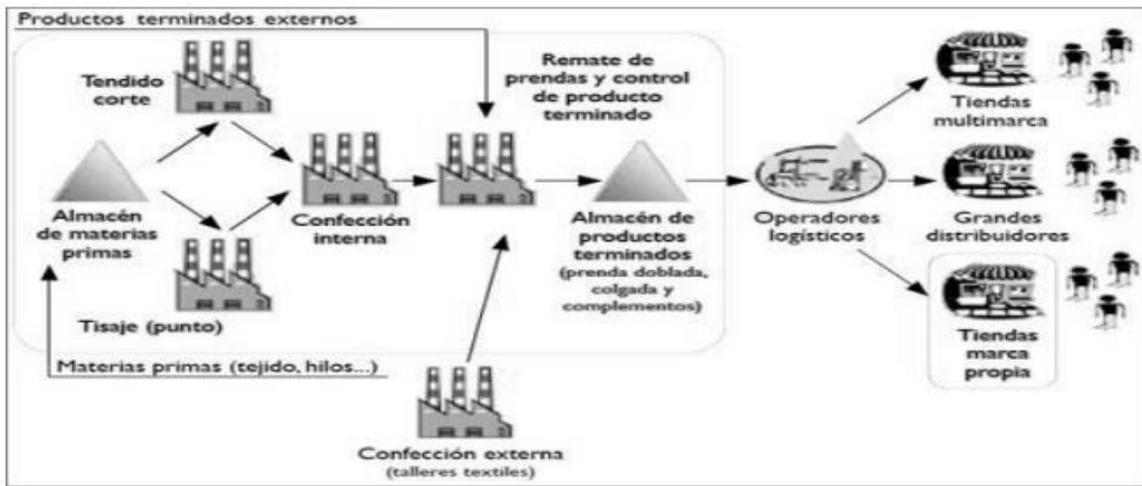
10.3. MARCO TEORICO

10.3.1. MEJORA CONTINUA Y CALIDAD

- **LOGÍSTICA INVERSA EN EL SECTOR TEXTIL:**

- (Persiani, 2013) “el buen desempeño en operaciones logísticas por parte de las empresas relacionadas al sector textil, vienen adquiriendo, mayor importancia cada vez más relevante en el desempeño de los mercados donde se desenvuelven.”
- “La gestión en las tareas logísticas del rubro textil, genera ventajas competitivas que definen el liderazgo en los diferentes segmentos del mercado textil, la gestión del abastecimiento en los procesos productivos, el manejo de almacenes, logística de distribución y gestión de la logística inversa, que convierte a la actividad logística en una ventaja competitiva para diferenciarse de la competencia. Persiani (2013) es cada vez más evidente este tipo de procesos en la industria textil, la logística inversa se ha convertido en una ventaja competitiva para las empresas, la gestión de recuperación de prendas, prendas falladas, prendas de contra temporada, recalls, y la gestión de la calidad como modo de reingreso de prendas a la cadena de valor, constituyen las actividades más importantes de este tipo de logística.”
- “Navarro (2015) la logística inversa, ha venido ampliando en las empresas textiles, porque han demostrado que implementarlo permite recuperar un valor monetario y permite contribuir con el cuidado.”

FIGURA 3. (PROCESO DE LA LOGISTICA INVERSA EN EL SECTOR TEXTIL)



FUENTE: (Bocanegra, 2018)

- Según (Masaaki Imai) acuñador del término el kaizen significa, el kaizen significa: “mejoramiento y aún más significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual.”

“En el kaizen, cada uno de los participantes deberá tener como tarea principal la realización de estas rutinas de mejora con el fin de incrementar valor en el lugar de trabajo, y claro está, siempre y en todo momento deberán establecer mejora en un contexto realista. Esto quiere decir, lo que propongan los trabajadores lo pueden resolver ellos mismos en su ámbito de responsabilidad”. (Victoriano, Barraza. (2007). el kaizen: la filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total. (Recuperado de: <https://mejoras-para-la-calidad-avg.weebly.com/kaizen-conceptos-alcance-y-su-proceso.html>”). Kaizen dentro de la organización permite alcanzar “menores niveles de desperdicios y despilfarros. Con su efecto tanto en los costos, como así también en los niveles de contaminación ambiental, entre otros.”

- “La Gestión de la cadena de suministro ha sido diseñada para la eliminación de desperdicios generados en los diferentes procesos involucrados dentro de una empresa, como lo son el exceso de inventario, tiempos excesivos y altos costos.” (Martichenko, 2009), “establece que la logística esbelta plantea varios desafíos, especialmente en los procesos que se manejan a nivel internacional, dada la dinámica de los mercados y el entorno competitivo que actualmente se desarrolla a nivel internacional. Las empresas crean diferentes maneras de hacer negocios y están adoptando logística esbelta para apoyar iniciativas de reducción de costos y mejoras en la calidad tanto de sus productos como de sus procesos.”

“El impacto de la metodología Lean en la logística es bastante significativa, ya que el objetivo del Lean es eliminar los desperdicios, reduciendo así el trabajo en el proceso de inventarios que, a su vez, disminuye los tiempos de ciclo y, aumenta la velocidad del flujo en la cadena de suministro.” (Martichenko, 2009).

- “En la empresa moderna cada vez es más usual ver como se recuperan productos o materiales de los clientes, ya sea para recuperar valor o como servicios de postventa. Este proceso inverso se denominó ya hace años como “Logística Inversa” (Luttwak, 1971). Según, (Guide y Van Wassenhove, 2002), “la Logística Inversa es parte de una tendencia denominada “la cadena del suministro inversa”, donde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para reusar sus productos.” “La Logística Inversa comprende las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales incluyendo todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida.” (REVLOG, 2004), “donde supone integración de los productos usados y obsoletos de nuevo en la cadena de suministro como recursos valiosos” (Dekker et al., 2004).

“**La Logística Inversa** constituye un importante sector de actividad dentro de la logística, que engloba multitud de actividades. Algunas de estas actividades tienen connotaciones puramente ecológicas, como la recuperación y el reciclaje de los productos, evitando así un deterioro del medio ambiente. Otras buscan mejoras en los procesos productivos y de abastecimiento, así como mayores beneficios.” (Dekker et al., 2004).

- **La P+L** se define como: “una estrategia integrada y continua de prevención, aplicada a los procesos, productos y servicios, con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos, dando lugar a un mejoramiento en el desempeño ambiental, minimizando los desechos y los riesgos a la salud y al medio ambiente” (Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes, s.f) “Al minimizar los desechos se obtiene una reducción en el uso de materias primas e insumos, lo cual se traduce en ahorro de costos de producción, tratamiento y disposición de desechos, disminuye la responsabilidad legal por limpieza de contaminantes, reduce los riesgos a la salud y seguridad de los trabajadores, mejora las relaciones con la comunidad y la imagen empresarial.” Es importante hacer énfasis en que la producción más limpia es un asunto de cambio de actitud, aplicación de conocimiento y mejora en procesos y productos, más que inversión en tecnología y equipos.

Para implementar P+L, es indispensable obtener información básica de la empresa y sus procesos; los tipos de productos y su volumen de producción; el consumo de agua, energía y materias primas y el costo de estos; los desechos generados en las diferentes líneas de producción y operaciones unitarias, entre otros datos importantes. **(Varela Rojas, Irene Definición de Producción más Limpia. Tecnología en Marcha. Vol. 16 N° 2.).**

Dichas teorías anteriormente mencionadas suplen la necesidad de conocer, la que permite llevar un proceso de calidad y mejora continua, en la propuesta de un método de aplicación para la reutilización de las aguas teñidas en la industria textil, que de igual forma será la elegida para abordar el proyecto con base a ella.

Entendido esto la teoría de la logística inversa permite conocer la recuperación de los productos evitando un deterioro al medio ambiente y trae mejoras en el proceso para obtener mayores beneficios, implementando el modelo de reutilización en la empresa. Es decir, si al aplicar el método para la reutilización dentro del proceso del vertimiento de la tela teñida, en otro procedimiento o el mismo, suple y satisface los factores ambientales y económicos. Por ende, la teoría de la logística inversa es la más viable para el desarrollo de la propuesta, ya que comprende operaciones relacionadas con la reutilización del producto y asegura una recuperación sostenida. No obstante, se relaciona con una teoría más, que permiten el desarrollo de la propuesta, la cual es la producción más limpia.

La producción más limpia se relaciona en el uso más eficiente de los recursos y da lugar a un mejor desempeño ambiental minimizando los desechos y los riesgos a la salud.

10.3.2. COLORANTES

“Los colorantes son sustancias de origen **químico o biológico**, generalmente tintes, pigmentos, reactivos u otros compuestos, empleados en la coloración de tejidos microorganismos para exámenes microscópicos, debiendo tener al menos, un grupo cromóforo que le proporcione la propiedad de teñir.” (Gonzales, 2004)

“Los colorantes usados industrialmente poseen una compleja estructura química encontrando así a aquellos que contienen grupos tipo azo, diazoantraquinonas y complejos metálicos, los cuales generalmente se aplican como mezclas. Según sus propiedades pueden ser clasificados como ácidos, básicos, reactivos y directos.” (Fieser, 2010).

10.3.2.1. COLORANTE ÍNDIGO

“El índigo es quizá el tinte destacado más antiguo utilizado por el hombre, en la memoria de diversas culturas aparece mencionado, tanto así, que uno de los colores del Tabernáculo era el azul índigo.

Desde el descubrimiento de la síntesis del índigo, la fuente industrial desplazó a la natural afectando gravemente las agriculturas de muchos países como la India. El índigo es una leguminosa fijadora de nitrógeno en los suelos.

Para teñir con índigo es preciso reducirlo ya que su estado azul es el oxidado. El líquido reducido para teñir con índigo, llamado leuco y de color verdoso, se adhiere a la celulosa del algodón logrando excelente estabilidad.” (Recuperado de: <http://www.ecotintes.com/content/es/indigo>.)

Figura 4 Color Jean índigo



FUENTE: <http://www.ecotintes.com/content/es/indigo>

10.3.2.2. CLASIFICACION DE COLORANTES

Colorantes naturales. “Los colorantes naturales son básicamente histológicos, encontrándose entre los empleados con mayor frecuencia, los siguientes:

- **Índigo:** Se obtiene de diversas especies de plantas del género indigófera que contiene indican, el cual se fermenta para producir el colorante.
- **Carmín:** Se produce, mediante el tratamiento con alumbre y otras sales metálicas a hembras del insecto cochinilla "Coccus castis".
- **Orceína y Tornasol:** Se obtiene mediante el procesamiento industrial de líquenes de los géneros: Le canora tinctoria y Rosella tinctoria.
- **Hematoxilina:** Este colorante se extrae con éter de la madera de un árbol oriundo de México y de algunos países suramericanos denominados Hematoxilium campechianum”.

Colorantes sintéticos. “Se obtiene de la anilina, o es más exactamente del alquitrán de hulla siendo todos derivados del benceno.” (Gonzales, 2004).

10.3.2.3. GRUPOS DE COLORANTES

“Los colorantes se clasifican, teniendo en cuenta si la propiedad tintorial se encuentra en el anión o el catión de su estructura química. Sobre esta base se pueden dividir en tres grupos: básicos, ácidos y neutros.

- **Colorantes básicos:** La acción colorante está a cargo del catión, mientras que el anión no tiene esa propiedad, por ejemplo: - cloruro de azul de metileno+.
- **Colorante ácido:** Sucede todo lo contrario, la sustancia colorante está a cargo del anión, mientras que el catión no tiene propiedad, por ejemplo: eosinato- de sodio+
- **Colorantes neutros:** Están formados simultáneamente por soluciones acuosas de colorantes ácido y básicos, donde el precipitado resultante, soluble exclusivamente en alcohol, constituye el colorante neutro, que tiene la propiedad tintorial de sus componentes ácidos y básicos, por ejemplo: la gíemsa.” (Gonzales, 2004).

10.3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS TINTES

10.3.3.1. TIPOS DE COLORANTES Y PIGMENTOS

Tabla 2 Tipos de colorantes y pigmentos

Colorantes	Pigmentos
Azoicos	Absorción
Antraquinona	Por absorción sólo se ve un color y un brillo.
Estilbenicos	Metálicos
Trifenilmetano	Brillo superficial por la formación de metales.
Acrílicos	Brillo Perlado
Indol	Semitransparentes con una reflexión múltiple de luz.

FUENTE: (Recuperado de:

https://www.academia.edu/1844623/La_Qu%C3%ADmica_Org%C3%A1nica_y_los_Colorantes)

10.3.4. REUTILIZACIÓN EN OTROS PROCESOS

10.3.4.1. REUTILIZACIÓN EN EL MEDIO URBANO

“Entre las aplicaciones más habituales de las aguas residuales depuradas, en el medio urbano se pueden citar:

- Riego y limpieza de urbanizaciones o áreas residenciales.
- Riego y limpieza de zonas comerciales, polígonos industriales, etc.
- Riego de campos de golf.
- Usos comerciales: lavado de automóviles, limpieza de ventanas y cristalerías de grandes edificios.
- Usos ornamental y decorativo: fuentes. Red de agua para uso contra incendios.” (Reutilización de aguas residuales, s.f)

Figura 5 Usos urbanos



FUENTE: (Recuperado de:

http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_2_a.pdf)

“La reutilización de aguas urbanas puede incluir sistemas de servicios específicos para cada gran usuario, tales como grandes parques, campos de golf, complejos industriales con alto consumo de agua y áreas residenciales o comerciales.

En la planificación de un sistema de reutilización de aguas en el medio urbano se debe fijar si el suministro de agua regenerada ha de ser continuo o discontinuo. En general es aceptable un sistema discontinuo, a menos que el agua regenerada sea la única fuente de suministro de la red de agua contra incendios.” (Reutilización de aguas residuales, s.f)

(Recuperado de: http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_2_a.pdf)

10.3.4.2. REUTILIZACIÓN INDUSTRIAL

“La reutilización en usos industriales representa un importante mercado potencial para el agua regenerada. Las industrias cuyos procesos no requieran aguas de alta calidad, y aquellas otras que se encuentren localizadas cerca de poblaciones con capacidad de generación suficiente de agua residual, son las candidatas ideales para incorporar la reutilización en sus procesos industriales.

