

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA**



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS TÓXICOS
POR PRODUCTOS QUÍMICOS SOSTENIBLES EN LOS
PROCESOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE
TECNOLOGÍAS LIMPIAS”**

CARMEN GILDA AVELINO CARHUARICRA

Callao, 2021

PERÚ

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Carmen Gilda Avelino Carhuaricra".

Handwritten signature

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre y a mi hermana
por su apoyo y cariño.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Carmen' followed by a flourish.

AGRADECIMIENTO

A la UNAC por el financiamiento del desarrollo de la investigación a través del Fondo Especial de Desarrollo Universitario (FEDU).

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Carmen" followed by a surname, written in a cursive style.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	1
TABLAS DE CONTENIDO	3
TABLA DE FIGURAS	5
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Descripción de la realidad problemática	10
1.2 Formulación del problema	11
1.3 Objetivos (objetivo general y objetivos específicos)	11
1.4 Limitantes de la investigación (teórica, temporal, especial)	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Antecedentes : Internacional y nacional	13
2.2 Bases teóricas	17
2.2.1 Enfoque de la Tecnología Limpia	17
2.2.2 Enfoque de la Producción Limpia	18
2.2.3 Enfoque de Diseño Ecológico o Ecodiseño	19
2.2.4 Análisis de Ciclo de Vida	20
2.3 Conceptual	23
2.3.1 Tecnologías limpias	23
2.3.2 Características de las Tecnologías Limpias	25
2.3.3 Tecnología Limpia en la industria	25
2.3.4 Beneficios de la aplicación de Tecnologías Limpias	26
2.3.5 Tecnología Limpia en la industria textil	27
2.3.6 Productos químicos sostenibles	28



2.3.7 Implementación de Tecnologías Limpias en industria textil	29
2.4 Definición de términos básicos	36
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	39
3.1 Hipótesis	39
3.1.1 Hipótesis General	39
3.1.2 Hipótesis específicos	39
3.2 Definición conceptual de variables	39
3.2.1 Operacionalización de variable	40
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	42
4.1 Tipo y diseño de la investigación	42
4.2 Método de investigación	42
4.3 Población y muestra	42
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado	42
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	43
4.6 Análisis y procesamiento de datos	54
V. RESULTADOS	55
5.1 Resultados descriptivos	55
5.2 Resultados inferenciales	73
5.3 Resultados estadísticas de acuerdo al problema y la hipótesis	82
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	84
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	84
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	84
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	95
Matriz de consistencia	96



TABLAS DE CONTENIDO

Tabla 1	Aplicaciones de Análisis de Ciclo de Vida	22
Tabla 2	Tecnologías limpias en algunos sectores industriales	24
Tabla 3	Operacionalización de variables	41
Tabla 4	Tipos de colorantes	50
Tabla 5	Productos químicos utilizados desengomado , descruce	53
Tabla 6	Productos químicos utilizados lavado y mercerizado	53
Tabla 7	Productos químicos utilizados proceso de blanqueo	53
Tabla 8	Productos químicos utilizados teñido y acabado	54
Tabla 9	Concentración de los productos químicos en el proceso de encolado	55
Tabla 10	Concentración de los productos químicos en el proceso de desengomado y descruce	55
Tabla 11	Concentración de los productos químicos en el proceso de lavado, mercerizado y blanqueo	56
Tabla 12	Concentración de los productos químicos en el proceso de teñido	57
Tabla 13	Parámetros de DBO y DQO en el proceso de desengomado y descruce	57
Tabla 14	Parámetros de DBO y DQO en el proceso de blanqueo químico y óptico	58
Tabla 15	Parámetros de DBO y DQO en el proceso de teñido y acabado	58
Tabla 16	Agentes complejos convencionales y los alternativos	69
Tabla 17	Procesos enzimáticos más importantes en el sector textil	71
Tabla 18	Mejora ambiental en el proceso de hilatura y tejeduría	75
Tabla 19	Mejora ambiental en el proceso de encolado	76
Tabla 20	Mejora ambiental en el proceso de desencolado	77
Tabla 21	Mejora ambiental en el proceso de blanqueo	78
Tabla 22	Mejora ambiental en el proceso de pretratamiento	79



Tabla 23	Mejora ambiental en el proceso de teñido	80
Tabla 24	Mejora ambiental en el proceso de acabado	81
Tabla 25	Correlación de Pearson analisis estadísticos de los parámetros DBO y DQO	82
Tabla 26	Correlación de Pearson de los insumos utilizados en el proceso textil	83

TABLA DE FIGURAS

Figura 1	Niveles de aplicación de estrategias de Producción Limpia	19
Figura 2	Cargas ambientales de un sistema de producción	22
Figura 3	Diagrama de flujos en el sector textil	28
Figura 4	Diagrama de proceso textil	30
Figura 5	Procesos de la industria textil	31
Figura 6	Descripción de las fases para la aplicación de un colorante	34
Figura 7	Diagrama de proceso de teñido de hilos	35
Figura 8	Diagrama de proceso de teñido de telas	35
Figura 9	Proceso de hilatura	43
Figura 10	Métodos de desengomado	45
Figura 11	Proceso de descrude por saponificación	46
Figura 12	Proceso de descrude enzimático	46
Figura 13	Proceso de mercerizado	47
Figura 14	Proceso de blanqueo químico	48
Figura 15	Productos químicos utilizados en el blanqueo óptico	48
Figura 16	Proceso de blanqueo óptico	49
Figura 17	Proceso de encogimiento	51
Figura 18	Chamuscado	51
Figura 19	Principales productos químicos utilizados en los procesos	52
Figura 20	Sustitución de los productos químicos tóxicos en hilatura	59
Figura 21	Sustitución de los productos químicos tóxicos en tejeduría	60
Figura 22	Sustitución de los productos químicos tóxicos en encolado	61
Figura 23	Sustitución de los productos químicos tóxicos en desengomado	62
Figura 24	Sustitución de los productos químicos tóxicos en descrudado	63
Figura 25	Sustitución de los productos químicos tóxicos en blanqueo químico	64
Figura 26	Sustitución de los productos químicos tóxicos en mercerizado	65
Figura 27	Sustitución del baño de teñido Jet por Airflow Jet	66

Figura 28	Sustitución de los colorantes sulfurosos por colorantes naturales	67
Figura 29	Sustitución de tensoactivos convenciones por biodegradables	67
Figura 30	Sustitución de agentes antiespumantes	68
Figura 31	Sustitución productos químicos en el proceso de apresto y acabado	70
Figura 32	Selección de nuevos gamas de colorantes	72
Figura 33	Mejora ambiental en el proceso de hilatura y tejeduría	75
Figura 34	Mejora ambiental en el proceso de encolado	76
Figura 35	Mejora ambiental en el proceso de desencolado	77
Figura 36	Mejora ambiental en el proceso de blanqueo	78
Figura 37	Mejora ambiental en el proceso de pretratamiento	79
Figura 38	Mejora ambiental en el proceso de teñido	80
Figura 39	Mejora ambiental en el proceso de acabados	81

RESUMEN

Las tecnologías limpias actualmente constituyen herramientas que permiten prevenir, desarrollar los procesos para minimizar los residuos.

El presente trabajo se ha realizado con el propósito de sustituir los productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil mediante tecnologías limpias que generan una mejora ambiental en los compartimientos de agua, aire, considerando además los residuos, materia prima y eficiencia energética.

La metodología empleada en la investigación fue cualitativa y cuantitativamente, identificando los productos químicos utilizados en los procesos de hilatura, tejeduría, encolado, descrudado, mercerizado, blanqueado, teñido, lavado, acabado. Encontrándose muchos productos tóxicos que han sido sustituidos por productos biodegradables, luego se determinó las cargas contaminantes en los procesos señalados, verificando en las aguas residuales, los valores de la demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos totales en suspensión (SST) y obteniéndose como resultado una menor contribución al nivel de DQO, reduciéndose en un 90-95% del DBO de las aguas residuales estando estos valores dentro del rango de las normas establecidas de los valores máximos aceptables (VMA), ya que se facilita su eliminación en los procesos de depuración de vertidos. Generando un impacto positivo al medio ambiente y la salud de las personas con la aplicación de tecnologías limpias en los procesos de la industria textil.

Palabras clave: tecnologías limpias, carga contaminante, productos químicos sostenibles



ABSTRACT

Clean technologies are currently tools that allow to prevent and develop processes to minimize waste.

The present study has been carried out with the purpose of substituting toxic chemical products for sustainable chemical products in the processes of the textile industry through clean technologies that generate an environmental improvement in the compartments of water, air, also considering waste, raw material and energy efficiency.

The methodology used in the research was qualitative and quantitative to identify the chemical products used in the processes of spinning, weaving, gluing, scouring, mercerizing, bleaching, dyeing, washing, and finishing. It was found many toxic products that have been replaced by biodegradable products, then the polluting loads were determined in the indicated processes, verifying in the wastewater, the values of the chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), total suspended solids (TSS) and obtaining as a result a lower contribution to the COD level, reducing by 90-95% the BOD of the wastewater being these values within the range of the established norms of the maximum acceptable values (VMA), since their elimination in the waste treatment processes is facilitated. Generating a positive impact on the environment and people's health with the application of clean technologies in the processes of the textile industry.

Keywords: clean technologies, pollutant load, sustainable chemicals



INTRODUCCIÓN

La industria textil en nuestro país es un sector importante, así como las demás industrias productivas para la economía nacional por ello, se debe cumplir con los requisitos de calidad más exigentes, siendo una industria que consume grandes volúmenes agua, un gran número de productos químicos básicos y auxiliares, en sus procesos, presentando sus aguas residuales con alta carga de contaminantes.

Siendo necesario que el sector textil cuente con herramientas como las tecnologías limpias para generar una mejora ambiental en sus diversos procesos, como: la sustitución de productos químicos tóxicos por sustancias biodegradables, ahorro de agua, no generación de residuos, no generación de carga contaminante en las aguas residuales.