El agua tratada destinada a este tipo de usos puede proceder, bien de aguas industriales recicladas en la propia instalación, o bien de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas. El aprovechamiento de los efluentes urbanos en la reutilización industrial todavía no son una práctica muy desarrollada. Las aplicaciones industriales más frecuentes para las aguas reutilizadas son: formación de espumas, corrosión). (Reutilización de aguas residuales, s.f)

“ **Agua de alimentación de calderas y aguas de proceso:** El tratamiento adicional que requiere el agua residual tratada con el objeto de ser reutilizada en la alimentación de calderas, difiere poco del que debe afrontar el suministro convencional de agua para estos sistemas.

El considerable nivel de tratamiento y las cantidades relativamente pequeñas de agua que se manejan, convierten la reutilización en alimentación de calderas en una pobre alternativa, poco utilizada por el momento. La idoneidad del uso de

agua regenerada dentro de los procesos industriales depende de las necesidades específicas de calidad de cada proceso.

Hasta la fecha existe poca experiencia en este campo, estando siempre el reciclado orientado a la recirculación dentro de la misma industria.” (Reutilización de aguas residuales, s.f).

“Sistemas de refrigeración Aguas de alimentación de calderas: Aguas de proceso siendo el primer grupo los más habituales Sistemas de refrigeración

Los sistemas de refrigeración se clasifican de forma general en sistemas abiertos y cerrados.

En los primeros, el agua se pone en contacto una sola vez con el equipo a refrigera y después es descargada caliente. Este método requiere grandes volúmenes de fluido y por ello raramente puede considerarse el agua depurada como alternativa viable en el suministro.

En los sistemas cerrados, el agua absorbe el calor del proceso y luego lo transfiere por evaporación, siendo posteriormente recirculada al sistema de refrigeración, completándose el ciclo.

Este sistema puede emplear torres o balsas de refrigeración para llevar a cabo la evacuación del calor. La reposición de las pérdidas por evaporación suele ser muy variable. Las exigencias de calidad para aguas de refrigeración están relacionadas con la prevención de los siguientes fenómenos: formación de costras 9 crecimiento biológico obstrucciones.” (Reutilización de aguas residuales, s.f).

10.3.5. TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA REMOCIÓN DE COLOR

“Las tecnologías tradicionalmente utilizadas para el tratamiento de aguas residuales de origen textil son lodos activados, coagulación, floculación, tratamientos electroquímicos o nano filtración. Tales métodos son a menudo muy costosos y aunque los colorantes se remueven por completo, la acumulación de lodo concentrado crea un problema de eliminación, otras técnicas emergentes, como ozonización, el tratamiento usando el reactivo de Fenton, y fotocátalisis pueden tener potencial para la decoloración. Sin embargo, estas tecnologías pueden ser económicamente inviables.”(F. P. Van der Zeea y S. Villaverde, “Combined anaerobic–aerobic treatment of azodyes—A short review of bioreactor studies” review of bioreactor studies, pp. 1425-1440, 2005.)

“En las últimas décadas se ha encontrado que la actividad biológica y/o la combinación de sistemas de tratamiento pueden remover eficientemente los tintes de grandes volúmenes de aguas residuales a un bajo costo, por lo cual se considera una alternativa viable.”(R. Saratale, G. Saratale, J. Chang y S.

Govindwar, "Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review" Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, p. 138–157, 2011.)

10.3.6. MÉTODOS DE REMOCIÓN DE COLOR

- **MÉTODOS FÍSICOS Y QUÍMICOS**

"Los métodos físicos basados en la coagulación-floculación de los tintes son eficaces para la eliminación de colorantes principalmente con compuestos de azufre, pero muestran muy baja capacidad de coagulación-floculación para colorantes ácidos, reactivos y directos; además la producción considerable de lodos disminuye la eficiencia de estos métodos." (H. Kim, C. Park, J. Lee, E.-B. Shin y S. Kim, "Pilot scale treatment of textile wastewater by combined process (fluidized biofilm process–chemical coagulation–electrochemical oxidation)" Water Research, pp. 3976-3988, 2002.)

"Los métodos de adsorción presentan una mayor eficiencia debido a que es una técnica aplicada a un mayor rango de colorantes. Uno de los materiales de mayor interés es el carbón activado (AC), pero su uso se limita por su alto costo. Aunque también se pueden utilizar adsorbentes de bajo costo como la arcilla, zeolita, resinas poliméricas, la tusa de la mazorca de maíz, tallos del maíz, trigo y paja. Pero esta técnica se limita en cuanto a la acumulación final del material adsorbente que debe ser tratado para su disposición final". (F. P. Van der Zee y S. Villaverde, "Combined anaerobic–aerobic treatment of azodyes—a short review of bioreactor studies" review of bioreactor studies, pp. 1425-1440, 2005.)

"Los métodos de filtración, tales como la ultrafiltración, la nanofiltración y la ósmosis inversa también han sido investigados. Un parámetro evaluado en estos tratamientos es la selección de la membrana de filtración, con un tamaño de poro inferior al de las moléculas del colorante. Sin embargo, al tener eficiencias muy altas en la remoción de DQO (demanda química de oxígeno) y color, las membranas presentan algunos inconvenientes como: altos costos, saturación, ensuciamiento y remoción de nutrientes."(F. P. Van der Zee y S. Villaverde, "Combined anaerobic–aerobic treatment of azodyes—a short review of bioreactor studies" review of bioreactor studies, pp. 1425-1440, 2005.).

- **MÉTODOS BIOLÓGICOS**

"En particular, la capacidad de las células bacterianas de metabolizar colorantes azoicos ha sido ampliamente investigada. En condiciones anaerobias muchas bacterias son capaces de romper el enlace azo altamente electrofílico en la molécula de colorante produciendo aminas aromáticas incoloras tóxicas y mutagénicas para animales. Estas aminas son resistentes a la mineralización anaerobia, pero pueden ser mineralizadas por bacterias aerobias."(F. P. Van der

Zeea y S. Villaverde, "Combined anaerobic–aerobic treatment of azodyes—a short review of bioreactor studies" review of bioreactor studies, pp. 1425-1440, 2005.)

- **CULTIVO BACTERIANO MIXTO:**

"Trabajar con una sola cepa bacteriana requiere mecanismos de control. Para aislar la especie en el reactor se necesita una mayor cantidad de biomasa y tiempos prolongados para que el microorganismo metabolice el colorante. Los sistemas que trabajan con una sola cepa son susceptibles a presentar problemas cuando se presentan cambios fuertes en el afluente."(Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes.)

- **MECANISMO DE ELIMINACION DE COLOR:**

"El mecanismo más simple de remoción de color por células bacterianas es el de la adsorción del colorante, pero no es adecuado para tratamientos a largo plazo debido a la alta concentración de colorantes en el tejido celular. Lo más conveniente es la degradación del colorante por los microorganismos, el primer paso para esto es una Bio-asociación entre el colorante y las células bacterianas" (Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes.)

• **REACTOR ANAEROBIO UASB**

"Son reactores que tienen un comportamiento hidráulico similar a un sistema flujo pistón; por lo general cuando se construyen a escala de laboratorio los materiales son tubos de PVC, acero o vidrio. Una de las características principales del UASB (reactor anaerobio de flujo ascendente) es que el flujo tiene una dirección ascendente, permitiendo a la biomasa generar flóculos y hasta precipitar por gravedad, manteniendo así una alta concentración de lodos bacterianos." (Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes.)

• **TORRE DE LECHO EMPACADO**

"Muchos estudios han propuesto un tratamiento anaerobio/aerobio para evaluar la remoción de color y DQO ya que un tratamiento aerobio convencional no garantiza la remoción completa de colorante y DQO. Algunos autores proponen el uso de una torre de lecho empacado o un biofiltro en la etapa anaerobia del proceso, debido a que podría tener una mayor concentración de biomasa en función de

hidrolizar el enlace azo del colorante.” (Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes.)

- **TRATAMIENTO AEROBICO**

“La decoloración se lleva a cabo principalmente a condiciones anaerobias. Pero el tratamiento anaerobio causa la producción de aminas aromáticas, las cuales tiene antecedentes de ser cancerígenas, estas pueden ser eliminadas por mecanismos aerobios, aunque la mayoría de trabajos de investigación sólo han logrado una remoción parcial de ellas.”(S.-J. You, D.-H. Tseng y J.-Y. Deng, “Using combined membrane processes for textile dyeing wastewater reclamation” Desalination, p. 426–432, 2008.)

- **TRATAMIENTO POR RAYOS UV**

“Este mecanismo consiste en la exposición de rayos UV en una frecuencia determinada, con el propósito de que los fotones provenientes de la luz degraden la materia orgánica que se encuentra en un agua residual.” (Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes.)

“Aunque existen diversas tecnologías para el tratamiento de aguas textileras, se puede concluir que para la elaboración de un tren de tratamientos de aguas residuales que tenga la capacidad de remover o mitigar el color, pero además materia orgánica y principalmente aminas y que permita reutilizarse dentro del mismo proceso u otro. El tren de tratamiento que tendría la mayor eficiencia debería estar compuesto de un sistema de remoción de color, para esto los sistemas UASB muestran una mayor eficiencia además de que al ser un sistema anaerobio, el consorcio microbiano no es selectivo al colorante, sino que pueden degradar una gran variedad de colorantes. Sin embargo, luego de tener la remoción de color es necesario degradar la materia orgánica, es decir la que servirá para la reutilización en el proceso, por eso las tecnologías a utilizar serán métodos biológicos, que permiten una buena remoción y degradación de los vertimientos de las aguas textileras, proporcionando bajos costos y de este modo será viable para la empresa su implementación”.(Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes.)

10.4. MARCO LEGAL

Norma 1076

- En Colombia la resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, regula la descarga de efluentes de la industria textil sobre los cuerpos de agua (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), sin embargo, en esta no se hace mención específica a los valores exigidos de descarga de colorantes. Vale la pena mencionar que en la resolución 2016 del 26 de octubre del año 2012 expedida por el Área Metropolitana de Medellín, se hace mención y se indican las concentraciones de color permitidas (50- 75 unidades Pt-Co) en los efluentes provenientes del sector textil (Área Metropolitana, 2012).
- “El uso del agua y los residuos líquidos, así como las normas para su vertimiento en cuerpos acuáticos y los rangos permitidos de PH, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos y límites aceptados de metales” se encuentran en el (decreto 1594 de 1984.)

Tabla 3 Parámetros vertimientos a un cuerpo de agua

Referencia	Valor
pH	5-9
Temperatura	<40° C
Ácidos, bases o soluciones que pueden causar explosión	Ausente
Sólidos sedimentables	10ml/L
Sustancias solubles en hexano	100mg/L
Sólidos suspendidos para desecho domésticos e industriales	Remoción >80%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Remoción >80% promedio horario
*Unidades de color	75

Fuente. (Decreto 1594, 1984)

- Otra legislación que se enfoca en la industria textil es la propuesta por la EPA (*U.S. Environmental protection Agency*) en el acta (*Resource Conservation and Recovery Act*) 24, “esta fórmula los cuidados a nivel ambiental que deben tener las actividades comerciales industriales, se muestra cual es el ciclo de vida de los residuos, para que el sector industrial conozca cuales son los residuos que está produciendo, en que cantidades los produce mensualmente, y cuál sería la línea adecuada de manejo. De esta manera se garantiza que se cumpla de forma eficaz y clara los

requisitos a nivel ambiental que determina el gobierno”. (EPA, 2007 >ON LINE>).

- Resolución 3957 de la secretaria distrital de ambiente para vertimientos industriales en Bogotá

Tabla 4 Parámetros Ministerio de medio ambiente

Parámetro	Unidades	Valor
Color	Unidades de Pt-Co	50 en dilución 1/20
DBO ₅	g/L	800
DQO	mg/L	1500
Grasas y aceites	mg/L	100
Sólidos sedimentables	mL/	2
Sólidos suspendidos totales	mg/L	600
Tensoactivos	mg/L	10
Temperatura	grados centígrados	30
pH	Unidades	5.0-9.0

- Según lo descrito en la web “veo verde” se pueden reutilizar los vertimientos en los sanitarios, ya que no se requiere estrictamente que el agua sea de buena calidad (Sánchez 2009)

10.5. MARCO CONCEPTUAL

- **Catalizador:** “Para la química, por lo tanto, un catalizador es una clase de sustancia que, durante la catálisis, altera el desarrollo de una reacción. Los catalizadores que incrementan la velocidad de la reacción reciben el nombre de catalizador positivo, mientras que aquellos que ocasionan una disminución de la velocidad se califican como catalizadores negativos.” (Porto y Merino, 2012)
- **Adsorción:** “proceso por el cual átomos o moléculas de una sustancia que se encuentra en determinada fase, son retenidos en la superficie de otra sustancia, que se encuentra en otra fase. Como resultado de este proceso, se forma una capa de líquido o gas en la superficie de una sustancia sólida o líquida.” (González, 2010).
- **Filtración:** “proceso unitario de separación de sólidos en una suspensión a través de un medio mecánico poroso, también llamados tamiz, criba, cedazo o filtro. En una suspensión en un líquido mediante un medio poroso, retiene los sólidos mayores del tamaño de la porosidad y permite el paso del líquido y partículas de menor tamaño de la porosidad.” (Filtración, s.f)

- **Lodos activados:** “es un proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aireador o reactor”. (2008, 3:40 am)
- **Fotocatálisis:** “es una reacción fotoquímica que convierte la energía solar en energía química en la superficie de un catalizador o sustrato, consistente en un material semiconductor que acelera la velocidad de reacción. Durante el proceso tienen lugar reacciones tanto de oxidación como de reducción. De esta forma se promueve la eliminación de la mayor parte de los contaminantes en las ciudades.” (ASOCIACION IBERICA DE LA FOTOCATALISIS, s.f)
- **Reingeniería:** “La Reingeniería de Procesos, o BPR (*Business Process Reengineering*), consiste en la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos. De este modo se alcanzarán mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez.” (Recuperado de: <https://www.aiteco.com/reingenieria-de-procesos/>)
- **Logística inversa:** “La Logística Inversa comprende las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales incluyendo todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida.” (REVLOG, 2004)
- **Efluentes:** “Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

Los productos tóxicos presentes en los efluentes son muy variados, tanto en tipo como en cantidad, y su composición depende de la clase de efluente que los genera. Los desechos que contienen los efluentes pueden ser de naturaleza química y/o biológica.” (HERNANDEZ, M.A. y GONZALEZ, N. 1993. Recursos hídricos y ambiente. En: Elementos de política ambiental. Goin, F. y Goñi, R. Eds.H. Cámara de Diputados de la provincia de Buenos Aires, Argentina.)

- **Hongo Bjerkandera:** “Hongo que forma cuerpos fructíferos anuales, sésiles, efusos reflejos, a menudo en grupos imbricados, de hasta 3 mm. Superficie superior de cremosa a parda, de tomentosa o glabra a estrigosa a glabra con la edad, azonada o débilmente zonada. Superficie himenial de color de gris humo a negro, con poros angulares, regulares, unos 6-7 por mm. Contexto amarillo pálido, azonado, con una capa superior fina de tomento, de hasta 6 mm de grosor; capa de los tubos gris humo, distinta del contexto, de hasta 1 mm de grosor.

Sistema hifal monomítico. Hifas del contexto con paredes de finas a moderadamente gruesas, con abundantes fíbulas, de 3-5 μm de diámetro, ocasionalmente ramificadas; trama similar pero más densamente compacta y aglutinadas.” (Bjerkandera adusta (Willd.) P. Karst., Meddn Soc. Fauna Flora fenn. 5: 38 (1880).

11. METEDÓLOGIA

11.1. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

El diseño del sistema de logística inversa para la reutilización de los efluentes generados en las industrias textiles, reducirá los niveles de consumo de agua potable y la contaminación ambiental, enfocándose en las piscinas donde se vierten los efluentes y de donde se recogerá el agua contaminada, la cual se someterá al sistema de logística inversa y finalmente será reutilizada para la descarga de los sanitarios y lavado de fachadas. Por otro lado, la parte económica de la empresa tendrá un efecto positivo, ya que al reducir los niveles de consumo del agua potable se minimizarán los costos. Cabe resaltar que primero se propone pasar esta agua por un tratamiento biológico (propuesta sustentada por la literatura), que permitirá reducir los niveles de pH con el que viene (tinte), y así tener un mejor aprovechamiento de la reutilización de esta agua, para su disposición final.

11.2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

- Recolectar datos del proceso que se realiza dentro del sector textil.
- Identificar las implicaciones ambientales y económicas que tiene una empresa del sector textil perteneciente al subsector de tintorería y acabados de productos como el jean índigo.
- Realizar por medio de la matriz DOFA un estudio preliminar, que permita conocer que factores influyen en la propuesta de esta investigación.
- Analizar datos cuantitativos de la literatura, que permitan sustentar la viabilidad de proponer un tratamiento biológico, para tener un mejor aprovechamiento de la reutilización del agua contaminada. (por medio de estadística inferencial y descriptiva).

- Aplicar la matriz de impacto ambiental para determinar cuáles son los aspectos e impactos ambientales generados por los efluentes de las industrias textiles (INTERNOS Y EXTERNOS).
- Proponer un diseño de reutilización para los vertimientos provenientes del proceso de tintorería del jean índigo bajo sistema de logística inversa.
- Mostrar los factores del sistema de logística inversa para la minimización de costos y la mitigación del impacto ambiental. (indicadores de gestión)
- Diseño del sistema final mediante el software LucidChart y simulación (distribución en planta)

12. DESARROLLO

12.1. RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PROCESO QUE SE REALIZA DENTRO DEL SECTOR TEXTIL.

La primera fase consiste, en recolectar los datos más importantes y relevantes para el desarrollo de esta investigación, por lo tanto, se recolectaron datos que se obtuvieron (fuente) de una empresa del sector textil quien nos proporcionó la siguiente información:

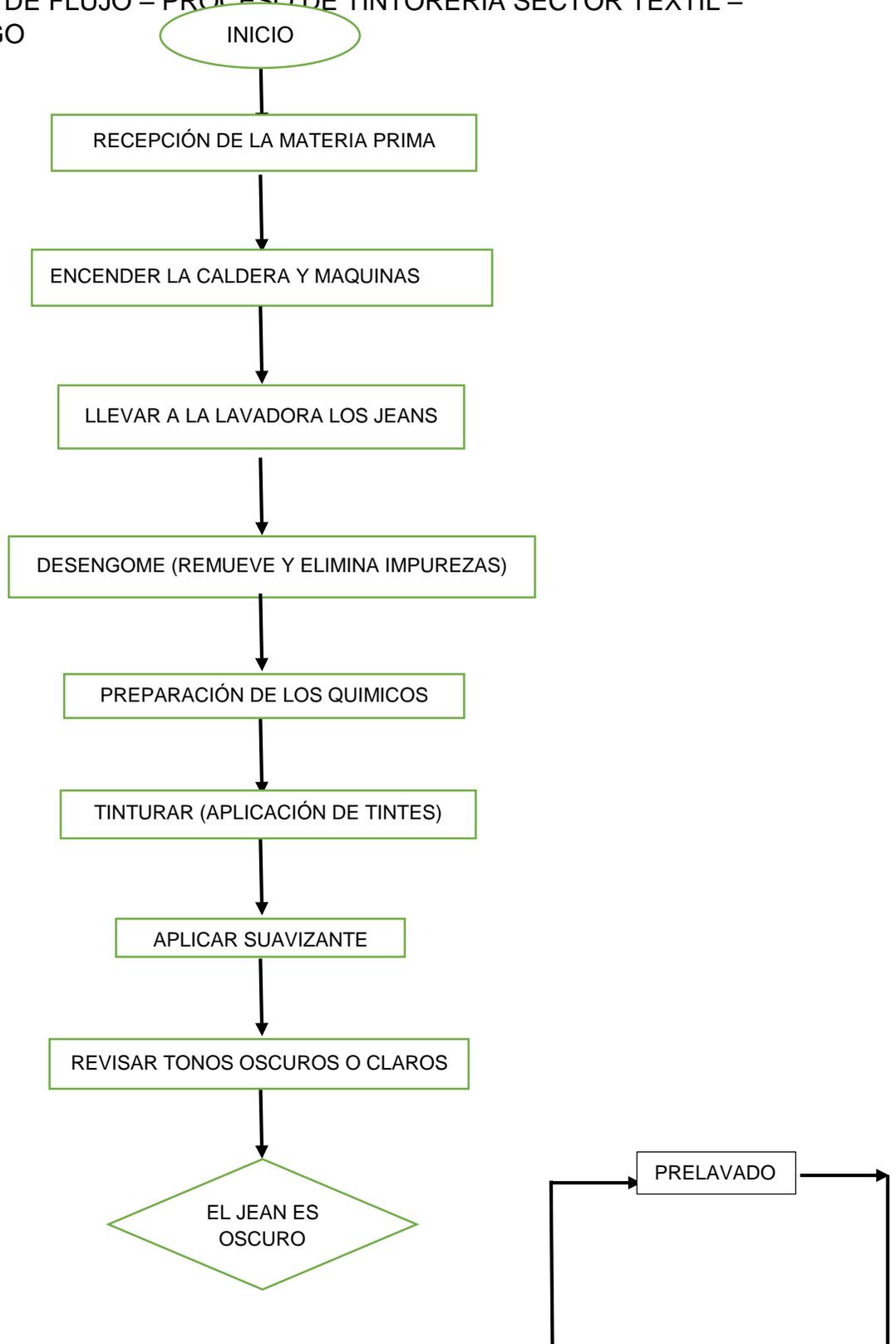
Tabla 5 Recolección de datos

Proceso de tintorería para el jean índigo – sector textil	Recepción de la materia prima, encender la caldera y las máquinas, llevar a la lavadora los jeans, desengome, preparación de los químicos, aplicación de tinte, aplicación de suavizante, revisión de tonos, (prelavado tonos oscuros), sacar los jeans de la lavadora y llevar a centrifugar, sacar los jeans y llevar a las secadoras, despacho, fin.
Litros de agua finales dentro del proceso	400 – 600 litros
Maquinaria utilizada para disminuir el impacto	Torre de enfriamiento y desmotadora
Tintes utilizados en el proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Tintes biodegradables y naturales (no todos) ver anexo 1 (fichas técnicas)
Productos en escala de mayor a menor que se manejan dentro del proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Hipoclorito de sodio • Soda caustica • Sales a base de sulfato

	<ul style="list-style-type: none"> • Peróxido de hidrogeno • Ácido acético
Tipo de tela en la que está fabricada el jean	Algodón

FUENTE: empresa textil (Procoljeans, 2019)

- DIAGRAMA DE FLUJO – PROCESO DE TINTORERIA SECTOR TEXTIL – JEAN ÍNDIGO





para reducir la temperatura con la que viene el efluente, es decir realiza una homogenización para que FUENTE: Realizado por autores ; (20° c). Por otro lado cuenta con una maquina desmotadora, para quitar los residuos solidos con los que también viene esta agua contamina. Hecho esto, se genera su disposición final.

12.2. IMPLICACIONES AMBIENTALES Y ECONÓMICAS QUE TIENE UNA EMPRESA DEL SECTOR TEXTIL PERTENECIENTE AL SUBSECTOR DE TINTORERÍA Y ACABADOS DE PRODUCTOS COMO EL JEAN ÍNDIGO.

12.2.1. IMPLICACIONES AMBIENTALES

En “cuanto a las fuentes de agua en la ciudad de Bogotá resulta que un alto porcentaje de empresas del sector textil, especialmente medianas y grandes, suplen sus necesidades de agua con la explotación de fuentes subterráneas, para lo cual cuentan con sus respectivas licencias. En este caso debe tenerse en cuenta que para su renovación es necesario contar con el registro de vertimientos y dar cumplimiento a la normatividad ambiental relacionada: Resolución 1074 de 1997 y Resolución 1596 de 2001” (véase el anexo 2).

Expuesto lo anterior, la preocupación por el medio ambiente y la escasez de los recursos naturales, ha generado que las empresas textiles, busquen oportunidades que les permita ser auto sostenibles, reducir los efectos negativos en el medio ambiente y reducir los residuos líquidos (efluentes), desechados a los alcantarillados.

“Los países de la Unión Europea y Norteamérica, son los que han adquirido un mayor compromiso e interés por la promulgación y cumplimiento de diferentes políticas medioambientales relacionadas con la gestión de los residuos. Por ejemplo, la Unión Europea” elaboró el “Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de Medio Ambiente” vigente desde el año 2001 hasta el 2012. “Este programa se basa en cuatro ámbitos que son: cambio climático, naturaleza y biodiversidad, medio ambiente y salud, gestión de los recursos naturales y residuos. En cuanto a este último, se plantea utilizar eficazmente los recursos y no sobreutilizarlos con el fin de evitar una posterior escasez de los mismos.”

Igualmente, “se incluye el diseño de una estrategia de reciclaje para los residuos (reciclar ayuda a evitar recurrir a materias primas) y una disminución del 20% en la producción de éstos. Para lograrlo, existen unas opciones de gestión de residuos jerarquizadas, donde la primera consiste en la prevención de producción de residuos, seguida por la recuperación y finalmente, la eliminación en vertederos.” (Fiorillo, 2011). Es decir, las empresas del sector textil, que implementen dentro de su proceso un sistema de logística inversa serán más beneficiadas, ya que tendrán un correcto cumplimiento de las normas y generaran dentro de su sector ventajas competitivas, reducción de costos al reutilizar sus residuos y una imagen corporativa más sólida ante el mercado.

12.2.2. IMPLICACIONES ECONÓMICAS

“Citando a Sergio Rubio Lacoba, la Recuperación Económica es “aquel proceso de recogida de productos fuera de uso, que tiene por objeto aprovechar el valor añadido que aún incorporan éstos, a través de la opción de gestión adecuada, de manera que se obtenga con ello una rentabilidad económica o se provoque la consecución de ventajas competitivas de carácter sostenible.”” (Fiorillo, 2011).

Dicho lo anterior, la recuperación y reutilización de residuos representa ventajas competitivas o una obtención de rentabilidad económica, que permite que las empresas se incorporen más en este tema de aprovechamiento de residuos e implemente en ellas la herramienta o el sistema de logística inversa.

Algunas de las ventajas competitivas o de rentabilidad económica tanto internas como externas son:

- Cumplimiento de la normatividad
- Minimización de costos y gastos
- Imagen solida ante el mercado, posicionamiento

12.3. MATRIZ DOFA

Para el desarrollo de esta investigación, se hace necesario realizar un estudio preliminar, a través de la matriz DOFA, que permita dar a conocer que factores influyen en la propuesta de esta investigación.

TABLA 6 Matriz DOFA Investigación

MATRIZ DOFA - ANALISIS ESTRATEGICO		
ANALISIS INTERNO	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	1. Objetivos claros a realizar dentro de la investigación.	1. Recursos limitados

	2. Estructura metodológica adecuada.	2. Información confidencial de algunas empresas del sector.
ANALISIS EXTERNO	3. Innovación en proponer como viabilidad un tratamiento biológico, para luego tener una mejor reutilización (utilizando la logística inversa)	3. Carencia de equipos especializados, que permitan realizar los ensayos, para no demostrar por medio de literatura.
	4. Conocimiento de software que permiten evidenciar la propuesta.	
OPORTUNIDADES	FO	DO
1. Innovación	INNOVACIÓN: Propuesta de viabilidad con el tratamiento biológico, para tener un mejor aprovechamiento de reutilización.	Por medio del apoyo de la literatura, podemos generar alcances de la propuesta y contrarrestar limitaciones.
2. Material bibliográfico	Material bibliográfico: Se mantiene un avance constante en la estructura metodológica, con ayuda de los temas claros que se requieren estudiar.	El tener acceso a algunas empresas del sector textil, permite contrarrestar el que otras empresas del mismo sector no tengan disposición de su información. (por ser confidencial)
3. Acceso a algunas empresas del sector textil.	Evidencias de la propuesta: Para evidenciar y dar a conocer la propuesta se hace necesario, obtener información de empresas del sector textil.	
AMENAZAS	FA	DA
1. Cambio de normatividad en el transcurso del tiempo	Actualizarse cada año, sobre la normatividad ambiental, porque los requerimientos o estándares normativos pueden cambiar.	Al actualizarse en la normatividad, se pueden delimitar los recursos

2. Cambio constante de las necesidades tanto empresariales como ambientales	Tener en cuenta los cambios de necesidades, para así poder ampliar el sistema de reutilización dentro de estas industrias.	
3. Avances tecnológicos	Tecnología: Tener en cuenta el avance tecnológico, que después del tiempo, las herramientas para emplear como un sistema de reutilización pueden cambiar.	Apoyarse en los cambios constantes de la tecnología, para obtener recursos más avanzados que permitan demostrar más allá la metodología

FUENTE: Realizado por autores

Luego de analizar cada uno de los factores que influyen dentro de la investigación, se puede concluir que por medio del material bibliográfico encontrado y el acceso a información de empresas del sector textil. Se permite abarcar un desarrollo metodológico pertinente y que pueda dar paso a la investigación.