Por ello, es importante que el sector textil cuente con herramientas como las tecnologías limpias para generar una mejora ambiental en los diversos procesos de la industria textil, como la sustitución de productos químicos tóxicos por sustancias biodegradables, ahorro de agua, no generación de residuos, no generar carga contaminante en las aguas residuales.

Por otro lado, cumplir con las normas establecidas en el Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, de manera que se minimice los riesgos al medio ambiente.



I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

De acuerdo a Mishel (2009), la industria textil es el sector de la industria dedicado a la producción fibras naturales y sintética., como el algodón, poliéster son productos de consumo masivo razón por que la industria textil genera gran cantidad de empleos directos e indirectos, un gran aporte a la economía mundial.

Es uno de los sectores industriales donde se utiliza grandes cantidades de agua y sustancias tóxicas en sus procesos.

Muchos de los problemas se han derivado del mal empleo y uso excesivo de los productos químicos tóxicos en sus procesos de tratamiento de las fibras como descrudado, mercerizado, lavado, blanqueado y teñido, lo que afecta a la salud y al medio ambiente.

Ante esta situación, el presente Proyecto de investigación, propone el uso de las tecnologías limpias en el desarrollo de sus aplicaciones respetuosas con el medio ambiente, generando beneficios ambientales, como la sustitución de los productos químicos tóxicos por sustancias biodegradables, que sean inocuos con el medio ambiente, que reduzca el consumo de agua y energía, minimice los residuos y la eliminación de los agentes tóxicos en las agua residuales que altera la demanda química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno, con ello reducir la carga contaminante de las aguas residuales.



1.2 Formulación del Problema

Problema General:

¿Cuáles son las tecnologías limpias para la sustitución de productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil?

Problemas específicos:

- a) ¿Cuál es el análisis del ciclo de vida de productos químicos tóxicos en los procesos de la industria textil?
- b) ¿Cuál es el análisis del ciclo de vida de productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil?
- c) ¿Cuáles son las principales condiciones de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias?

1.3 Objetivos

Objetivo General:

Aplicar las tecnologías limpias para la sustitución de productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil

Objetivos Específicos:

- a) Determinar el análisis del ciclo de vida de los productos químicos tóxicos en los procesos de la industria textil.
- b) Determinar el análisis del ciclo de vida de los productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil.
- c) Determinar las principales condiciones de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias.

1.4 Limitantes de la investigación

El trabajo de Investigación, es viable porque se cuenta con la unidad de análisis de una industria textil, se conoce los procesos, equipos e insumos que utilizan la industria, además de cuenta con el presupuesto para la realizar el proyecto, por lo que no existe limitantes económicas para su ejecución.

- a) Teórica: Durante el desarrollo de la investigación se utilizó los enfoques sobre las tecnologías limpias, producción limpia, análisis de ciclo de vida de las publicaciones de artículos científicos, revistas especializadas que ayudaron a explicar las teorías.
- b) Temporal: El presente trabajo de investigación es de tipo longitudinal en un periodo de 12 meses.
- c) Espacial: La unidad de análisis corresponde a los procesos de la industria textil ubicado en la provincia Constitucional del Callao.



II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Como antecedentes para el presente trabajo de investigación son:

Rodríguez (2011), en su tesis titulado de **“Aplicación de un programa de producción más limpia para proponer alternativas de tratamiento de efluentes en la industria textil”**, señala que en la actividad textil se genera efluentes líquidos con alto contenido de DQO, DBO, SST, y una fuerte coloración, que deben ser tratados para su disposición al ambiente, en cumplimiento a la normatividad ambiental. Obtiene altos valores de los parametros, para ello propone el tratamiento de efluentes el tratamiento biológico como fango activado-coagulación floculación - carbón activado granular y fango activado-micro filtración, para reducir el contenido de contaminantes. Concluyendo el autor, que al aplicar las tecnologías limpias como herramienta medioambiental con el tratamiento biológica se logra la depuración de los efluentes de manera eficiente, que cumple con la normatividad.

Huerga (2006), realizó una investigación sobre el **“Desarrollo de alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales mediante el uso de tecnologías limpias dirigidas al reciclaje y/o valoración de contaminantes”** en la Universidad de Valencia- España. El autor afirma que las alternativas de tratamiento de las aguas residuales son mediante tecnologías limpias en el sector textil, enfocado en los procesos como en el teñido y estampado, para ello, el reciclaje del efluente apto para el vertido, es con el proceso de ósmosis inversa también se combinan tecnologías de tratamiento biológicos que es el filtro percolador y fangos activos, así como también físico-químicas como la coagulación-floculación, sorción sobre carbón activo y micro filtración, logrando un rendimiento de depuración al 98 % en DQO.



El autor señala que para el estudio de la tecnología de electrocoagulación-flotación en el tratamiento de efluentes sintéticos se utilizó tensioactivos de diferente origen: aniónicos, catiónico y no iónico. Cuyos resultados fueron la comparación del funcionamiento de esta tecnología con otras más convencionales coagulación-floculación y adsorción sobre carbón activo. Concluyendo que la electrocoagulación da lugar a unos rendimientos de depuración elevados en el caso del efluente con tensioactivos aniónicos (70-90 %) y más pobres en los efluentes con tensioactivos catiónicos y no iónicos (20-50%). En cualquier caso, los rendimientos son considerablemente superiores a los obtenidos mediante coagulación-floculación.

García et al., (2006), desarrollaron un trabajo sobre **“Diseño de instalaciones para acondicionamiento de aguas mediante tecnologías limpias”** llevado a cabo en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia. Los autores presentan una metodología y su aplicación en el diseño de instalaciones con membranas para acondicionamiento de aguas ultrapuras para calderas, utilizando un modelo basado en el principio de los poros finos, como las membranas de nanofiltración y ósmosis inversa. Para ello, los autores identifican la calidad del agua de alimentación y el caudal, considerando para su diseño una recuperación del 30% del agua de alimentación. Luego, determinaron las pérdidas de carga, la velocidad tangencial, la cantidad de agua rechazada y la potencia de la bomba. Cuyos resultados que obtuvieron fueron en el diseño óptimo hallaron las concentraciones de permeado del orden de 0,06 y 0,6 mg/l de calcio y los caudales de agua ultra pura requeridos. Concluyeron que los aspectos que se requieren inicialmente para el diseño del sistema de acondicionamiento de aguas para las calderas es la calidad del agua de alimentación y el caudal a la entrada de la caldera.

La Roca y Ferrer (2008) en su trabajo titulado **“La sustitución de sustancias tóxicas en el textil: la eco-etiqueta Oeko -Tex Standard 100”** de la Universidad de Valencia, España, los autores analizaron la sustitución de las sustancias peligrosas que se utilizan como productos textiles, mediante el uso de eco-



etiquetado, como una estrategia operativa de Ecología Industrial. Donde la sustitución es una forma específica de transferencia tecnológica, en la cual el principal valor de la tecnología radica en su perfil ambiental, seguridad laboral y salud humana.

Los autores señalan que la aplicación del esquema internacional Oeko-Tex Standard 100 se viene utilizando en España, Austria y el Reino Unido, con éxito, considerando la reducción del impacto ambiental generado por la industria.

Siendo el Oeko-Tex Standard 100 una estrategia de eco-etiquetado en la industria textil, se remonta a 1989 cuando el Instituto Austríaco de Investigación Textil estableció la norma OTN 100 por la que se fijaban ciertos valores límites y los métodos de análisis para el control de sustancias peligrosas en productos textiles.

El Oeko-Tex Standard 100 es un catálogo que contiene los criterios y valores límite para el control de sustancias peligrosas en productos textiles y constituye la base de la etiqueta. Los autores señalan que los proyectos de sustitución son procesos que necesariamente implican esfuerzos de la organización, el éxito depende en gran medida de la motivación de todos los actores involucrados en los procesos, aprovechando todas las oportunidades que existe en el entorno.

Del Río (2003), desarrolló un trabajo sobre **“La adopción y difusión de tecnologías limpias: Aplicación a la industria”** en la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de Toledo de la Universidad de Castilla-La Mancha-España. El autor señala que la transición hacia el desarrollo sostenible a los productores se exige cambios drásticos en las actuales formas de producción y consumo, esto puede mejorarse significativamente reduciendo los procesos de producción industrial. Además, señala que el cambio tecnológico puede jugar un papel muy relevante en esta transición. Los impactos ambientales derivados de los procesos de producción industrial deben disminuir la carga del planeta si se implementan tecnologías que disminuyan sustancialmente la intensidad ambiental de la



producción, es decir, que den lugar a grandes reducciones en las emisiones y en el uso de materiales y energía.

Por ello, el autor señala que la difusión de las tecnologías ambientales en general y de las tecnologías limpias en particular deben ser aquellas que generan las mayores reducciones en el impacto ambiental como estrategia que deben aplicar todas las industrias.

2.1.2 Nacionales

Fuertes (2009), realizó un estudio de aplicaciones enzimáticas en la industria textil, cuyo objetivo fue conocer en cada caso su composición, su acción y aplicación. Desarrollo primeramente los conceptos sobre las enzimas, mecanismos de acción, factores que afectan su actividad, acción de inhibidores activadores, clasificación de las mismas. También se detalla cada uno de los procesos para la transformación la fibra, desde su etapa inicial de transformación de la materia prima (algodón básicamente), pasando por la etapa de tejido y concluyendo con diversos procesos de acabado, también se da una explicación de cada una de las enzimas utilizadas en la industria textil, detallando sus reacciones, clasificación y funciones, así como la descripción del proceso, condiciones de operación.

Sotomayor y Power (2019) realizó un informe sobre las Tecnologías limpias y el medio ambiente en el sector industrial peruano. Casos prácticos en la Universidad de Lima, cuyo objetivo ha sido sensibilizar a los que pertenecen al sector industrial en relación con el medio ambiente y la producción más limpia. La información de esta publicación ayudará a tomar decisiones en cuanto a los impactos que se generan en los procesos no solamente textil sino también en los otros rubros.