13. ANÁLISIS

Análisis de datos cuantitativos de la literatura, que permitan sustentar la viabilidad de proponer un tratamiento biológico, para tener un mejor aprovechamiento de la reutilización del agua contaminada. (por medio de estadística inferencial y descriptiva).

13.1. TRATAMIENTO BIOLÓGICO

“En particular, la capacidad de las células bacterianas de metabolizar colorantes azoicos ha sido ampliamente investigada. En condiciones anaerobias muchas bacterias son capaces de romper el enlace azo altamente electrofílico en la molécula de colorante produciendo aminas aromáticas incoloras tóxicas y mutagénicas para animales. Estas aminas son resistentes a la mineralización anaerobia, pero pueden ser mineralizadas por bacterias aerobias”(S.-J. You, D.-H. Tseng y J.-Y. Deng, “Using combined membrane processes for textile dyeing wastewater reclamation” Desalination, p. 426–432, 2008.)

- CULTIVO BACTERIANO MIXTO:

“Trabajar con una sola cepa bacteriana requiere mecanismos de control. Para aislar la especie en el reactor se necesita una mayor cantidad de biomasa y tiempos prolongados para que el microorganismo metabolice el colorante. Los sistemas que trabajan con una sola cepa son susceptibles a presentar problemas cuando se presentan cambios fuertes en el afluente.” (S.-J. You, D.-H. Tseng y J.-Y. Deng, “Using combined membrane processes for textile dyeing wastewater reclamation” *Desalination*, p. 426–432, 2008.)

- MECANISMO DE ELIMINACION DE COLOR:

“El mecanismo más simple de remoción de color por células bacterianas es el de la adsorción del colorante, pero no es adecuado para tratamientos a largo plazo debido a la alta concentración de colorantes en el tejido celular. Lo más conveniente es la degradación del colorante por los microorganismos, el primer paso para esto es una Bio-asociación entre el colorante y las células bacterianas.” (S.-J. You, D.-H. Tseng y J.-Y. Deng, “Using combined membrane processes for textile dyeing wastewater reclamation” *Desalination*, p. 426–432, 2008.)

- MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DE COLOR POR HONGOS

“Los hongos pueden degradar compuestos orgánicos complejos por medio de la producción de enzimas de tipo ligninolíticas extracelulares, las más reportadas son: lacasas, manganeso-peroxidasas y peroxidasas (Singh, Singh, y Singh, 2015; Tuomela y Hatakka, 2011); se ha confirmado que muchas especies de hongos como *Pleurotus ostreatus*, *Pichia* sp., *Penicillium* sp. y *Candida tropicalis*, realizan una adsorción de colorantes sobre su superficie pero no una degradación química (Kumar et al., 2016; Taha, Adetutu, Shabsavari, Smith, y Ball, 2014). Entre los diferentes tipos de hongos, *Phanerochaete chrysosporium* y *Bjerkandera adusta* son microorganismos eficaces para realizar procesos de degradación de colorantes, ambos han sido reportados ampliamente como modelos en la remediación de efluentes de textiles debido a que pueden remover más del 75% de los colorantes reactivos de los efluentes (Knapp, Newby, y Reece, 1995; Osorio et al., 2011).”

Expuesto lo anterior, se abre espacio para analizar el comportamiento que tiene la utilización de este tratamiento biológico, dentro de la mitigación del impacto ambiental que genera los vertimientos de las industrias textiles.

13.2. Análisis descriptivo e inferencial

Para el análisis de estas investigaciones tomadas de la literatura, se debe tener en cuenta que se realiza un análisis descriptivo e inferencial, que permita demostrar la viabilidad de la propuesta, y que apoye la herramienta del sistema de logística inversa, generando una mejor disposición final de estas aguas contaminadas provenientes del sector textil y subsector de tintorería y acabados.

- Para el desarrollo de las investigaciones se utilizaron colorantes índigos de la siguiente manera:

INVESTIGACIÓN A: “se utilizaron los colorantes reactivos Bezaktiv azul V-2B 133 ($\lambda = 600$ nm), los cuales fueron suministrados por la empresa CHT BEZEMA, la cual les indicó que son empleados ampliamente por las industrias del sector textil en la ciudad de Medellín, Colombia.”

INVESTIGACIÓN B: “se realizó la preparación del colorante índigo, teniendo en cuenta lo descrito en estudios previos realizados por (Castillo, 2004), Durante la preparación del índigo se hizo necesaria la adición de un agente reductor (hidrosulfito de sodio) y álcali (NaOH), calentando a 30°C por 20min, aditivos que favorecieron la conversión de la forma oxidada del índigo a su forma leuco reducida, la cual es incolora y soluble en agua en las condiciones de alcalinidad estandarizadas.” (Balaguera, 2011)

Expuesto lo anterior se puede analizar, que se realizaron diferentes metodologías para obtener el tinte con el que se va trabajar en los ensayos, en una investigación fueron donados estos colorantes, es decir, ya se tiene una caracterización de los colorantes. Por otro lado, en la otra investigación el tinte fue preparado con las condiciones estandarizadas y como en cualquier empresa de este sector lo trabajaría.

- Para realizar la determinación del grado de decoloración se realizó lo siguiente:

INVESTIGACIÓN A: “Cada muestra se centrifugó a 10000 rpm durante 10 minutos, en el sobrenadante se leyó absorbancia en un espectrofotómetro, según la longitud característica de cada colorante; la concentración del colorante se obtuvo mediante una curva de calibración concentración de colorante (g/L) vs absorbancia elaborada previamente. Los datos se obtuvieron por triplicado para cada colorante.”

INVESTIGACIÓN B: “Para determinar la longitud de máxima adsorción del colorante índigo se realizó un barrido uv/vis entre 200 y 800 nm; determinando la longitud de onda a la cual absorbe el colorante índigo” (Balaguera, 2011)

Según lo anterior, se analiza en la primera investigación, que, para iniciar con el procedimiento de los ensayos, se debe realizar una centrifugación (separación de líquidos y sólidos), ya que el tinte fue donado por una empresa textilera y este viene contaminado de muchos residuos y lo que se va a utilizar es exclusivamente el efluente líquido. Esta centrifugación se realizó a 1000 revoluciones por minuto, durante 10 minutos, para así obtener una buena separación de residuos y de este modo poder medir la absorbancia en función de la longitud de onda.

En la segunda investigación, se determina la longitud de onda a través de un barrido de rango ultravioleta visible, para así establecer cuál es la máxima adsorción del colorante índigo. Esta se hace entre 200 y 800 nm (millas náuticas).

- Selección de medio de degradación

INVESTIGACIÓN A: “Se evaluaron tres medios, los cuales han sido empleados para la degradación de colorantes por diferentes autores: medio Kirk (Cardona, Osorio, y Quintero, 2009; Kirk et al., 1990; Osorio et al., 2011), medio Zouari (Zouari-Mechichi et al., 2006) isolated from decayed acacia wood (from Northwest of Tunisia, y el medio Park-Robinson (Robinson, McMullan, Marchant, y Nigam, 2001). El efecto que tiene el medio sobre la degradación de los tres colorantes se realizó sobre medio sólido. La evaluación consistió en evaluar cada colorante en cada medio de cultivo a una concentración de 125 ppm, según Cardona et al. (2009)

a concentraciones mayores el hongo se puede inhibir, cada caja fue inoculada con un disco de 7 mm de micelio del hongo *B. adusta*, este micelio se ubicó en el centro de la caja Petri. También se evaluó la presencia de aserrín en el medio como agente elicitor debido a que las enzimas ligninasas no son constitutivas y requieren ser inducidas por el medio de crecimiento (Kirk et al., 1990; Robinson et al., 2001). Todo esto se realizó en condiciones de esterilidad, asepsia y por triplicado.”

INVESTIGACIÓN B: “Las condiciones de operación, adición de co= Sustrato/Nitrógeno e inductores enzimáticos se seleccionaron realizando un diseño experimental Plackett Burman, evaluado el efecto de las siguientes variables independientes o factores: concentración de índigo (ppm), inductores metálicos (CuSO₄/MnSO₄), nitrógeno (NH₄Cl), la temperatura, el porcentaje de inóculo, pH, agitación tiempo y fuente de carbono o co – sustrato (glucosa)” (Balaguera, 2011)

Expuesto lo anterior, en la primera investigación se elige el medio de cultivo park – robinson, quien permite una mejor degradación del tinte. Así mismo se evaluó la presencia de un agente elicitor (aserrín) para observar su comportamiento y capacidad de absorbancia.

Los reactivos utilizados para este medio fueron:

Figura 6 Medio de cultivo Park-Robinson empleado para la suplementación del medio de degradación

Medio	Componentes	Concentración [gL ⁻¹]
Park-Robinson	Glucosa	0,7
	KH ₂ PO ₄	0,2
	NH ₄ NO ₃	0,1
	MgSO ₄ *7H ₂ O	0,5
	Agar-Agar	15
	Aserrín	2

Fuente: (Munera, Oquendo, Rodríguez y Marín, 2017)

En la segunda investigación se elige el medio de cultivo Plackett Burman, quien permite una mejor degradación del tinte. Así mismo se evaluó la presencia de un agente elicitor (glucosa) para observar su comportamiento y capacidad de absorbancia.

Figura 7 Medio de cultivo Plackett Burman empleado para la suplementación del medio de degradación

Glucosa (alimetaria)	10 g/L
Extracto de Levadura	2g/L
Peptona Universal	5g/L
Fosfato de Potasio monobásico (KH ₂ PO ₄)	0.1g/L
Sulfato de Magnesio Heptahidratado (MgSO ₄ . 7 H ₂ O)	0.05g/L
Sulfato de Manganeso Monohidratado (MnSO ₄ . H ₂ O)	0.076g/L
Salvado de Trigo	175g/L
Cloranfenicol	0.1g/L
Agar- Agar	18g/L
Extracto de salvado líquido	1L

Fuente: (Balaguera, 2011)

- Inoculo de degradación

INVESTIGACIÓN A: “El inóculo para cada Erlenmeyer consistió en 4 círculos de 7 mm de diámetro, tomados de una caja de Petri incubada a 30°C por un tiempo de 7 días” (Munera, Oquendo, Rodríguez y Marín, 2017). “Una vez seleccionado el medio de cultivo, se determinó la cinética de degradación de los tres colorantes por el hongo *B. adusta* en medio líquido. Los montajes cultivo se realizaron en un Erlenmeyer de 250 mL con un volumen de trabajo de 200 mL, a una temperatura de 30°C, una agitación de 150 rpm, un pH de 4,5 y se tomó como concentración de colorante 125 ppm; este valor ha sido reportado por diferentes autores como una concentración

inhibitoria para el hongo (Cardona et al., 2009; Osorio et al., 2011; Senthilkumar et al., 2014; Taha et al., 2014); se tomaron muestras cada dos días, para cada una se determinó la concentración de colorante por medio de la técnica de grado de decoloración mencionada anteriormente.” (Munera, Oquendo, Rodríguez y Marín, 2017).

INVESTIGACIÓN B: “Se prepararon erlenmeyers de 250 mL, con 100 mL de caldo extracto de salvado, los cuales se inocularon por separado con 8 discos de agar con hongo crecido y posteriormente se incubaron en Shaker horizontal a 120 rpm, 30°C, por 8 días. La biomasa paletizada se recuperó por filtración con posteriores lavados con agua destilada, controlando las condiciones de esterilidad y se refrigeró a 4°C” (Balaguera, 2011).

La primera investigación, muestra el procedimiento que se debe llevar en el cultivo y las condiciones de temperatura, pH, revoluciones por minuto, entre otros. Esto para obtener la concentración inhibitoria del colorante por el hongo.

Tabla 7 Inoculación

ELEMENTOS	CARACTERISTICAS
Cajas de Petri	4 círculos de 7mm de diámetro
Erlenmeyer	250 mL y un volumen de 200 mL, temperatura de 30°C, agitación de 150 rpm y un pH de 4,5
Concentración del colorante	125 ppm

Fuente: Realizado por autores tabla (datos (Munera, Oquendo, Rodríguez y Marín, 2017))

La segunda investigación, muestra el procedimiento que se debe llevar en el cultivo y las condiciones de temperatura, pH, revoluciones por minuto, entre otros. Esto para obtener la concentración inhibitoria del colorante por el hongo.