Como los sectores de las industrias: pesquero, plásticos, cemento, lácteo, el de reciclaje y el de generación de energía. En todos estos sectores, señalan los autores



la necesidad de evitar la contaminación y los severos problemas ambientales con la aplicación de tecnologías limpias, con responsabilidad social.

A través de sus ocho capítulos que contiene el informe se detalla los procesos productivos, las tecnologías limpias y se evalúa el impacto ambiental ocasionado por las industrias estudiadas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Enfoque de la Tecnología Limpia

Según, Sandoval (2006) señala que una industria es transformar la materia prima en un producto comerciable. La generación de residuos y emisiones durante el proceso siempre ha sido un problema que involucra un costo adicional.

A su vez, la generación de residuos origina impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final de éstos.

Por otro lado, casi siempre hemos estado familiarizado con lo tradicional, que el tratamiento de la contaminación, se la considerado reducir los contaminantes al final de toda etapa o proceso conocido la frase al “final del tubo”.

De aquí surge la Producción Limpia que está orientado:

- Reutilización y reciclado;
- Tratamiento o control de la contaminación;
- Disposición final



2.2.2 Enfoque de la Producción Limpia

Varela (2003), define la producción limpia como un productivo ambiental tradicional que se ha centrado en buscar soluciones curativas una vez que los desechos y emisiones se han generado.

El objetivo de la producción limpia:

Es minimizar emisiones tóxicas y de residuos, reduciendo así los riesgos para la salud humana y ambiental.

Las acciones de la producción limpia:

1. Minimización y consumo eficiente de agua y energía
2. Minimización de insumos tóxicos
3. El mayor reciclaje

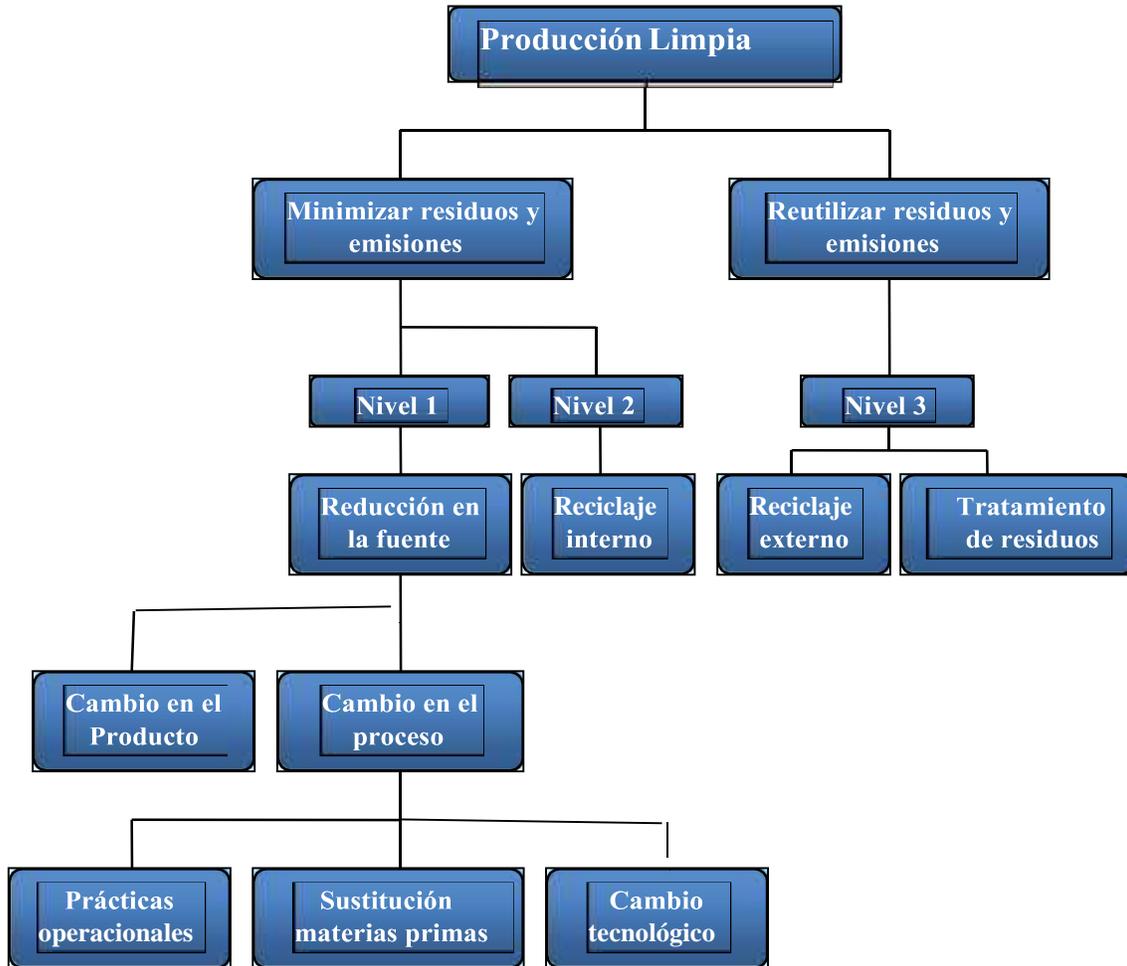
Este es un enfoque conocido como tecnologías de “final del tubo” (también denominadas de “etapa final”, son llamadas así porque intentan controlar la contaminación al final del proceso, empleando exclusivamente técnicas curativas como plantas de tratamiento de aguas, filtros en chimeneas, incineración o neutralización de desechos, confinamiento de sustancias contaminantes y disposición de residuos en rellenos sanitarios o “botaderos”.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) introdujo el concepto de producción más limpia (P+L) en 1989. Desde entonces ha ganado terreno en todo el mundo, en parte gracias a que las compañías han visto el mayor rendimiento y el beneficio económico que se obtiene al evitar o minimizar el empleo de tecnologías de etapa final.



Figura 1

Niveles de aplicación de estrategias de Producción Limpia



Fuente: Acero (2005)

2.2.3 Enfoque del Diseño Ecológico o Ecodiseño

Uribe (2017) por diseño ecológico o ecodiseño se entiende la incorporación sistemática de aspectos medioambientales en el diseño de los productos, al objeto de reducir su eventual impacto negativo en el medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida. Afecta a:

- Adquisición de materias primas
- Producción de los componentes
- Ensamblaje del producto
- Distribución
- Reutilización
- Desecho

El diseño ecológico, como medida preventiva es un factor de capital que minimiza el impacto ambiental. Los aspectos a considerar en el diseño ecológico de un producto son:

- Diseño para mínimos consumos,
- Control de emisiones y contaminación durante todo el ciclo de vida del producto
- Minimizar consumos de energía, agua, productos químicos, etc.
- Emisiones como vertidos, gases, residuos y contaminaciones del agua, aire o suelo.
- Alternativas para el tratamiento de sustancias peligrosas.

Los instrumentos económicos se enmarcan en las políticas ambientales como una herramienta que actúa en el compartimiento de los agentes económicos a través de señales de mercado. Existe un amplio abanico de instrumentos económicos de posible aplicación a objetivos de política ambiental como tasas por contaminar, creación mercados de permisos transables, pago por servicios ambientales, etc.

2.2.4 Análisis de ciclo de vida

Según la Norma ISO 14040: “el Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto o proceso, compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes



del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”

Según la Norma española UNE 150-040-96: “El Análisis de Ciclo de Vida es una recopilación y evaluación de las entradas y salidas de materia y energía, y de los impactos ambientales potenciales directamente atribuibles a la función del sistema del producto a lo largo de su ciclo de vida”

Consejo Nórdico de Ministros: “El Análisis de Ciclo de Vida es un proceso para evaluar las cargas ambientales asociadas a un sistema de producción o actividad, identificando y cuantificando las cantidades de materia y energía utilizados, y los residuos generados, y evaluando los impactos ambientales derivados de estos”.

El ACV permite obtener un modelo simplificado de un sistema de producción y de los impactos ambientales asociados; sin embargo, no pretende entregar una representación total y absoluta de cada interacción ambiental. A pesar de postular una cobertura sobre todo el ciclo de vida de un producto, en muchos casos resulta difícil abarcar todas las actividades desde la “cuna a la tumba”, por lo que se debe definir claramente el sistema requerido para que el producto cumpla con una determinada función.

Vallejo (2020), sobre el Ciclo de vida de un producto empieza en el diseño y desarrollo del producto y finaliza al final de vida de las actividades (reutilización, reciclaje, etc.) a través de las siguientes etapas:

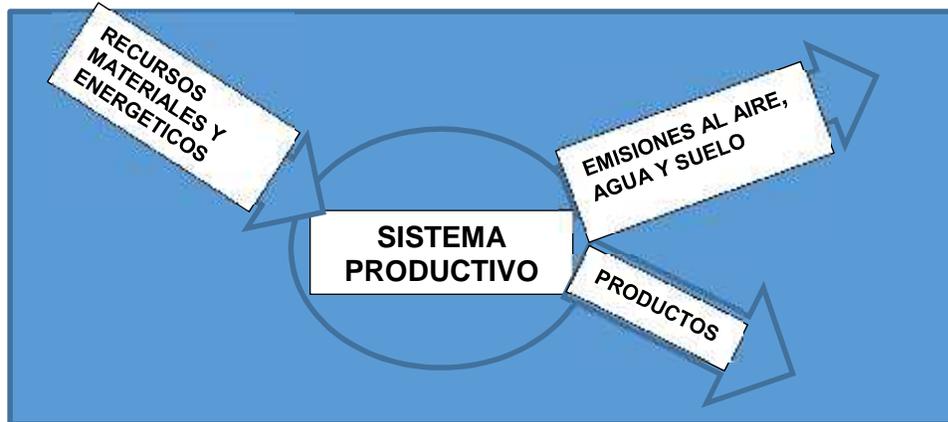
- Adquisición de materias primas.
- Distribución y transporte
- Uso, reutilización y mantenimiento
- Reciclaje
- Gestión de los residuos.



De acuerdo al ISO 14040, el análisis del ciclo de vida (ACV) se evalúa cada uno de los efectos ambientales generados a lo largo de la vida del producto o proceso, es decir, desde las fuentes de recursos primarios, hasta el consumo y disposición final.

Figura 2

Cargas ambientales de un sistema de producción



Fuente: Norma española UNE 150-040-96

Tabla 1

Aplicaciones de Análisis de Ciclo de Vida

APLICACIONES	ANÁLISIS Y VALORACIÓN
Minimización de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en las materias primas • Modificación de equipos • Nuevas tecnologías de proceso • Tecnologías limpias
Diseño de productos	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos materiales • Nuevas características de uso • Ecoetiqueta
Proyectos y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativas • Opciones de mejora
Materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios de fabricación • Cambio de uso • Nuevos combustibles
CONSECUENCIA	<div style="display: flex; align-items: center;">  MENOR IMPACTO AL AMBIENTE </div>

Fuente: Norma ISO 14040

2.3 Conceptual

2.3.1 Tecnologías Limpias

Según, la Comisión Social Consultiva (2004), define tecnologías limpias aquellos que incluyen productos, servicios y procesos que reducen o eliminan el impacto ambiental de la tecnología disponible, a través del incremento en la eficiencia en el uso de recursos, mejoras en el desempeño y reducción de residuos.

Actualmente las industrias a través de buenas prácticas han incorporado tecnologías limpias en sus procesos de producción, mediante programas de sustentabilidad ya que las tecnologías limpias generan beneficios ambientales, en el mediano plazo.

Rushton (2002), afirma la adopción de tecnologías limpias, en el tratamiento de desechos y la optimización de procesos promueven la eficiencia de materiales, combustibles y energía. Como consecuencia, las industrias obtienen una reducción de costos y gastos. La principal causa del deterioro ambiental es probablemente el modelo económico de producción y consumo excesivo de recursos, particularmente en países industrializados y emergentes.

Colín (2003), señala que existe evidencia que en los países en desarrollo hay una relación entre pobreza y la degradación ambiental.

El sistema económico actual se basa en la explotación de los recursos naturales y como consecuencia, han surgido múltiples problemas ambientales que ponen en peligro la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha puesto en marcha las bases para un nuevo modelo económico basado en una economía verde, la cual define como “un sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que resulta en mejoras del bienestar humano en el largo plazo, sin al mismo tiempo, exponer a las

generaciones futuras a riesgos ambientales y escasez ecológicas significativas” (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2010).

En otro contexto Hart y Milstein (2003), se refieren a la empresa que crea valor a nivel de estrategias y prácticas en la búsqueda de un mundo más sustentable. Al tratar el concepto de sustentabilidad consideran que es complejo y multidimensional, que requiere diversas acciones corporativas, ya que es necesario minimizar los impactos ambientales.

Tabla 2

Tecnologías limpias en algunos sectores industriales

Sector	Tecnologías limpias	Ejemplo
Cemento	Trituradoras modernas, refrigerantes no nocivos, combustibles alternativos, pre-calcinadores, quemadores	Filtros de bolsa o electrofiltros
Papel	Sustitución de insumos químicos	Blanqueadores a base peróxido de hidrógeno
Químico	Recuperación del flúor, nuevos catalizadores, almacenamientos y recuperación de condensados, recuperación de ácido acético residual	Tecnología de membranas para extraer disolventes orgánicos de las aguas residuales
Farmacéutico	Sustitución de agentes de limpieza química de disolventes orgánicos residuales sustitución de química acuosa	Extracción de disolventes de soluciones acuosas
Fabricación de cerveza	Reciclaje de agua	Planta de neutralización
Pinturas	Pinturas con bajo contenido en disolventes	
Galvanotecnia	Tecnología de membrana, proceso libre de cianuro	Tratamiento de residuos metálicos, neutralización, deshidratación
Textil	Sustitución de insumos químicos tóxicos, rediseños de procesos, formulaciones.	Tecnologías de membranas para aguas residuales

Fuente: Hart y Milstein (2003)



2.3.2 Características de las Tecnologías Limpias

De acuerdo a Colín (2003), señala las características de las tecnologías limpias se basan en la utilización de productos biodegradables, para controlar el consumo de las tecnologías disponibles que causan un grave daño en el ambiente debido a su alto grado de contaminación y a su uso permanente sin conciencia alguna del problema que causan estas.

La función de estas tecnologías es reducir la contaminación en el mundo mediante:

1. Impacto de las tecnologías limpias en la sociedad.
2. Tecnologías limpias en el ambiente

2.3.3 Tecnologías Limpias en la industria

Según, Craig (2004) afirma que aplicar producción más limpia como una estrategia preventiva resulta ser una inversión. Al utilizar menos materia prima, menos agua y menos energía se reduce la contaminación lo que significa menos dinero invertido en tratamientos de desechos y en consecuencia mayores ganancias. Es económica y ambientalmente superior a estrategias tradicionales de control al final del proceso o tecnologías de limpieza.

Colín (2003), afirma que las tecnologías ambientales son todas aquellas técnicas, productos o procesos que conservan o restauran las calidades ambientales y pueden contribuir de manera diferente a la reducción de impactos ambientales derivados del proceso productivo.

Las tecnologías limpias hoy constituyen los cambios en los procesos productivos que reducen la cantidad de residuos y contaminantes.



Según, Naupay (2005) define una organización que incorpore los aspectos ambientales y que asuma una estrategia ambiental proactiva. Tal es, así que muchas empresas no consideran prioridad la adopción de las tecnologías limpias, un ejemplo es del uso de productos auxiliares tóxicos en la industria textil.

2.3.4 Beneficios de la aplicación de Tecnologías Limpias OK

Naupay (2005), señala la aplicación de Producción más Limpia en la industria genera una variedad de beneficios económicos, operacionales, ambientales y comerciales:

Beneficios económicos

- Ahorro mediante la utilización eficiente de materia prima, agua y energía eléctrica
- Menor nivel de inversión asociado al tratamiento y/o disposición final de los desechos
- Evita el pago de multas o clausuras por incumplimiento de la legislación ambiental

Beneficios operacionales

- Elimina o disminuye desperdicios por sobreproducción, tiempo en vacío, traslados o transporte interno, stock en bodega o en proceso, movimientos innecesarios y defectos producidos en el producto.
- Rediseña o mejora los procesos mal estructurados.
- Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad.
- Efecto positivo en la motivación del personal.



Beneficios ambientales

- Soluciona el problema de los desechos en la fuente.
- Elimina el uso de materias primas tóxicas.
- Cumple la legislación ambiental local y nacional.
- Uso eficiente del agua, energía y materia prima.
- Mejora la imagen de la empresa ante la comunidad.

Beneficios comerciales

- Acceso a nuevos mercados.
- Mejora la imagen de la empresa y del producto.
- Diversificación de productos a partir del aprovechamiento de los residuos.
- Aumenta la competitividad a través de la utilización de tecnologías nuevas y mejoradas.

2.3.5 Tecnología Limpia en la Industria textil

Aplicar la tecnología limpia en la industria requiere la toma de decisiones como:

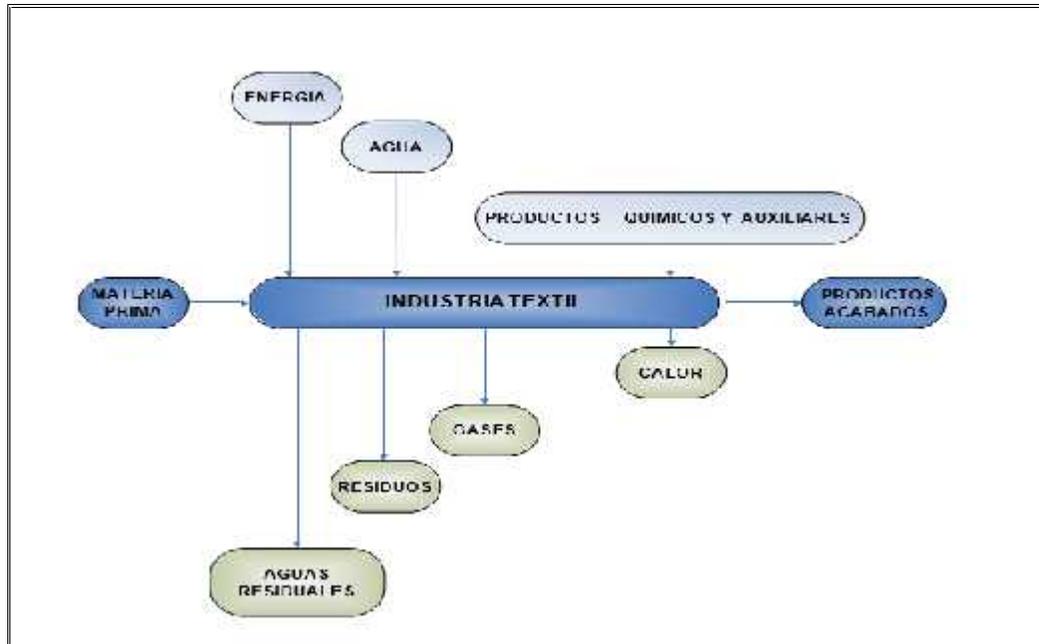
- Realizar mantenimiento preventivo para disminuir el tiempo de parada de la planta.
- Apagar la luz y los motores cuando no estuvieran en uso.
- Evitar mezclar diferentes tipos de residuos.
- Reciclar aguas y otros materiales en el proceso productivo.
- Emplear materias primas no tóxicas y de mejor calidad.
- Recuperar energía donde sea posible.