Tabla 8 Inoculación

ELEMENTOS	CARACTERISTICAS
Cajas de Petri	8 discos de Agar con hongo crecido
Erlenmeyer	250 mL, 100 mL de caldo extracto de salvado
incubación	120 rpm a 30°C por 8 días

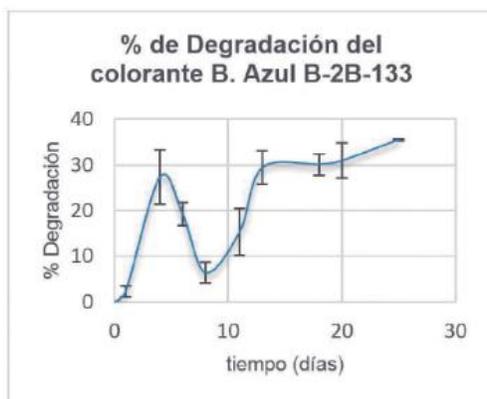
- Fuente: Realizado por autores tabla (datos (Balaguera, 2011))
- Curva de calibración

INVESTIGACIÓN A: "En el día 4 se presenta un pico máximo de degradación y en el día 8 un valor mínimo de degradación, durante estos mismos días se evidenció en el hongo una coloración azul, la cual posteriormente desapareció. Varios autores han tratado de explicar esto por medio de dos fenómenos: el primero es la absorción de colorante sobre la biomasa, en este el colorante reacciona químicamente con los grupos funcionales OH y C=O de la quitina presente en la pared celular de los hongos (Tuomela y Hatakka, 2011), la otra fracción de colorante que no reacciona con la quitina es liberada nuevamente al medio (Kabbout y Taha, 2014; Robinson et al., 2001). El otro fenómeno se debe principalmente a la tendencia que tienen los colorantes reactivos por adsorberse sobre la superficie del microorganismo, Osorio et al. (2011) argumentan que el grado de adsorción del colorante sobre la biomasa del hongo es un mecanismo importante principalmente en presencia de sales, donde puede alcanzar hasta un 36% de la remoción del colorante." (Munera, Oquendo, Rodríguez y Marín, 2017).

INVESTIGACIÓN B: "Se realizó una curva de calibración con la finalidad de poder medir la concentración de índigo presente en el proceso de decoloración, se prepararon diferentes concentraciones de colorante (180, 160, 140, 120, 100, 80, 60, 40, 20, 10 ppm) (Pedroza et al., 2010) a las cuales se les determinó la absorbancia a la longitud de máxima adsorción de colorante la curva se realizó por triplicado y con el promedio de los datos se aplicó un modelo matemático para determinar la ecuación de la línea recta que permite transformar las absorbancias a concentración" (Balaguera, 2011)

Según lo anterior, en la primera investigación se realizó una evaluación por días, para determinar en cual se presenta el pico más alto de degradación y en cual puede disminuir, cabe aclarar que pueden presentarse picos como puede ser una regresión lineal e ir aumentando el nivel de degradación del tinte. Para este caso se evidencia que el nivel de degradación del tinte al tener contacto con el hongo, fue dispersa ya que presento picos altos y bajos.

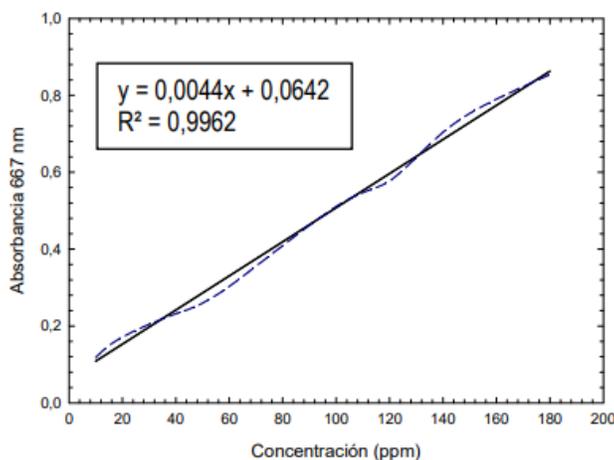
Figura 8 Degradación Colorante azul



Fuente: (Munera, Oquendo, Rodríguez y Marín, 2017)

En la segunda investigación se realizó una evaluación del proceso de remoción del colorante índigo por medio de la curva de calibración, determinando los datos con intervalos de concentración entre 20ppm – 180 ppm. Para este caso se evidencia que el nivel de degradación del tinte al tener contacto con el hongo, fue lineal ya que no presento picos altos y bajos.

Figura 9 Remoción de colorante índigo



$$y = 0.0044x + 0.0642 \quad (5)$$

Fuente: (Balaguera, 2011)

- Resultados

INVESTIGACIÓN A: “Como resultado de esta evaluación se puede afirmar que el microorganismo fue capaz de crecer y degradar el colorante a una concentración inicial de 125 ppm. El porcentaje de degradación de colorante máximo ocurre después de transcurridos 13 días de tratamiento y el porcentaje máximo de degradación fue del 30%.” (Munera, Oquendo, Rodríguez y Marín, 2017).

INVESTIGACIÓN B: “Al realizar las pruebas de tratabilidad con los diferentes tipos de agua residual, se encontró que es necesaria la adición de 10 g/L glucosa, 160 u Mol/L MnSO₄, con biomasa viable y un pH 8 para el agua residual textil real diluida al (80 v/v). pleurotus ostratus no demostró inhibición por la presencia de los demás componentes existentes en el agua residual, obteniendo valores de 91% de decoloración, 99% remoción de DQO con 16,6 UL/L, para el agua real DENIM 70% de decoloración, 53% de remoción de DQO 20,6 UL/L para la mezcla de dispersos. A su vez se demostró la capacidad de decoloración y remoción de DQO de este microorganismo y su potencial uso en la biorremediación de este tipo de efluentes en el agua real DENIM diluida al 80%, aunque no se alcanzaron los mismos porcentajes de remoción en el agua con dispersos.” (Balaguera, 2011)

Para la primera investigación se obtuvo un 30% de absorbancia del tinte al tener el contacto con el hongo, es decir, que la degradación del colorante disminuye el pH con el que viene este vertimiento contaminado y mitiga el impacto. Por otro lado, en la segunda investigación, se evidencia que, aunque se presentaron sólidos dispersos dentro del agua que se trató, se logró obtener un 99% de remoción de DQO y 91% de decoloración.

Expuesto lo anterior, se puede concluir que la implementación de tratamientos biológicos (hongo) en empresas textiles del subsector de tintorería y acabados del jean índigo es viable, ya que reduce cierto porcentaje de tinte que se encuentra concentrado en estos vertimientos, como también genera un alto beneficio disminuyendo el impacto tanto ambiental como legal. Cabe resaltar que luego de proponer estos tratamientos para este sector, el agua ya se encuentra tratada y se puede determinar un mejor aprovechamiento de la misma, antes de ser desechada, es decir, un mejor uso. Para esto se pretende reutilizar, luego de ser tratada dentro de uno de los espacios de la empresa como son: (fachadas y sanitarios).

13.3. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

A través de la matriz de impacto ambiental, se puede determinar que aspectos e impactos son relevantes y afectan tanto de manera interna como externa a estas empresas pertenecientes al sector textil.

- Primero se realizó un breve estudio de la matriz de riesgos, a nivel externo e interno que puede traer estos efluentes provenientes de las industrias textiles.

Figura 10 RESULTADO MATRIZ DE RIESGOS EXTERNOS E INTERNOS

MATRIZ DE RIESGOS					LEYENDA						
RIESGO	Aparición probabilidad	Gravedad (Impacto)	Valor del Riesgo	Nivel de Riesgo	GRAVEDAD (IMPACTO)						
					MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		
					1	2	3	4	5		
TEMPERATURA	4	3	12	Importante	MUY ALTA	5	5	10	15	20	25
ALMIDON	4	3	12	Importante	ALTA	4	4	8	12	16	20
PREPARACIÓN DE QUIMICOS	5	4	20	Muy grave	MEDIA	3	3	6	9	12	15
TINTURAR	4	4	16	Muy grave	BAJA	2	2	4	6	8	12
PRELAVADO	3	3	9	Importante	MUY BAJA	1	1	2	3	4	5
EXTERNO (CENRIFUGACIÓN Y SECADORA)	5	5	25	Muy grave							
			0	Marginal							
			0	Marginal							
			0	Marginal							
			0	Marginal							
			0	Marginal							
			0	Marginal							
			0	Marginal							
			0	Marginal							
			0	Marginal							

	Riesgo muy grave. Requiere medidas preventivas urgentes. No se debe iniciar el proyecto sin la aplicación de medidas preventivas urgentes y sin acotar sólidamente el riesgo.
	Riesgo importante. Medidas preventivas obligatorias. Se deben controlar fuertemente las variables de riesgo durante el proyecto.
	Riesgo apreciable. Estudiar económicamente si es posible introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo. Si no fuera posible, mantener las variables controladas.
	Riesgo marginal. Se vigilará aunque no requiere medidas preventivas de partida.

Figura 11 MATRIZ DE RIESGOS EXTERNOS E INTERNOS

PROCESO	SUBPROCESO	OBJETIVO	ETAPAS/ACT	TIPO RIESGO	DESCRIPCION DEL RIESGO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA					IMPACTO		SEVERIDAD DEL RIESGO	VALOR		
						ALTO	MEDIO	BAJO	VALOR	NIVEL	CLASIFICACION	VALOR				
TINTORERIA (JEAN ÍNDIGO)	ENCENDER LA CALDERA Y MAQUINAS	Encender las maquinas por medio de madera, para poder elevar la temperatura e iniciar	MADERA Y TEMPERATURA	RIESGO FISICO	DIFICULTAD AL RESPIRAR PROVOCADA POR LA CANTIDAD DE CALOR QUE LA MAQUINA	x					4	MEDIO	3	IMPORTANTE	12	
	DESENGOME	REMOVER Y ELIMINAR IMPUREZAS A TRAVES DE	REMOVER Y ELIMINAR	RIESGO FISICO - QUIMICO	MANIPULACION DEL LIQUIDO (ALMIDON) PARA	x					4	MEDIO	3	IMPORTANTE	12	
	PREPARACIÓN DE LOS QUIMICOS	APLICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS SEGUN ESCALA DE USO	NEUTRALIZAR EL TINTE	RIESGO FISICO - QUIMICO	MANIPULACIÓN DE QUIMICOS QUE PUEDEN AFECTAR VIA	x					5	MUY ALTA	4	MUY GRAVE	20	
	TINTURAR (APLICACIÓN DE TINTES)	APLICACIÓN DEL TINTE QUE PUEDE SER PREPARADO O	APLICACION DE COLOR	RIESGO FISICO - QUIMICO	MANIPULACION DE TINTES SINTETICOS (APARICIÓN DE ENFERMEDADES)	x					4	ALTA	4	MUY GRAVE	16	
	PRELAVADO (TONOS OSCUROS)	APLICACIÓN DE BLANQUEADOR PARA PONER EL TONO DEL JEAN UN POCO MÁS CLARO	APLICACIÓN DE BLANQUEADOR	RIESGO FISICO - QUIMICO	AL MEZCLARSE CON ALGUN OTRO QUIMICO O PRODUCTO PUEDE CAUSAR VAPORES TOXICOS, DAÑOS A LA PIEL,		x					3	MEDIO	3	IMPORTANTE	9
	EXTERNO - CENTRIFUGACIÓN, SECADORA (JEANS)	EXPRIMIR Y SECAR POR MEDIO DE UNA MAQUINA, LOS JEANS LUEGO DE SER TINTURADOS	EXPRIMIR Y SECAR	RIESGO FISICO	A NIVEL EXTERNO, EL ENTORNO SE VE AFECTADO PORQUE DE AQUI ES DE DONDE SE DIRIGEN LOS VERTIMIENTOS AL ALCANTARILLADO.	x						5	MUY ALTO	5	MUY GRAVE	25

FUENTE : REALIZADO POR AUTORES



Evaluación de Aspectos e impactos ambientales

Elaborado por: **Maria Alejandra Martínez Acosta / Fabio Esteban Barreto Gallo**

ITEM	ASPECTO AMBIENTAL	PROCESO	SUBPROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	ESTADO DE		IMPACTO AMBIENTAL	CRITERIO					Total	Significativo	CONTROL OPERACIONAL					
							Anormal	Normal		Magnitud	30%	10%	30%	10%			20%	PERSONA	METODO, PROCEDIMIENTO O INSTRUCCIÓN	MAQUINA, SISTEMA O MATERIAL	OBJETIVO	LEGISLACIÓN APLICABLE
1	Consumo de energía eléctrica	Actividades generales de oficina y planta de producción	Todos los procesos	Operación normal de actividades generales de oficina y planta de producción	Computadores, labores de producción que no demandan grandes cantidades	Todo el personal		X	Agotamiento de los recursos naturales	3	1	1	5	1	2	SI	Conciencia del Personal			Considerado para la definición de objetivos Ambientales	No Aplica	
2	Generación de residuos	TINTORERIA	CENTRIFUGACIÓN Y SECADORA	EXPRIMIR Y SECAR LOS JEANS PARA FINALIZAR EL PROCESO	Residuos líquidos, vertimientos con tinte	Operarios Mecanizado		X	Contaminación del agua	5	5	5	5	5	5	SI	Conciencia del Personal	Tratamiento para tratar el agua			Norma 1076, resolución 0631 del 17 de marzo de 2016 (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE)	
3	Manejo de sustancias químicas	GESTION DE CADENA DE SUMINISTROS	MECANIZADO MAQUINA CNC	MAQUINA CNC DESECHO DE ACEITES	Derrame de aceite lubricante durante el proceso de mecanizado de la placa o molde	Operarios de mecanizado		X	Contaminación de suelo y agua	3	1	2	1	1	2	NO	Entrenamiento de personal		Mantenimiento preventivo de máquinas y equipos		Ley 55/93, Resolución 2309/86, Decreto 4741/05 (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE)	