La implementación de un programa de tecnología limpia es una herramienta diseñada para asegurar que se está operando de una manera ambientalmente

segura, en los procesos textiles como: la hilatura, tejeduría, encolado, blanqueo, mercerizado, teñido, acabado.

Figura 3

Diagrama de flujo del Sector Textil



Fuente: Tecnologías limpias aplicables al sector textil. Consejería Medio Ambiente (2017).

2.3.6 Productos químicos sostenibles

Según, la consultora Allied Market Research (2020), señala que el mercado químico textil alcanzará los 27.560 millones de dólares a finales de 2022., debido al desarrollo de la industria del vestido está en aumento por la demanda de los consumidores para ello es necesario contar con productos químicos sostenibles ya que los productos químicos tóxicos inciden negativamente en nuestra salud y en el medio ambiente, según Organización Mundial de Salud.

La industria textil utiliza una cantidad ilimitada de productos químicos como sales, agentes antiespumantes, auxiliares para los procesos de tintura, blanqueado.

Actualmente, la aparición de químicos respetuosos con el medio ambiente ha dado lugar a varios productos químicos novedosos que pueden sustituir a los productos químicos tradicionales.

Varanasi (2017), señala que existe un nuevo tipo de productos químicos como polímeros cortos y duraderos aplicados a varias fibras como el algodón, lana y seda. Estos polímeros más cortos son degradables no representan daños al medio ambiente o en la salud.

2.3.7 Implementación de las Tecnologías Limpias en la Industria textil

La implementación de las Tecnologías limpias en la Industria textil consta de las siguientes etapas:

ETAPA 1: ORGANIZAR

- Listar las etapas del proceso
- Identificar los procesos generadores de residuos

ETAPA 2: ANALIZAR LAS ETAPAS DEL PROCESO

Preparar el diagrama de flujo del proceso

Realizar el análisis de ciclo de vida del proceso

ETAPA 3: IDENTIFICAR LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA

Generar minimización de residuos

Seleccionar opciones viables

ETAPA 4: SELECCIONAR SOLUCIONES

- Evaluar la viabilidad técnica
- Evaluar los aspectos ambientales
- Seleccionar soluciones para la implementación



ETAPA 5: IMPLEMENTAR LAS SOLUCIONES

- Preparar la implementación
 - Implementar soluciones de sustitución de insumos, minimización de residuos
- Monitorear y evaluar resultados

ETAPA 6: MANTENER EL PROGRAMA TECNOLOGIA LIMPIA

Mantener soluciones de disminución de cargas contaminantes
Identificar nuevos procesos con la minimización de residuos

Figura 4

Diagrama del proceso textil

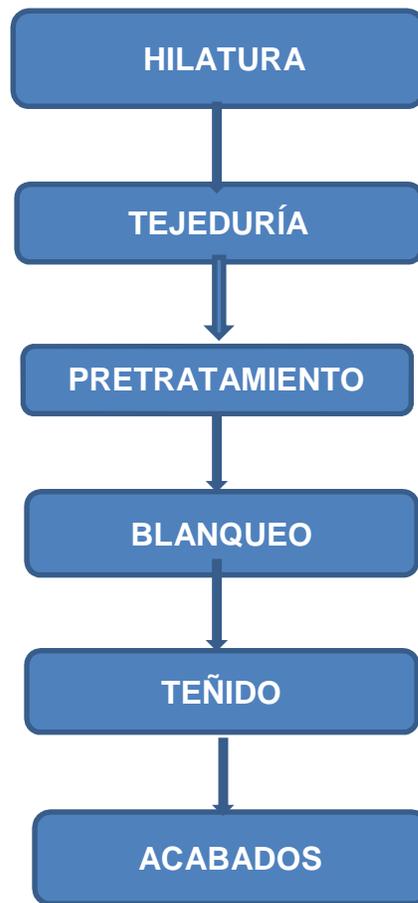


a) Descripción de los procesos de la industria textil

La Industria textil utiliza grandes volúmenes de agua empleada en sus procesos, una industria orientado a transformar las fibras de algodón en telas, prendas.

Figura 5

Procesos de la industria textil



Proceso: Hilatura

- Abridoras: apertura de la fibra
- Cardado: eliminación de impurezas y separación de fibras
- Manuales: alineamiento de las fibras
- Coneta murata: hilo uniforme
- Hilado: formación de hilo

Proceso: Tejeduría

- El tejido requiere una lubricación de la parte mecánica de la máquina de tejido y de las agujas.
- El hilo conducido por las agujas durante el proceso de fabricación del tejido arrastra y retiene parte de los lubricantes.
- El tejido puede contener entre el 6% y el 9% de su peso en aceite lubricante utilizado en tejeduría.

Proceso: pretratamiento

Las operaciones de pretratamiento tienen la finalidad principal de limpiar los materiales textiles de impurezas que presentan.

Encolado

- Los agentes de encolado se aplican al hilo con la finalidad de protegerlo durante el proceso de tejeduría.
- La fórmula tradicional de encolado es a base de almidón aplicados sobre los hilos de urdimbre, no se disuelven en el agua de lavado.

Descrudado

El hilo o tejido, que se debe banquear y/o teñir previamente se descrua con hidróxido de sodio, detergentes, secuestrantes.

- Las condiciones de temperatura de 100 °C y a tiempos de 1h a 1,5 h se atacan químicamente las ceras, pectinas y hemicelulosas del algodón, que se extraen y pasan al baño, de forma que se generan aguas residuales alcalinas con importante carga orgánica.
- El tejido obtenido debe ser lavado con agua y, dependiendo de las necesidades del siguiente proceso, debe ser neutralizado, lo que implica un segundo baño.



Mercerizado

- El Mercerizado se utiliza para mejorar la resistencia a la tracción, la estabilidad y el lustre del algodón. Además, se obtiene una mejora en el rendimiento del colorante durante la tintura.

Existen tipos de mercerizado como:

Mercerizado con tensión: el algodón es tratado bajo tensión con una solución concentrada de sosa cáustica.

Mercerizado sin tensión: (caustificación): el material es tratado con una solución con baja concentración de sosa cáustica y sin aplicación de tensión.

- En el proceso de mercerizado, el algodón se trata con una concentración de sosa cáustica de 270-300 g/l o bien 170-350 g/kg. de tejido, durante 40-50 segundos, y posteriormente se aclara para extraer la sosa cáustica.

Proceso: Blanqueo

Tiene como finalidad la eliminación de sustancias coloreadas presentes en materias textiles de origen natural, (algodón, lino, yute, cáñamo, etc.).

- El producto más utilizado tradicionalmente en los procesos de blanqueo es el hipoclorito sódico, a pesar de que su contenido en cloro, da lugar a aguas residuales con elevados contenidos en AOX, Compuestos Orgánicos Halogenados, y emisiones atmosféricas de dioxinas y cloro
- La alternativa a este producto es el peróxido de hidrógeno, mucho menos agresivo con el medio ambiente, la descomposición que tiene lugar en la reacción de blanqueo forma solamente agua y oxígeno.

- Para mejorar la blancura final, se suelen aplicar abrillantadores ópticos, los cuales contribuyen al aumento de DQO de las aguas residuales. Además, son productos irritantes, hecho que limita su uso solamente a determinadas prendas.

Proceso: Teñido

Tejidos celulósicos

El teñido de tejidos de algodón y de otras fibras celulósicas con colorantes reactivos es una de las más importantes en la actualidad.

Figura 6

Descripción de las fases para la aplicación de un colorante

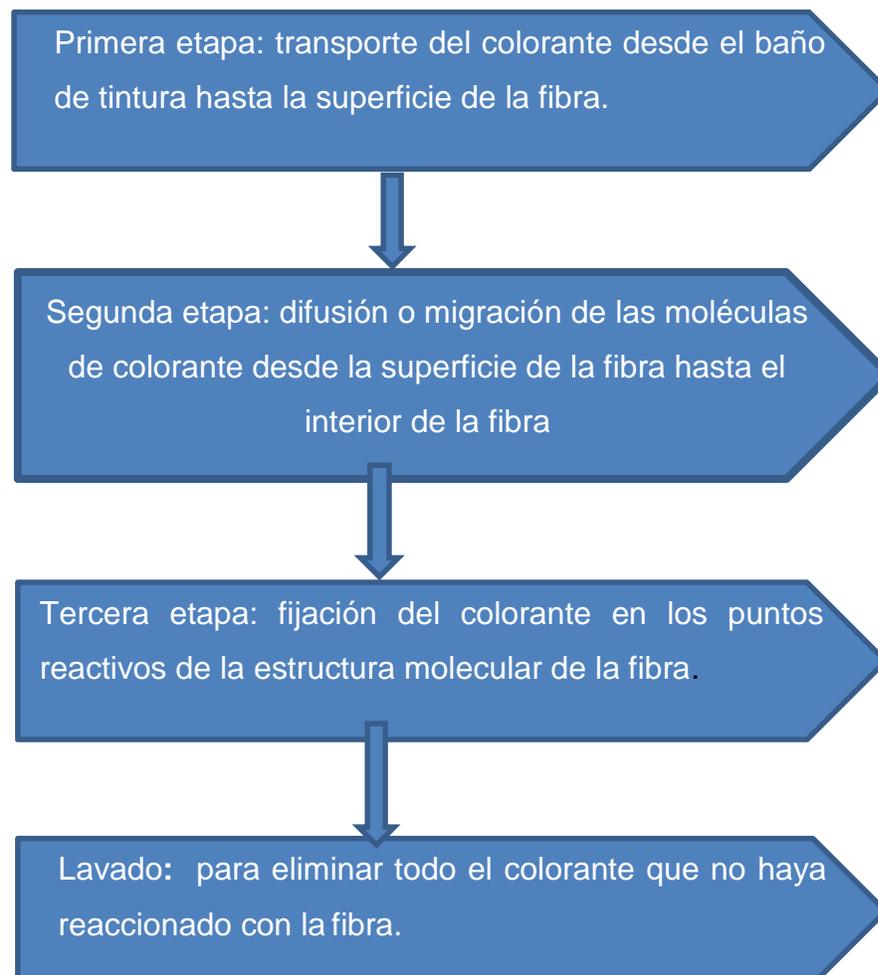


Figura 7

Diagrama de proceso de teñido de hilos



Figura 8

Diagrama de proceso de teñido de tela



Proceso: Acabado

Sanforizado:

Proporciona a los tejidos un encogimiento controlado, una vez acabada la tela, para que quede lo más estable posible y no tenga encogimientos posteriores al lavado.