4	Manejo de sustancias químicas	GESTION DE CADENA DE SUMINISTROS	PREPARACIÓN DE QUIMICOS	INCORPORAR LA PREPARACIÓN DE QUIMICOS A LA MAQUINA	Manipulación de químicos que permiten neutralizar el proceso de teñido	Operarios de mecanizado		X	Contaminación del suelo y agua	3	1	2	1	1	2	NO	Entrenamiento de personal	Procedimiento documentado IPTS 006	Sistema de trampas de químicos, mantenimiento preventivo de máquinas y equipos		Ley 55/93, Resolución 2309/86 (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE)
5	Manejo de sustancias químicas	GESTION DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS GENERALES	PRESTACION DEL SERVICIO	MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	Derrame durante la manipulación de sustancias como químicos, aceites o productos que contengan algún químico	Gestión Humana y Producción		X	Contaminación del suelo y agua	2	1	2	1	1	2	NO	Entrenamiento de personal		Sistema de trampas de grasa y químicos		Ley 55/93, Resolución 2309/86, Decreto 4741/05
6	Generación de residuos	GESTION DE SERVICIOS	EJECUCION DE SERVICIOS	HACER PRUEBAS (ELECTRICAS, MECANICAS, OTRAS)	Residuos solidos impregnados, en los efluentes al final del proceso	Ingeniero de servicios Técnicos de campo		X	Contaminación del suelo y agua	5	5	3	3	1	3	SI	Capacitación sobre procedimientos ambientales durante servicio en campo	Verificación de presencia de residuos solidos			Resolución 2309/86, Resolución 0886/04, Decreto 1609/02, Decreto 4741/05
7	Consumo de energía eléctrica	INFRAESTRUCTURA	TEÑIDORAS	TEÑIR UTILIZANDO ENERGIA TERMICA, PARA PODER MEZCLAR EL TODOS LOS QUIMICOS CON EL JEAN	Teñidora que utiliza energía eléctrica y para tener más potencial (madera)	Líder y operarios de teñidora		X	Agotamiento de los recursos naturales	2	1	1	5	1	2	NO	Entrenamiento de personal		Mantenimiento preventivo de máquinas y equipos		No aplica
8	Generación de residuos	DESPACHO	EMPAQUE	EMPAJAR CADA UNA DE LOS JEANS EN BOLSAS DE PLASTICO, SEGÚN EL PEDIDO PARA SER ENTREGADO	Residuos de plástico	Líder y Operarios de despacho		X	Contaminación del suelo	1	1	2	3	1	2	NO		Separación de residuos en la fuente			Decreto 1713/02, Decreto 1140/03

9	Emisiones atmosféricas	Actividades generales de oficina y planta de producción	Todos los procesos	Operación normal de actividades generales de oficina y planta	Gases vehiculares emitidos por los vehículos de la empresa	Gestión Humana		X	Contaminación del aire	1	1	2	5	1	2	NO	Conciencia del Personal	Mantenimiento de la maquina	Certificado ambiental		Resolución 005/96
10	Generación de residuos	Gestión de Mantenimiento y Servicios Generales	Prestación del Servicio	Casino y cafeterías	Residuos de comidas, empaques	Gestión Humana y Contratista		X	Contaminación del suelo y agua	1	1	2	3	1	2	NO	Conciencia del Personal	Separación de residuos en la fuente			Decreto 1713/02, Decreto 1140/03
11	Vertimientos	Actividades generales de oficina y planta de producción	Todos los procesos	Utilización de baños	Agua residual	Todo el personal		X	Contaminación del agua	1	3	2	5	1	2	NO	Conciencia del Personal				Decreto 1534/84, Decreto 3100/03, Decreto 3440/04
12	Consumo de agua	Actividades generales de oficina y planta de producción	Todos los procesos	Operación normal de actividades	Agua de pozo para baños y refrigeración de	Todo el personal		X	Agotamiento de los recursos	1	1	2	5	1	2	NO	Conciencia del Personal				Resolución No 464/06
13	Manejo de sustancias químicas	Gestión de Mantenimiento y Servicios Generales	Prestación del Servicio	Mantenimiento Locativo	Consumo de sustancias para tratamiento de agua del pozo, sustancias para aseo, pinturas y	Gestión Humana y Contratista		X	Contaminación del suelo y agua	1	1	2	1	1	1	NO	Entrenamiento de personal				Ley 55/93, Resolución 2309/86

Fuente: Realizado por autores

- Luego de analizar los riesgos que generan estos efluentes tanto a nivel interno como externo, se evaluaron algunos factores para determinar el aspecto e impacto ambiental que generan en el entorno y a nivel de sector (textil). Lo que permite concluir que las industrias textiles son una de las que más contaminan al medio ambiente, y generan gran cantidad de residuos (sólidos (toneladas) y líquidos (litros)). Por ende, se hace necesario, proponer un diseño de un sistema de logística inversa que mitigue este impacto y genere un mejor aprovechamiento del mismo, dentro de algún espacio de la empresa, en este caso en sanitarios y lavado de fachadas. Cabe resaltar que se propone también un método de tratamiento, que permita tratar esta agua antes de ser reutilizada.

14. PROPUESTA – FACTORES Y DISEÑO

14.1. Sistema de logística inversa

“El Council Of Supply Chain Management Professionals, define la Logística, como el proceso de planificación, ejecución y control de procedimientos para el eficiente y eficaz transporte y almacenamiento de mercancías y de servicios e información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el fin de ajustarse a los requisitos del cliente. Esta definición incluye entradas, salidas, los movimientos internos y externos.”

Según, (el Reverse Logistic Executive Council” La logística reversa “es el proceso de mover bienes de su destino final típico a otro punto, con el propósito de capturar valor que de otra manera no estaría disponible, para la disposición apropiada de los productos””

(Luis Aníbal Mora García, Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Colombia y Gerente General de la firma en consultoría logística empresarial High Logistics Group), define la logística reversa como “el macroproceso de planificar, administrar y controlar el flujo de productos y materiales desde el lugar de consumo hasta el punto de origen, incluyendo la información asociada desde el sitio de destino hasta el fabricante o proveedor, con el propósito de adecuar los productos en el lugar indicado y crear valor económico, ecológico, legal o de imagen, entre otros”.

Dichos los anteriores conceptos se puede definir a la logística inversa como aquella que “comprende las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales incluyendo todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida”. (REVLOG, 2004)

Entendido el concepto de logística inversa, se puede evaluar los beneficios que trae su implementación dentro del sector textil, para la reutilización de aguas residuales provenientes de los procesos de estas mismas industrias.

Algunos beneficios se consideran dentro de la siguiente tabla:

Tabla 9 Beneficios de la logística inversa

COSTOS	CUIDADO AL MEDIO AMBIENTE	MERCADO
Recuperación de valor en los espacios que sera reutilizado este vertimiento	Se reducen los efectos negativos en el medio ambiente	Imagen corporativa más solida
Recuperación de valor a nivel normativo	Se presenta una reducción de volumen en los vertimientos que se envian a los rellenos sanitarios	Aumento de competitividad
Recuperación de valor en implementación de tratamientos que tratan el agua		Reconocimiento

Fuente: Elaborado por autores

Expuesta la tabla anterior, permite motivar a las empresas que pertenecen a este sector (textil), implementar este tipo de herramientas dentro de su proceso, ya que los beneficios que puede traer, son agradables tanto economicamente, ambientalmente como hacia la imagen que repretan ante el mercado.

14.1.1. Bombas de agua

Sin importar el tipo o clase, las bombas cuentan con dos orificios, el primero que permite la entrada que se llama de aspiración y el segundo que permite la salida que se denomina impulsión. Este tipo de dispositivos se han utilizado desde tiempos antiguos para la extracción de agua.

Cuando la bomba recibe la energía por medio de un motor acoplado sea de Gasolina o Diésel, dicha bomba de Agua se denomina Motobomba, en el caso de que la energía proviene de corrientes eléctricas se denomina Electrobomba. Según el tipo de bombas, estas trabajan con motores externos o ayudas externas como ejes o poleas (venta generadores, 2016).

14.1.2. Electrobombas

Este tipo de máquinas deben mantener agua en su interior para trabajar constantemente, por lo tanto, es primordial que previamente de trabajarlas, se deben cebar, para lo cual hay que extraer el tornillo de cebado, adicionar agua hasta colmarlo y en seguida colocar de nuevamente el tornillo de cebado, dicha operación debe repetirse cuando la bomba no ha sido utilizada

por un largo periodo de tiempo, le ha ingresado aire o cuando por alguna razón el sistema se haya vaciado.

Para prevenir que se vacíe el tubo alimentador de agua basta con implementar una válvula pichancha el cual proviene de la cisterna, en el momento que la bomba no se encuentra en marcha se debe revisar que se encuentre en excelentes circunstancias debido a que una pichancha imperfecta desocupara el tubo y concluirá al deterioro de la bomba (TRUPER S.A., 2016).

14.1.3. Bomba Periférica

Son las más útiles para uso doméstico e industrial, es importante resaltar que este tipo de bombas tienen la capacidad de trabajar para dos o tres apartamentos por piso.

“La manera de funcionar de esta bomba es que llega a consumir potencia, esto para que en determinado momento pueda actuar como turbina y entregar potencia; es por ello que también se le conoce como bombas tipo turbina de vértice y regenerativas, en este tipo se produce remolinos en el agua por medio de los álabes a velocidades muy altas, las cuales se generan a través de impulsos de energía que se genera de manera muy veloz y además con mucha fuerza en el impulsor.” (SUHISSA, 2018)

14.1.4. Bomba Centrífuga

“Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son pues, máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico. Las bombas centrífugas la velocidad comunicada por el rodete al líquido se transforma, en parte, en presión, lográndose así su desplazamiento y posterior elevación.” (Recuperado de: http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_04.htm)

“El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta la entrada del rodete, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), acelerándose y absorbiendo un trabajo.

Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, creando una altura dinámica de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando también su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación.” (FERNANDEZ. s, f).

14.1.5. Bomba tipo jet

“El bombeo hidráulico tipo jet es un sistema artificial de producción especial que fue diseñado en reemplazo del bombeo hidráulico tipo pistón, y a diferencia del tipo pistón no ocupa partes móviles y su acción de bombeo se realiza por medio transferencia de energía entre el fluido motriz y los fluidos producidos mediante el efecto Venturi.

El funcionamiento está regido por el principio que creó el físico italiano Giovanni Venturi – Tubo de Venturi.

Consiste en una reducción del área de flujo para crear un aumento de la velocidad del fluido, lo que va a generar una caída de presión.” (MILENA, s.f)

14.1.6. Bombas de agua sumergible

“Este tipo de bombas consisten en dispositivos que se meten en el agua, realizando el respectivo bombeo del líquido e ingresándolo en diferentes filtros que este contiene. Estas bombas se fabrican como automáticas o manuales. Las bombas automáticas cuentan con un flotador el cual debe permanecer sobre el nivel del agua, este flotador indica el momento en el que el agua tiene un nivel bajo, provocando que la bomba se detenga. Por otro lado, se tienen las bombas manuales, con las cuales el usuario es el que debe accionar el interruptor de encendido y apagado para controlar el funcionamiento de la máquina.” (“Bombas de agua sumergibles”, s.f.).

14.1.7. Bombas de agua compactas

Estas bombas conservan la presión idónea en cuanto a la salida del fluido, con el objetivo de prevenir una ruptura en la red, además inician su operación exclusivamente cuando el sistema de aguas lo requiera. Adicionalmente este tipo de bombas utilizan poca electricidad y no producen sonidos estruendosos a comparación de las otras bombas. Estas bombas funcionan de forma autónoma, en el momento que el agua del recipiente de almacenamiento se agote la máquina automáticamente se detendrá, impidiendo de esta forma llegar a dañar el motor en el caso de que el usuario no se encuentre en el sitio para apagarla de manera manual (soldador, 2014).

14.2. INDICADORES DE GESTIÓN

Actualmente (la empresa procoljeans) empresa que nos proporcionó la información, tiene un consumo promedio entre 400 y 600 litros de agua cada 45 minutos, teniendo en cuenta que trabajan de 8 am a 6 pm, 10 horas en total.

$$\frac{600}{45} = 13.33$$
$$400\text{LT} \times 13.33 = 5.332 \text{ LT DIARIOS}$$
$$600\text{LT} \times 13.33 = 7.998 \text{ LT DIARIOS}$$

$$\text{PROMEDIO: } 6.665 \text{ LT}$$

Esta información nos da a conocer la cantidad de litros que la empresa está utilizando para todo el proceso.

Se tomaron los valores de 400 y 600 litros ya que es el cantidad mínima y máxima en litros que utilizan para el lavado de jeans, cabe resaltar que estos litros de efluente son vertidos en su totalidad y no se reutiliza ni 1 litro de esta agua.

A continuación, se mostrarán algunos indicadores de gestión: Eficacia, Eficiencia y Productividad.

14.2.1. EFICACIA

Objetivo de ventas mensual de parte de nuestro cliente: 95%

Base de ventas para los clientes: 2500

Ventas realizadas en el mes de gestión: 2400

INDICADOR DE EFICACIA: $(2400/2500) \times 100 = 96\%$

14.2.2. EFICIENCIA

Jeans para lavar: 1500

Cantidad máquinas para lavado: 3

Tiempo de lavado: 45 min

Jeans lavados por maquina diario: $500 \text{ jeans} \times 3 = 1500 \text{ jeans}$

$1500 \text{ jeans por día} \times 26 \text{ días laborales} = 39.000 \text{ jeans}$

14.2.3. PRODUCTIVIDAD

Jeans Lavados: 1500

Defectuosos: 10

Productividad: 99%

14.2.4. COSTO / BENEFICIO DEL PROYECTO

Tabla 10. Costo mano de obra

ARL (nivel I) (Decreto 1295 de 1994)	0,52%	\$	4.306	
Parafiscales (Decreto 923 de 2017)	9%	\$	74.530	
Prima (artículos del 306 al 308 del CST)	8,33 %*	\$	77.065	
Cesantías (artículos del 249 al 258 del CST)	8,33 %*	\$	77.065	
Intereses a las cesantías (Ley 52 de 1975) (sobre las cesantías)	12%	\$	9.248	
Vacaciones (artículos del 186 al 192 del CST)	4,17%	\$	34.532	
Dotación (artículo 230 del CST)	5%*	\$	41.406	
Total		\$	1.413.064	Valor Mensual
		\$	16.956.774	Anual

Fuente: Realizado por autores

Esta información nos da a conocer la inversión mensual y anual, que se tendría que disponer para la mano de obra en el desarrollo de esta propuesta (en caso de necesitarse), lo que indica que no es un costo tan elevado ya que una persona que trabaje solo para tratar el agua tiene un costo mucho más elevado y no es justificable, mientras que para este caso es un costo amigable para estas empresas.