2.4 Definición de términos básicos

- **ACV:** El Análisis de Ciclo de Vida es un proceso para evaluar las cargas ambientales asociadas a un sistema de producción o actividad, identificando y cuantificando las cantidades de materia y energía utilizados, y los residuos generados, y evaluando los impactos ambientales derivados de estos.
- **Agentes oxidantes:** Actúan en las fibras celulósicas dando lugar a las oxixelulosas, que si actúan incontroladamente poseen una acción destructora.
- **DBO:** Demanda biológica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias aerobias o anaerobias facultativas: pseudomonas, escherichia, aerobacter, bacillus, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. La DBO se utiliza para medir el grado de contaminación.
- **DQO:** Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mgO₂/l.
- **Descrude:** sirve para eliminar las impurezas naturales y adquiridas de las fibras y tejidos. Estas sustancias se eliminan del tejido mediante detergentes alcalinos o soluciones jabonosas.
- **ECA:** Estándar de Calidad Ambiental es un instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. El ECA establece los niveles de



concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente.

- **Fibra:** se denomina fibra o fibra textil al conjunto de filamentos o hebras susceptibles de ser usados para formar hilos, bien sea mediante hilado, o mediante otros procesos físicos o químicos.
- **Fibras celulósicas:** presentan una superficie con torsión al observarlas longitudinalmente, y una sección transversal de forma oval.
- **Fibras sintéticas:** son obtenidas artificialmente a partir de productos que se elaboran por síntesis química en laboratorios o en la industria. Su aparición significó una revolución en la industria textil, ya que las propiedades de estas fibras superan a las de las naturales.
- **Microorganismos:** Crecen sobre las fibras celulósicas y proteínicas, mientras que la sintéticas son inmunes
- **Oeko-Tex Standard 100:** es un catálogo que contiene los criterios y valores límite para el control de sustancias peligrosas en productos textiles y constituye la base de la etiqueta.
- **Proceso textil:** se fundamenta en el tratamiento de las fibras con el fin de obtener los hilos y tejidos con los que se elaborará el producto final mediante procesos de fabricación.
- **PNUMA:** Programa de las naciones unidas para el medio ambiente.
- **Producción limpia:** Este es un enfoque de reacción y tratamiento conocido como tecnologías de “final del tubo” (también denominadas de “etapa final”, o del término en inglés “end of pipe”). empleando exclusivamente técnicas curativas como plantas de tratamiento de aguas, filtros en chimeneas, incineración o neutralización de desechos.
- **Sanforizado:** proporciona a los tejidos un encogimiento controlado, una vez acabada la tela, para que quede lo más estable posible y no tenga encogimientos “altos” posteriores al lavado.



- **SST:** Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.
- **TPL:** Tecnología de producción limpia: ● tecnología verde es aquella que se utiliza sin dañar el medio ambiente, la aplicación de la ciencia ambiental para conservar el ambiente natural y los recursos, y frenar los impactos negativos.

III.HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General:

Las tecnologías limpias para la sustitución de los productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil son: uso de sustancias biodegradables, rediseños en las formulaciones de los procesos y la minimización de residuos con mejoras ambientales.

3.1.2 Hipótesis Específicas:

- a) El análisis de ciclo de vida de los productos químicos tóxicos en los procesos de la industria textil es mediante la identificación y cuantificación de las cargas contaminantes en las aguas residuales de los procesos con el DBO y DQO.
- b) El análisis de ciclo de vida de los productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil es mediante la cuantificación de las sustancias biodegradables en las aguas residuales de los procesos y su evaluación de impacto ambiental.
- c) Las principales condiciones de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias son: relación de baño, concentración de los insumos, pH, T°.

3.2 Definición conceptual de las variables:

La variable independiente: X

La aplicación de las tecnologías limpias es aquellas que al ser aplicadas no producen residuos, sustancias toxicas, con ello busca el equilibrio ambiental con los sistemas naturales buscando un desarrollo tecnológico para lograr



generar una industria ecológica en el marco de un desarrollo sustentable del medio ambiente. (Funiber,2020)

La variable dependiente: Y

La sustitución de los productos químicos tóxicos por los productos químicos sostenibles se considera como una de las acciones prácticas para el aseguramiento de la mejora ambiental, ya que contempla el cambio en los procesos de control en la industria, de manera más segura y menos contaminante para ello, debe contar equipos e instalaciones que tengan como fin la protección ambiental y la salud de los trabajadores. (ESPS,2016).

3.2.1 Operacionalización de variable

$$Y = f(X)$$

Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, se operacionaliza las variables que a continuación se indican:



Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Variable Dependiente Y: Sustitución de productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles	<ul style="list-style-type: none">Análisis de ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none">Formulación y concentración de los productos químicos.Identificación y cuantificación de los productos químicos y los parámetros en las aguas residuales de: T°, pH, DQO, DQO, SST.	Análisis fisicoquímico
Variable Independiente X: Aplicación de tecnologías limpias	<ul style="list-style-type: none">Procesos en la industria textil	<ul style="list-style-type: none">Condiciones de operación en los procesos de: pretratamiento, descrudado, mercerizado, lavado, blanqueado, teñido y acabado	Análisis fisicoquímico

IV.DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación.

Tipo de Investigación: Aplicada

Diseño de la Investigación: El diseño de la presente investigación obedecerá a un modelo experimental - longitudinal.

4.2 Método de investigación

Unidad de análisis: procesos de la industria textil

Procedimientos:

- Descripción de los procesos de la industria textil
- Identificación de los productos químicos tóxicos utilizados en los diversos procesos.
- Caracterización de los productos químicos tóxicos utilizados en los procesos (carga contaminante)
- Aplicación de las tecnologías limpias (sustitución de las sustancias tóxicas)
- Beneficios ambientales (reducción de carga contaminantes en las aguas residuales, eliminación de sustancias tóxicas, minimización de residuos)
- Mejoras ambientales (evaluación del impacto ambiental)
- Resultados

4.3 Población y muestra

Población: Industria textil con procesos para de fibras de algodón, lana, sintéticos y artificiales.

Muestra: Industria textil con procesos para fibras de algodón.

4.4 Lugar del estudio y periodo desarrollado

Textilera ubicada en la Provincia Constitucional del Callao.



Se ha desarrollado en un periodo de 12 meses, desde la identificación, cuantificación de los productos químicos hasta la aplicación de las tecnologías limpias en los procesos.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Se utilizó la Guía de tecnologías limpias de Centro de tecnologías limpias CTL de Valencia, España del 2017.

4.5.1 Identificación de los productos químicos utilizados en los procesos

Se han identificado los productos químicos que se utilizaron en los procesos, que pueden producir un daño a la salud y al medio ambiente. (Consejería Medio Ambiente,2017).

Proceso: Hilatura

Este proceso de hilatura consiste en obtener un hilo uniforme.

Figura 9

Proceso de hilatura



En estas operaciones se utilizan aceites y grasas sintéticos a base de hidrocarburos como lubricantes entre ellos están las olialfaolefina, poliglicoles para el funcionamiento y mantenimiento de las máquinas.

Proceso: Tejeduría

El proceso de Tejeduría se transforman los hilos en tejido.

En la máquina de tejido se utiliza para su funcionamiento y mantenimiento aceites convencionales, luego de la lubricación con aceites, estos son eliminados con detergentes y emulsionantes en medio alcalino.

La lubricación de la materia prima en los procesos de preparación de las fibras y la fabricación del tejido se realiza con aceites minerales, se tratan de productos con una baja biodegradabilidad que a elevadas temperaturas se pueden volatilizar, emitiendo gases nocivos.

Proceso: Pretratamiento

El objetivo del pretratamiento es de limpiar los materiales textiles de impurezas que presentan.

Encolado:

- El encolado se realiza con mezclas de diferentes tipos de almidón
- Para su eliminación se utiliza un proceso de desencolado o desengomado
- En este proceso se obtiene un alto valor de DQO en las aguas residuales, siendo un 40-70%

Desengomado:

Para el desencolado o desengomado se utiliza varios métodos: enzimático, oxidativo, ácido, alcalino, como se describe en la siguiente figura:



Figura 10

Métodos de desengomado



Descrudado:

Para un hilo o tejido de algodón que se desea blanquear y/o teñir se somete, previamente, a un proceso de descrudado que se efectúa con hidróxido sódico, enzima pectato liasa, detergentes, secuestrantes, humectantes.

Figura 11

Proceso de descrude por saponificación

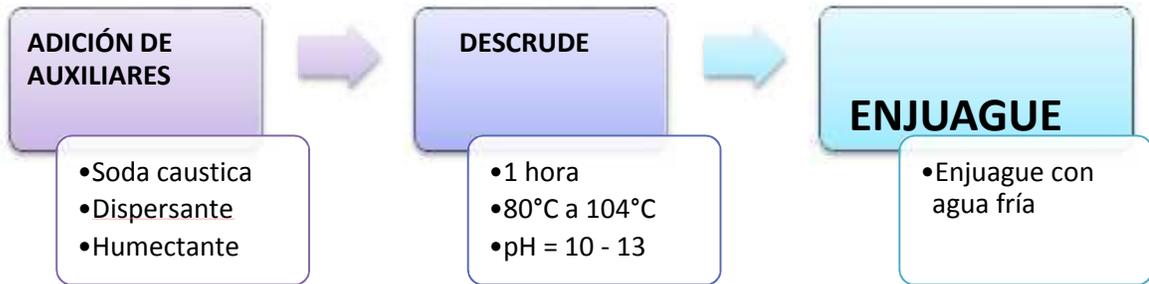


Figura 12

Proceso de descrude enzimático



Mercerizado:

El Mercerizado se utiliza para mejorar la resistencia a la tracción, la estabilidad y el lustre del algodón.

Esto permite que la fibra mejore la absorción del colorante.

Figura 13

Proceso de mercerizado



Proceso: Blanqueo.

El blanqueo tiene como finalidad la eliminación de sustancias coloreadas presentes en las fibras textiles de origen natural como el algodón, lino, yute, cáñamo, etc.).

Blanqueo Químico

Consiste básicamente en un proceso químico de oxidación, para eliminar las impurezas de tipo leñoso y pigmentos coloreados que no se trataron bien en el descruce y que conservan el color amarillento en la fibra.

Figura 14

Proceso blanqueo químico



En el blanqueo óptico consiste en alcanzar el grado blanco abrigantado a través de sustancias conocidas como blanqueadores ópticos.

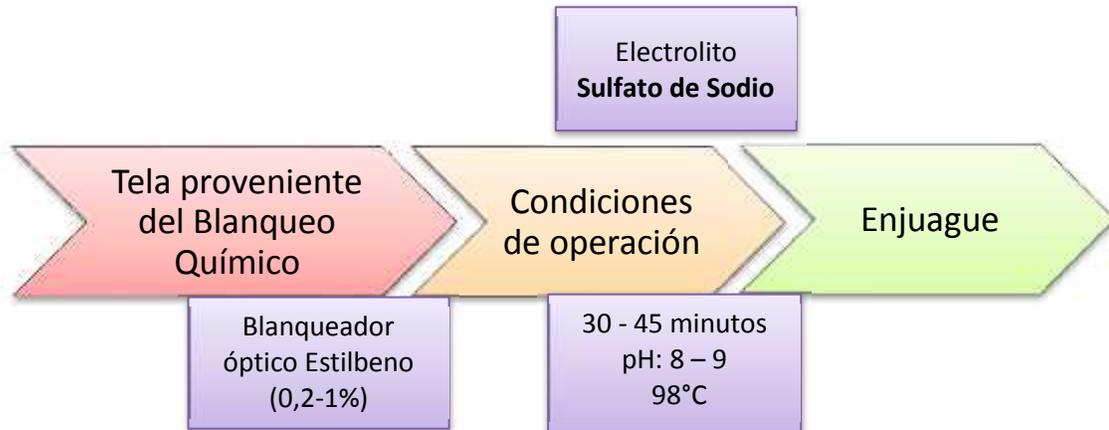
Figura 15

Productos químicos utilizados en el blanqueo óptico



Figura 16

Proceso de blanqueo óptico



Proceso: Teñido

Según Molina (2011) señala que:

Los colorantes son solubles en el medio en que se aplican por ello existen:

-Colorantes directos son solubles en agua, debido al grupo lateral sulfonado.

El cromóforo predominante es el grupo Azo.

-Colorantes reactivos son sustancias de estructuras no saturadas, orgánicas solubles en agua, pertenecen al grupo cromóforo denominado monoclorotriazina.

-Los colorantes dispersos son colorantes no-iónicos que pueden ser aplicados por agotamiento formando finas dispersiones estabilizadas adicionando ciertos tensoactivos con propiedades dispersantes.

Tabla 4

Tipos de colorantes

COLORANTES		
DIRECTOS	REACTIVOS	DISPERSOS
Azul directo-15	Synocron Brown	Bemacron rubi
Rojo directo-81	Cibacron E	Bemacron S
Verde directo-7	Triactive yelloy	Synolon yellow
Negro directo-38	Synocron navy blue	Synolon black

Fuente: Zaruma et al, (2018)

Proceso: Acabado

Sanforizado

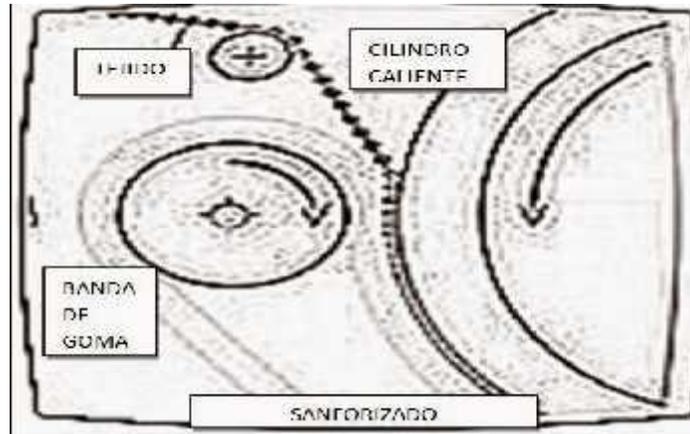
Moya (2014), indica que la tela una vez acabada se introduce dentro de la sanforizadora por medio de los cilindros alimentadores de un foulard. De los cilindros alimentadores la tela pasa por unos pulverizadores que la humedecen haciendo que los hilos queden blandos y sean fácilmente comprimidos por la banda de goma.

El proceso de encogido ocurre que el tejido ingresa entre la banda de goma y el cilindro caliente luego este se somete por el rodillo de presión y se estira. Al aflojarse la presión vuelve a encogerse. El tejido que se encuentra entre la banda de goma y el cilindro tiene que seguir el proceso de acortado y así se encoge.

Cuanto mayor es la presión, mayor es el encogimiento.

Figura 17

Proceso de encogimiento



Fuente: Moya (2014).

Una vez realizado el encogimiento controlado y no tenga encogimientos posteriores al lavado, la tela ingresa a un proceso de chamuscado

Chamuscado

Es el quemado de las fibras superficiales a través de una llama abierta y luego pasa a un baño con suavizantes.

Figura 18

Chamuscado

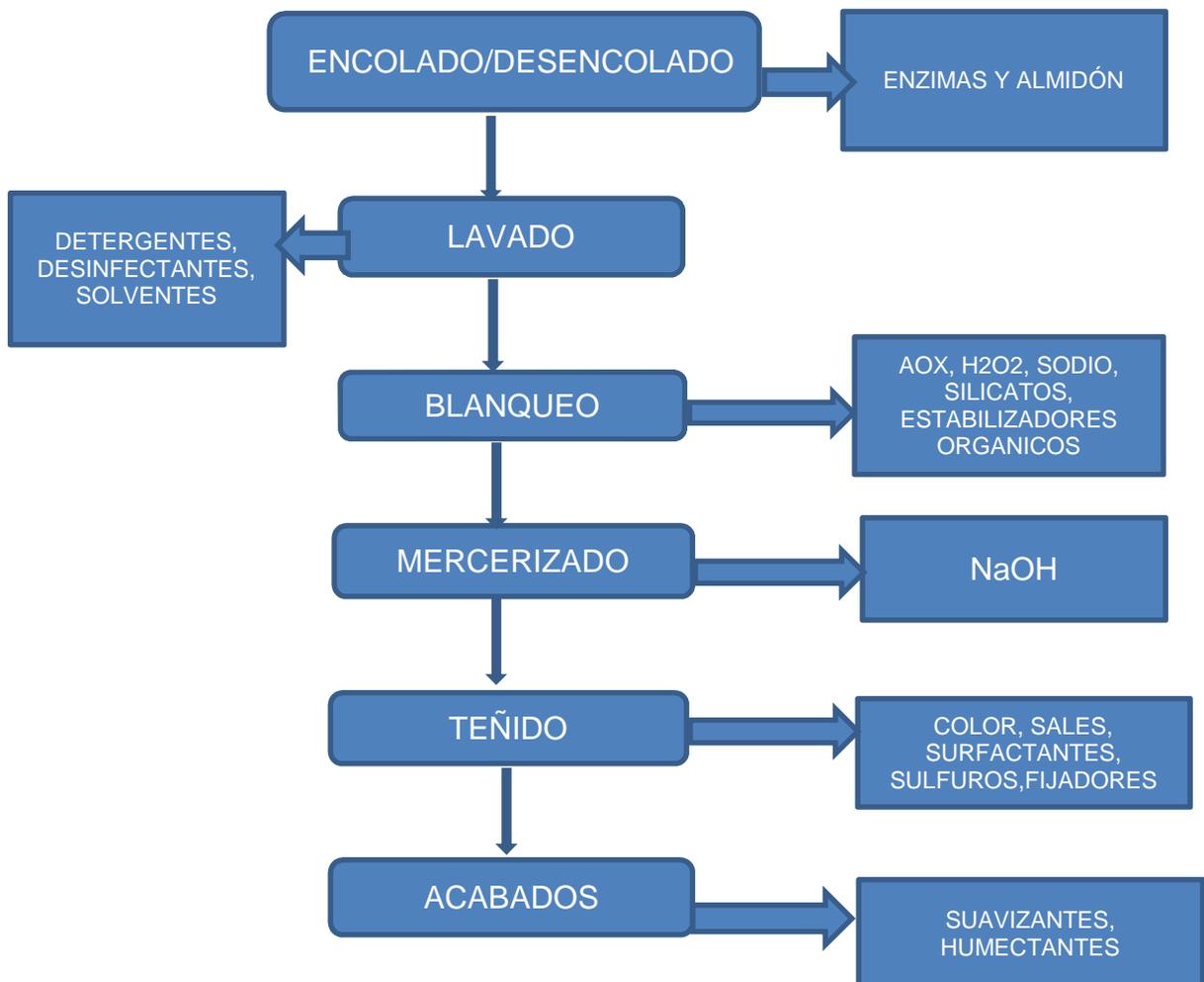


4.5.2 Caracterización de los productos químicos

Para la caracterización de los productos químicos utilizados en la industria textil se señalará los procesos.