Tabla 12 Costo / beneficio

Promedio sin implementar la propuesta								
	Personas	Lt/día	Lt/mes	Lt/año				
Diario	50	1900	49400	592800				
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costo Diario	4118,52	4118,52	4118,52	4118,52	4118,52	4118,52	4118,52	4118,52
Costo Mensual	51618,52	51618,52	51618,52	51618,52	51618,52	51618,52	51618,52	51618,52
Costo Anual	595018,52	595018,52	595018,52	595018,52	595018,52	595018,52	595018,52	595018,52
Promedio implementando la propuesta								
	Personas	Lt/día	Lt/mes	Lt/año				
Diario	50	975	26550	318600				
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costo Diario	3193,52	3193,52	3193,52	3193,52	3193,52	3193,52	3193,52	3193,52
Costo Mensual	28768,52	28768,52	28768,52	28768,52	28768,52	28768,52	28768,52	28768,52
Costo Anual	320818,52	320818,52	320818,52	320818,52	320818,52	320818,52	320818,52	320818,52

Fuente: Realizado por autores

Tabla 13 Recuperación en litros y su respectiva disposición

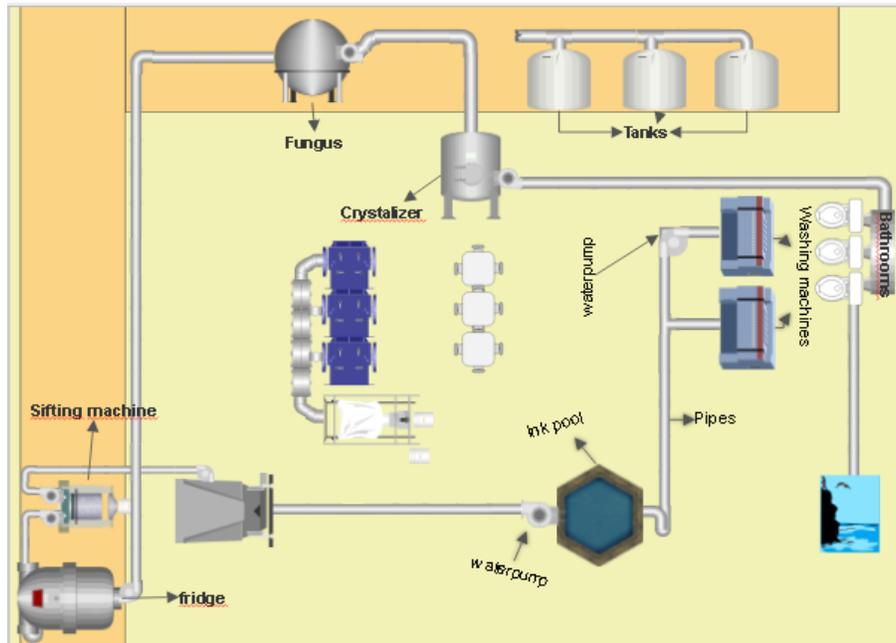
Sanitario				
familia	4	78	diarios	
empresa	50	975	diarios	25350 mes
1 veces al mes	Maquinaria			
Washing machine	2	100		
fridge	1	150		
Sifting Machine	1	50		
Crystalizer	1	200		
total		500		
Fachada	47m x 16m	3 veces por mes		
	400	1200 Mes		26550 Mes

Fuente: Realizado por autores

Analizado lo anteriormente expuesto, se puede evidenciar que el objetivo de implementar este diseño de un sistema de logística inversa en estas industrias, resulta con costos beneficios muy agradables, es decir diario se reduce en \$925, mensual \$22850 y anual en \$274200. Lo que genera ser muy atractivo estudiar e implementar esta propuesta.

14.3. Diseño del sistema final mediante el LucidChart y simulación (distribución en planta)

Figura 12 DISEÑO DE PLANTA



Fuente: autores

Variable dependiente

En el proyecto se va a tener en cuenta el diseño de planta como la variable dependiente, se determina que al realizar algún cambio se afecta en la distancia para realizar los procesos.

Variable independiente

Para el diseño se considera el proceso que se realiza dentro de la planta y los flujos de esta.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE PLANTA

Factor Hombre: Los colaboradores son uno de las factoras más importantes ya que son los encargados de la funcionalidad de la empresa. En la distribución de planta es importante tener en cuenta las condiciones para que cumplan adecuadamente su función.

Factor maquinaria: Para el sistema de logística inversa y previa reutilización del agua se determinó el uso de maquinaria baja-media. A continuación, se muestra los equipos a utilizar.

Producto	Características	Cantidad	Precio
----------	-----------------	----------	--------

Tabla 14 Equipos diseño de planta

			Unitario
	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad del depósito (cm³): 25. • Potencia motor (CV): 1,0. • Caudal máximo (L/h): 6.900. 115,00 (L/min) • Altura máxima (m): 32 • Aspiración máxima (m): 8,00. • Rosca (GAS): 1". • Diámetro manguera (mm): 25. • Autonomía (h): 1,00. • Nivel de ruido LWA dB(A): 104. <p>La <i>motobomba koshin</i> incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incluye accesorios de conexión y filtros. • Manguera de succión de 5 metros. • Manguera de impulsión de 12 metros. 	Según la necesidad	\$ 1.519.072 COP

	<ul style="list-style-type: none"> • Garantía La “tubería de PVC rígido ha estado en servicio por más de 40 años en usos industriales, acueductos y desagües. Esta tradición y experiencia garantizan la durabilidad y el buen servicio de la tubería de PVC rígido.” • Diámetro 3” • Tipo Accesorio • Función Los Tubo sistemas “PVC Sanitaria PAVCO están diseñados para transportar agua servida, residual doméstica, industrial o aguas lluvias y ventilación.” • Propack Individual • Capacidad Presión de Prueba: 0.35 Mpa – 50 PSI • Certificación Los Tubo sistemas “PVC Sanitaria PAVCO son fabricados bajo las normas NTC 1087, Tubos de Policloruro de 	<p style="text-align: center;">Según la necesidad</p>	<p style="text-align: center;">\$4.500</p>
---	--	---	--

	<p>Vinilo (PVC) Rígido para Uso Sanitario – Agua Lluvias y Ventilación; NTC 1341 Accesorios de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) Rígido para Tubería Sanitaria – Aguas Lluvias y Ventilación y NTC 576 para la soldadura.”</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso Instalaciones sanitarias en PVC, transporte de aguas servidas, residuales y domesticas • Advertencia Los tubos sistemas PVC Sanitaria de PAVCO son fabricados de PVC (Policloruro de Vinilo). Los Tubo sistemas “PVC Sanitaria de PAVCO son fabricados para ser unidos con cemento solvente.” Los tubos vienen de extremo liso y los accesorios con campana. • Color Amarillo • beneficios Instalación en Primer Piso 		
--	--	--	--

	<p>Resistente a la Corrosión Paredes Lisas Resistencia al Impacto Facilidad de Instalación Prefabricación Durabilidad</p>		
	<ul style="list-style-type: none"> • SD • Garantía 1 Año por defectos de fabricación • Tipo Cónico • Alto (medidas aproximadas en cm) 273 • Material Polietileno • Uso Tanque almacenamiento • Origen Colombia • Capacidad (Litros) 10000 • Incluye 	<p>Según la necesidad</p>	<p>\$6.031.900 COP</p>

	<p style="text-align: center;">Acoples</p> <ul style="list-style-type: none"> • Color Negro • Diámetro (medidas aproximadas en cm) 238 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Garantía La “tubería de PVC rígido ha estado en servicio por más de 40 años en usos industriales, acueductos y desagües. Esta tradición y experiencia garantizan la durabilidad y el buen servicio de la tubería de PVC rígido.” • Diámetro 4” • Tipo Accesorio • Función: “Los Tubo sistemas PVC Sanitaria PAVCO están diseñados para transportar agua servida, residual doméstica, industrial o aguas lluvias y ventilación.” • Capacidad: Presión de Prueba: 0.35 Mpa – 50 PSI • Certificación: Los Tubo sistemas PVC Sanitaria PAVCO son fabricados bajo las normas NTC 1087, Tubos de 	<p style="text-align: center;">Según la necesidad</p>	<p style="text-align: center;">\$ 6.400 COP</p>

	<p>Policloruro de Vinilo (PVC) Rígido para Uso Sanitario – Agua Lluvias y Ventilación; NTC 1341 Accesorios de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) Rígido para Tubería Sanitaria – Aguas Lluvias y Ventilación y NTC 576 para la soldadura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso: Instalaciones sanitarias en PVC, transporte de aguas servidas, residuales y domesticas • Advertencia: Los tubos sistemas PVC Sanitaria de PAVCO son fabricados de PVC (Policloruro de Vinilo). Los Tubo sistemas PVC Sanitaria de PAVCO son fabricados para ser unidos con cemento solvente. Los tubos vienen de extremo liso y los accesorios con campana. • Color: Amarillo • Beneficios: Instalación en Primer Piso Resistente a la 		
--	--	--	--

	<p>Corrosión Paredes Lisas Resistencia al Impacto Facilidad de Instalación Prefabricación Durabilidad</p>		
	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro en pulg 3 • Garantía La garantía por medio de Sodimac comunicarse con Tigre 7426465. • Beneficios Alta resistencia al impacto, Resistencia a la corrosión, Bajo Peso • Tipo Tubería • Medidas 3 Metro • Características Sistemas domiciliarios para recolección de aguas residuales o lluvias. • Observaciones La foto de este producto ha sido ambientada, por lo cual no incluye ningún adorno, ni accesorios, ni piezas adicionales ni ningún otro 	<p>Según la necesidad</p>	<p>\$22.900</p>

	<p>elemento que lo acompañan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material PVC • Uso Transporte de Aguas servidas. • Largo 3 Metro • Color Amarillo 		
--	---	--	--

Fuente: Realizado por autores

Factor movimiento: Se tiene en cuenta si la maquinaria con la que cuenta la empresa es de fácil desplazamiento, así mismo, si el flujo del proceso se ve afectado durante la distribución en planta.

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

15.1. CONCLUSIONES

- A partir de la investigación se presentaron cada una de las implicaciones estratégicas que puede traer el implementar un sistema que permita recuperar los efluentes de las empresas textiles, del subsector de tintorería y acabados en el sector Carvajal. (ambientales y económicas)
- Se analizaron pruebas de tratamientos biológicos, basados en la literatura, que permitieron mostrar cuanto porcentaje de absorción tiene este al tener contacto directo con el tinte, (específicamente el tratamiento biológico analizado fue por medio de hongos), donde se evidencia que se puede mitigar y tratar estos vertimientos entre un 30% y un 91%. Es decir, que su viabilidad de protesta como implementación para tratar el agua antes de reutilizarla es muy agradable.
- Se evaluaron cada uno de los factores que influyen en el proponer un diseño de un sistema de logística inversa a través de indicadores, lo que permitió evidenciar un 96% de eficacia y un 99% de productividad.

15.2. RECOMENDACIONES

se recomienda que esta propuesta de diseñar un sistema utilizando la herramienta de logística inversa para la reutilización de los efluentes, sea aplicada a las empresas pertenecientes al sector textil, con apoyo del ministerio de medio ambiente, ya que esto no solo beneficia a las empresas si no a los impactos que se generan ambientalmente.

Tener en cuenta los aspectos económicos, ambientales y sociales para el momento de desarrollar el proyecto, ya que en otras investigaciones se han propuesto tratamientos para tratar el agua antes de ser vertida, mucho más costosos y que no permiten su implementación, por ende, se recomienda utilizar los tratamientos biológicos para desarrollar la investigación, debido a que es un tema que se ha desarrollado muy poco.

16. BIBLIOGRAFIA

“Aguas residuales”. (2008). *Lodos activados*. Obtenido de <https://aguasresiduales.wordpress.com/tag/lodos-activados/>.

“Asociación Iberica de fotocatalisis”. (s.f). *¿Qué es la fotocatalisis?*. Obtenido de <http://www.fotocatalisis.org/que-es-la-fotocatalisis.html>

"Bombas de agua sumergibles". (s.f.). *bombas de agua sumergibles*. Obtenido de <http://bombasdeaguasumergibles.com/>

“COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS”. (2010) Supply Chain Management terms and glossary. Actualizado febrero 2010.

“Indigo”. (s.f) Ecotiente. Obtenido de <http://www.ecotintes.com/content/es/indigo>

“Evaluación de la remoción del colorante índigo”. (s.f) Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/47067275.pdf>

“Reingeniería de Procesos: Concepto y Metodología”. (s.f) Obtenida de <https://www.aiteco.com/reingenieria-de-procesos/>

“Remoción de colorantes reactivos empleando el hongo *Bjerkandera adusta*” Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/321961253_

“Reutilización de aguas residuales”. (s.f). Obtenido de http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_2_a.pdf

A. B. d. Santos, F. J. Cervantes y J. B. v. Lier, "Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology» Bioresource Technology, pp. 2369-2385, 2007.

Bjerkandera adusta (Willd.) P. Karst., Meddn Soc. Fauna Flora fenn. 5: 38 (1880).

B. K. Körbahti y A. Tanyolac, "Continuous electrochemical treatment of simulated industrial textile wastewater from industrial components in a tubular reactor" Journaof Hazardous Materials, pp. 771-778, 2009.

B. Manu y S. Chaudhari, "Anaerobic decolorisation of simulated textile wastewater containing azo dyes" Bioresource Technology, pp. 225-231, 2002.

Bolaños, R. "PROPUESTA DE RECUPERACION DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA TEXTIL", [HTTP://ri.ues.edu.sv/61/2/10135820.pdf](http://ri.ues.edu.sv/61/2/10135820.pdf)

Cortázar, A. *Contaminación generada por colorantes de la industria textil*<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html>

C. Pearce, J. Lloyd y J. Guthrie, "The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review" Dyes and Pigments, pp. 179-196, 2003

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (2004). Guía Ambiental para el Sector Textil. Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa. p25

Expok (2015). El proceso de teñido textil es toxico para la salud y el medio ambiente. Impactos del proceso de teñido textil.

E. Ellouze, N. Tahri y R. B. Amar, "Enhancement of textile wastewater treatment

process using Nanofiltration» Desalination, pp. 16-23, 2012.

F. Beltran, “Ozone–UV radiation–hydrogen peroxide oxidation technologies” New York, USA., Chemical Degradation Methods for Wastes and Pollutants., 2003.

Fernández. P. (s.f). “*Bombas centrifugas y volumétricas*”. Obtenido de <http://files.pfernandezdiez.es/Bombas/PDFs/BOMBAS01.pdf>

F. I. Hai, K. Yamamoto, F. Nakajima y K. Fukushi, “Bioaugmented membrane bioreactor (MBR) with a GAC-packed zone for high rate textile wastewater treatment” Water Research, pp. 2199-2206, 2011.

F. P. Van der Zee y S. Villaverde, “Combined anaerobic–aerobic treatment of azodyes— A short review of bioreactor studies” review of bioreactor studies, pp. 1425-1440, 2005.

García. A. (2006).” Recomendaciones táctico- operativas para implementar un programa de logística inversa”. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros/2006a/aago/index.htm>

G. Mónica. (2010). “Conceptos Básicos de absorción” Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/adsorcion>

Gonzales. (2004) “Colorantes”. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Colorante>

Gonzales. T (2017) “La industria textil colombiana carece de políticas de ahorro, reciclaje y contaminación. Fashion Network”

Hallett Clive y Johnston Amanda, (2010), “Telas para moda, guía de fibras naturales. Inglaterra”: Blume (p.175).

- I. K. Kapdan, M. Tekol y F. Sengul, “Decolorization of simulated textile wastewater in an anaerobic-aerobic sequential treatment system” *Process Biochemistry*, pp.1031-1037, 2003.
- I. Peternel, N. Koprivanac y H. Kusic, “UV-based processes for reactive azo dye mineralization” *Water research*, vol. 40, nº 525 – 532, 2006.
- J. García Montaña, F. Torrades, J. A. García Hortal, x. Doménech y J. Peral, “Combining photo-Fenton process with aerobic sequencing batch reactor for commercial hetero-bireactive dye removal” *Applied Catalysis B: Environmental*, pp. 86-92, 2006.
- J. García Montaña, F. Torrades, J. A. García Hortal, x. Doménech y J. Peral, “Combining photo-Fenton process with aerobic sequencing batch reactor for commercial hetero-bireactive dye removal” *Applied Catalysis B: Environmental*, pp. 86-92, 2006.
- M. García. (2005) “Logística inversa” – Reverse logistics
- M. Liu, Z. Lü, Z. Chen, S. Yu y C. Gao, “Comparison of reverse osmosis and nanofiltration membranes in the treatment of biologically treated textile effluent for water reuse” *Desalination*, pp. 372-378, 2011.
- Mondragón M. (2004) *Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa – Acercar Industria*
- Olarte. M. (2011) “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA REVERSA PARA EL SECTOR TEXTIL COLOMBIANO BAJO LA METODOLOGÍA SCOR”. (tesis Pregrado). Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7412/tesis568.pdf;sequence=1>

P. Julian y M. Maria. (2012). Actualizado. (2015) *Definición de: Definición de catalizador*.
Obtenido de (<https://definicion.de/catalizador/>).

Pey Clemente, J. (2008). Aplicación de procesos de oxidación avanzada (Fotocatálisis solar) para el tratamiento y reutilización de efluentes textiles [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/2241.

R. Saratale, G. Saratale, J. Chang y S. Govindwar, “Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review” *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, p. 138–157, 2011.

S.-A. Ong, L.-N. Ho, Y.-S. Wong y K. Raman, “Performance and Kinetic Study on Bioremediation of Diazo Dye (Reactive Black 5) in Wastewater Using Spent GAC–Biofilm Sequencing Batch Reactor» *Water Air Soil Pollut*, pp. 1615-1623, 2012.

S.-J. You, D.-M. Senthilkumar, G. Gnanapragasam, V. Arutchelvana y S. Nagarajan, “Treatment of textile dyeing wastewater using two-phase pilot plant UASB reactor with sago wastewater as co-substrate” *Chemical Engineering Journal*, pp. 10-14, 2011.

S.-J. You, D.-H. Tseng y J.-Y. Deng, “Using combined membrane processes for textile dyeing wastewater reclamation” *Desalination*, p. 426–432, 2008.

S. H. Lin y C. F. Peng, “Continuous treatment of textile wastewater by combined coagulation, electrochemical, oxidation and activated sludge” *Water Research*, pp. 587-592, 1996.

Soldador, L. c. (30 de Agosto de 2014). YOUTUBE. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=1KisZSF9rLA>

T. H. Kim, C. Park, J. Lee, E.-B. Shin y S. Kim, “Pilot scale treatment of textile wastewater by combined process (fluidized biofilm process–chemical coagulation–electrochemical oxidation)” *Water Research*, pp. 3976-3988, 2002.

TRUPER S.A. (2 de Agosto de 2016). *YOUTUBE*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=0Nnw7_LwdTg

Varela Rojas, Irene *Definición de Producción más Limpia. Tecnología en Marcha. Vol. 16 N° 2.*

Wang, J. Li, x. LI y G. Du, “Influence of aeration intensity on the performance of A/O-type sequencing batch MBR system treating azo dye wastewater” *Sci. Engin. China*, pp. 615-622, 2011.

Wang, J. Li, x. LI y G. Du, “Influence of aeration intensity on the performance of A/O-type sequencing batch MBR system treating azo dye wastewater” *Sci. Engin.China*, pp. 615-622, 2011.

W. S. Chang, S.-W. Hong y J. Park, “Effect of zeolite media for the treatment of textile wastewater in a biological aerated filter» *Process Biochemistry*, pp. 693-698, 2002.

Xitoca, E. (2015). Impactos del proceso de teñido textil. *El proceso de teñido textil es tóxico para la salud y el medio ambiente.*

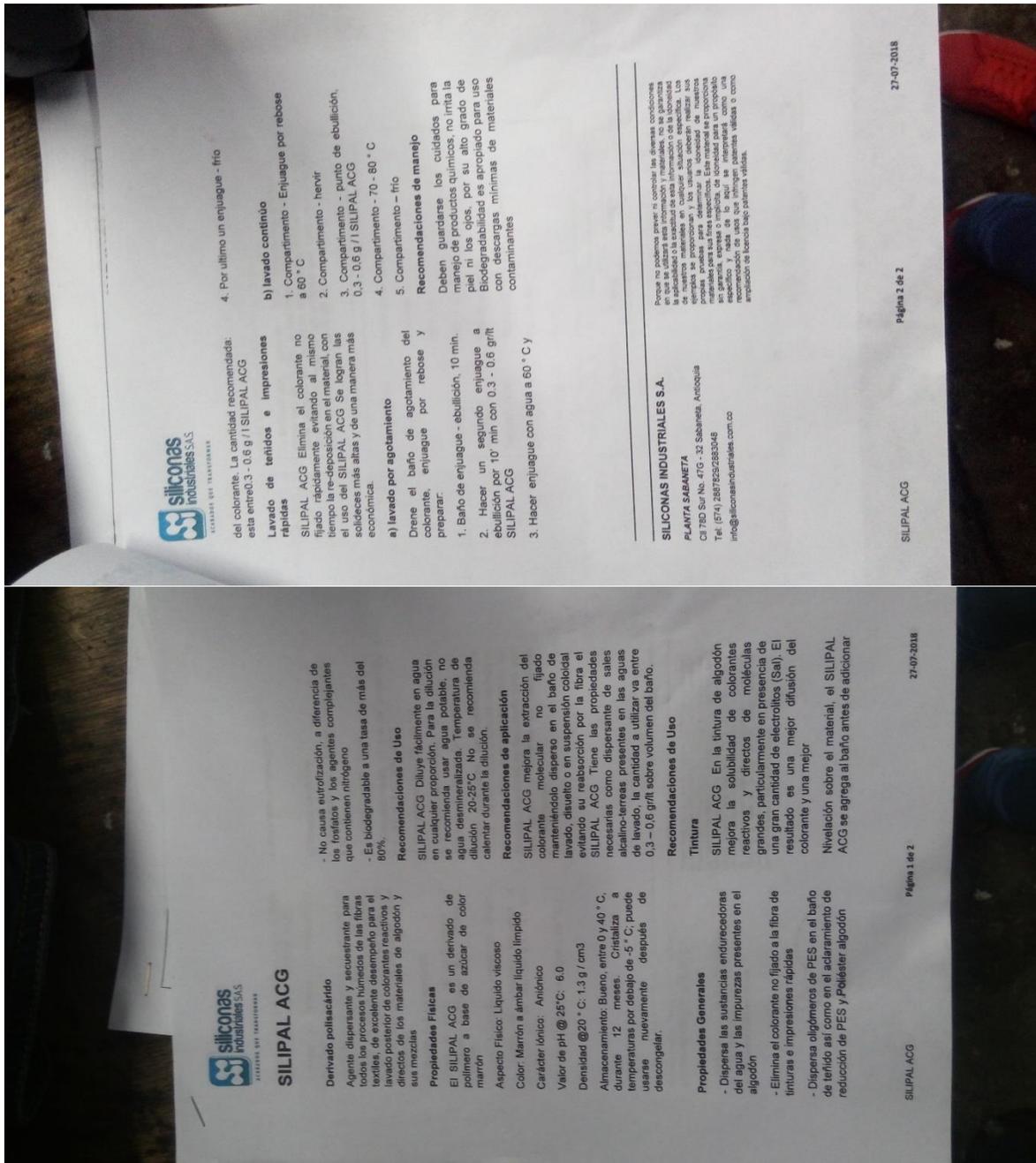
Yifang Li (2012). Greenpeace descubre químicos peligrosos en ropa de importantes marcas internacionales Recuperado desde:

Y. K. Oh, Y. J. Kim, Y. Ahn, S. K. Song y S. Park, “Color removal of real textile wastewater by sequential anaerobic and aerobic reactors” *Biotechnologyand Bioprocess engineering*, pp. 419-422, 2004.

Resolución 1074 de 1997 y Resolución 1596 de 2001 (véase el anexo 2). Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (2004). Guía Ambiental para el Sector Textil. Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa. p24.

17. ANEXOS

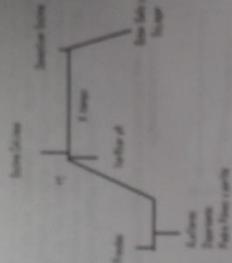
Anexo 1



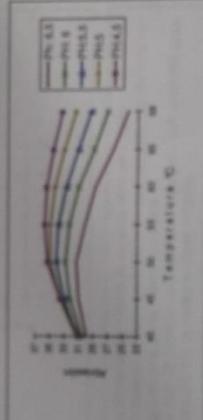
INDIXELL 2XL

Enzima celulasa ácida para Stone Wash

CURVA DE TRABAJO



ABRASION VS TEMPERATURA Y PH DE LAS ENZIMAS INDIXELL 2XL



Si su proceso termina en el proceso de stone recurrente desactivar la enzima mediante alguno de los siguientes procesos:

- Mantener el baño a un pH > 9 y una T > 50°C durante 15 minutos. Se recomienda ajustar el pH con Soda cáustica.
- Carbonato de sodio o Borax
- Adicionar suficiente cantidad de un detergente alcalino para mantener el pH > 9. Mantener a una T > 50°C y pH > 9 durante 10 - 15 minutos.

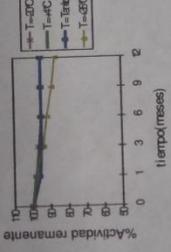


INDIXELL 2XL

Enzima celulasa ácida para Stone Wash

Las enzimas Indixell 2XL deben ser almacenadas a 25°C en recipientes cerrados y lugares secos para asegurar el tiempo de vida de las enzimas. El almacenamiento de las enzimas a temperaturas elevadas por largos períodos de tiempo puede ocasionar períodos de inactividad.

ESTABILIDAD DE LAS ENZIMAS INDIXELL 2XL DURANTE EL ALMACENAMIENTO



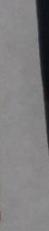
La inhalación de vapores de enzimas debe ser evitada. En caso de contacto con la piel o los ojos, enjuagar rápidamente con agua durante por lo menos 15 minutos. En caso de ingestión enjuagar boca y garganta con suficiente agua. Consultar con el médico si ocurre irritación.

Observaciones: Considerando la variedad de sustratos y procesos de aplicación, las informaciones deben ser entendibles como orientativas, por lo tanto, no podemos ser responsables por daños que surran de aplicaciones incorrectas. Esta publicación está basada en nuestros conocimientos y experiencias actuales, esto no exime al consumidor realizar sus propios controles y ensayos.

MERQUIAND L.TDA.
SEDE CALI
PBX: (2) 579215
FAX: 6142394

MERQUIAND L.TDA.
SEDE MEDELLIN.
PBX: (4) 3010128
FAX: 3781704
Cra. 49 # 61 Sur - 540 Interior
134 Bodegas La Regional.
SABANETA - COLOMBIA

MERQUIAND L.TDA.
SEDE BOGOTA.
PBX: (1) 4276808
FAX: 4276807
A.A. 88668



INDIXELL 2XL

Enzima celulasa ácida para Stone Wash

Elaborado con Enzimas de Genencor International®

La enzima **Indixel 2XL** es una enzima celulasa ácida concentrada diseñada para los procesos de acabado en prenda de Denim y el acabado del algodón y otras fibras celulósicas.

La **Indixel 2XL**, genera bajo redepósitos, alto contraste y menor pérdida de color lo cual ocasiona una **mejor retención del tinte original del indigo** en comparación con las enzimas ácidas convencionales, además son enzimas que tiene flexibilidad para operar en un amplio rango de pH y de temperatura.

DESCRIPCIÓN

Aspecto y color : Líquido claro - Ambar
Carácter iónico : No iónico
pH : 4.5 - 5.5
Densidad : 1.05 - 1.15 g/ml
Solubilidad : Total en agua fría.
Compatibilidad : Productos No iónicos - aniónicos.
Dosis en % : 0.1 - 0.7%
Dosis en g/kg : 1 - 7

CARACTERÍSTICAS

CONDICIONES DE TRABAJO

Parámetro	Rango Operacional	Rango Óptimo
pH	4.0 - 6	4.5 - 5.5
Temperatura	(45-65)°C	(55-60)°C
Tiempo	(30 - 60) min.	Depende de las otras variables de proceso y la construcción y tipo de tela.
Rel. de baño	1:3 - 1:8	

1