Figura 19

Principales productos químicos utilizados en los procesos



Fuente: Huerga (2006).

Tabla 5

Productos químicos utilizados en los procesos de encolado, desengomado y descrude

ENCOLADO	DESENGOMADO	DESCRUDE
Alcohol polivinilo	Enzima alfa amilasa	Detergente
Carboximetilcelulosa	Peróxido de hidrógeno	Humectante
Suavizantes	Carbonato de sodio	Hidróxido de sodio
Tensioactivos catiónicos	Ácido sulfúrico	Suavizante

Tabla 6

Productos químicos utilizados en los procesos de lavado y mercerizado

LAVADO	MERCERIZADO
Detergentes	Hidróxido de sodio
Surfactantes	
Suavizantes	

Tabla 7

Productos químicos utilizados en los procesos de blanqueo

BLANQUEO QUÍMICO	BLANQUEO ÓPTICO
Peróxido de hidrógeno	Estilbenos
Hidróxido de sodio	Policíclicos
Hipoclorito de sodio	Vinílicos
Silicatos de sodio	Naftalimidias
	Difenilos

Tabla 8

Productos químicos utilizados en los procesos de teñido y acabado

TEÑIDO	ACABADO
Colorantes:	Suavizantes
Directos	Impermeabilizantes
Reactivos	Humectantes
Dispersos	
Igualadores	
Dispersantes	
Antiespumantes	
Secuestrantes	
Estabilizadores de pH	

4.6 Análisis y procedimientos de datos

Para el presente trabajo de investigación para la estadística descriptiva y el coeficiente de Pearson para ver la correlación entre los parámetros medidos se aplicó como técnica estadística el SPSS Versión 26.



V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

a) Cuantificación de los productos químicos

Los datos del consumo de productos químicos están calculados sobre una relación de baño 1:16 (100 kilos de textil en 1600 litros de baño)

Tabla 9

Concentración de los productos químicos utilizados en el proceso de encolado

PROCESOS	CONCENTRACION g/l	CANTIDAD (Kg)
Encolado		
Alcohol polivinilo	120	192
Carboximetilcelulosa	160	256
Suavizantes	2	3.2
Tensioactivos catiónicos	2	3.2

Nota. Relación de baño 1:16

Tabla 10

Concentración de productos químicos utilizados en el proceso de desengomado y descruce

PROCESOS	CONCENTRACION g/l	CANTIDAD (Kg)
Desengomado		
Enzima alfa amilasa	2	3.2
Peróxido de hidrógeno	3	4.8
Carbonato de sodio	3	4.8
Ácido sulfúrico	0,5	0.8
Descruce		
Detergente	1	1.6
Humectante	1	1.6
Hidróxido de sodio	2	3.2
Suavizante	1	1.6

Nota. Relación de baño 1:16



Tabla 11

Concentración de productos químicos utilizados en los procesos de lavado, mercerizado y blanqueo

PROCESOS	CONCENTRACION g/l	CANTIDAD (Kg)
Lavado		
Detergentes	2	3.2
Surfactantes	1	1.6
Suavizantes	1	1.6
Mercerizado		
Hidróxido de sodio	150	240
Blanqueo Químico		
Peróxido de hidrógeno al 50%	3	4.8
Hidróxido de sodio al 100%	2	3.2
Hipoclorito de sodio	3	4.8
Silicatos de sodio	0.6	0.96
Blanqueo Óptico		
Estilbenos (diaminoestilben)	1	1.6
Policíclicos	1	1.6
Vinílicos	1	1.6
Naftalimidias	0.5	0.8
Difenilos	1	1.6

Nota. Relación de baño 1:16



Tabla 12*Concentración de productos químicos utilizados en los procesos de teñido*

PROCESO	CONCENTRACION g/l	CANTIDAD (Kg)
Teñido		
Colorantes:		
Directos	4.15	6.64
Reactivos	2.70	4.32
Dispersos	3.40	5.44
Igualadores	2	3.2
Dispersantes	2	3.2
Antiespumantes	1	1.6
Estabilizadores de pH	0.5	0.8
Secuestrante	3	4.8
Acabado		
Suavizantes	2	3.2
Impermeabilizantes	1	1.6
Humectantes	1	1.6

Tabla 13*Parámetros de DBO y DQO en el proceso de desengomado y descrude*

PARÁMETROS	RANGO
DBO	1000 -1700 mg/l
DQO	900 - 1500 mg/l
Sólidos totales	800 -1500 mg/l
pH	8-12



Tabla 14

Parámetros de DBO y DQO en el proceso de blanqueo químico y óptico

PARÁMETROS	RANGO
DBO	1000 – 6000 mg/l
DQO	2000 - 4000 mg/l
Sólidos totales	6000 - 20000 mg/l
pH	6-7

Tabla 15

Parámetros de DBO y DQO en el proceso de teñido y acabado

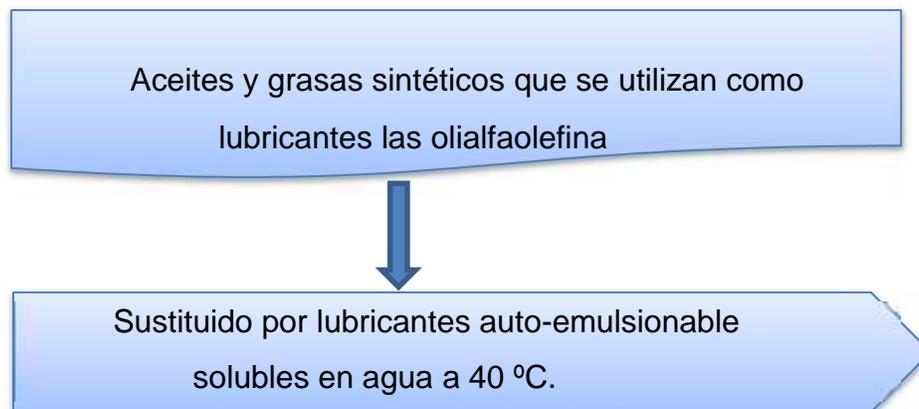
PARÁMETROS	RANGO
DBO	1000- 6500 mg/l
DQO	1500-4500 mg/l
Sólidos totales	2500-4000 mg/l
pH	8-10

b) Aplicación de las tecnologías limpias mediante la sustitución de los productos químicos tóxicos

i) Proceso: Hilatura

Figura 20

Sustitución de los productos químicos tóxicos en hilatura



Actualmente se viene utilizando hilos biodegradables a partir de algas marinas que sustituye a las fibras de poliéster y nylon (que están producidos a base de petróleo).

ii) Proceso: Tejeduría

En la máquina de tejido se utiliza para su funcionamiento y mantenimiento los aceites convencionales.

Figura 21

Sustitución de los productos químicos tóxicos en tejeduría

Aceites minerales, con una baja biodegradabilidad que a elevadas temperaturas se pueden volatilizar, emitiendo gases nocivos.



Son sustituidos los aceites minerales por:

- polieter/poliéster
- polieter/policarbonatos.
- poliésteres especiales.
- ésteres de ácidos grasos

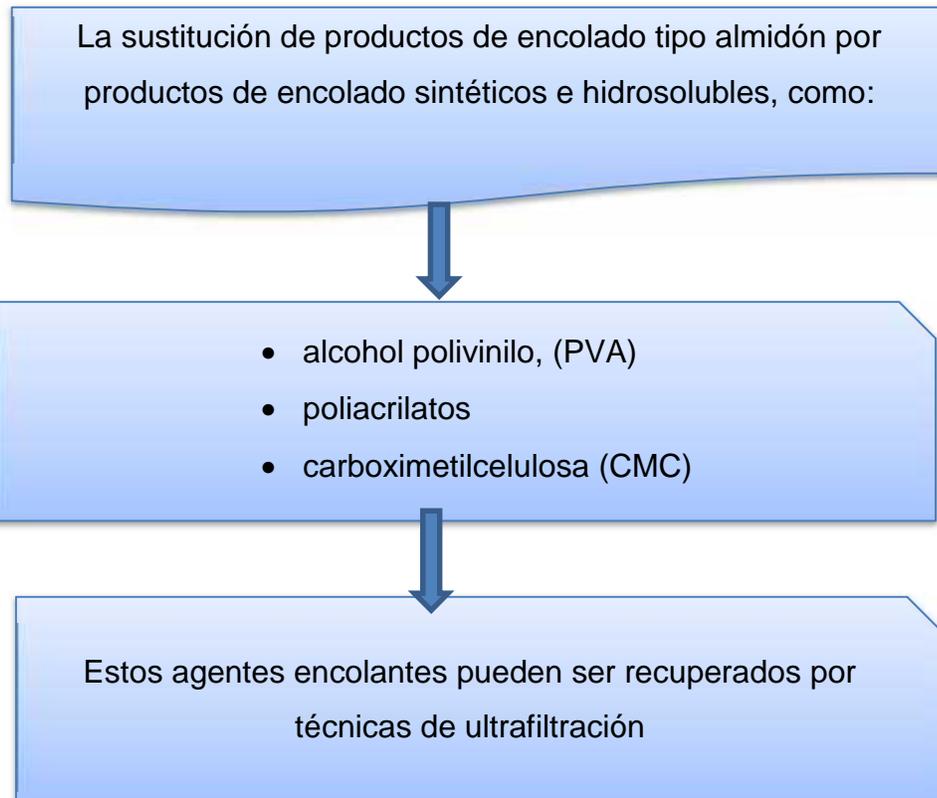
iii) Proceso: Pretratamiento

▪ Sustitución de los productos químicos tóxicos en el encolado

La Roca y Ferrer (2008), señalan que los agentes de encolado se aplican al hilo con la finalidad de protegerlo durante el proceso de tejeduría.

Figura 22

Sustitución de los productos químicos tóxicos en el encolado

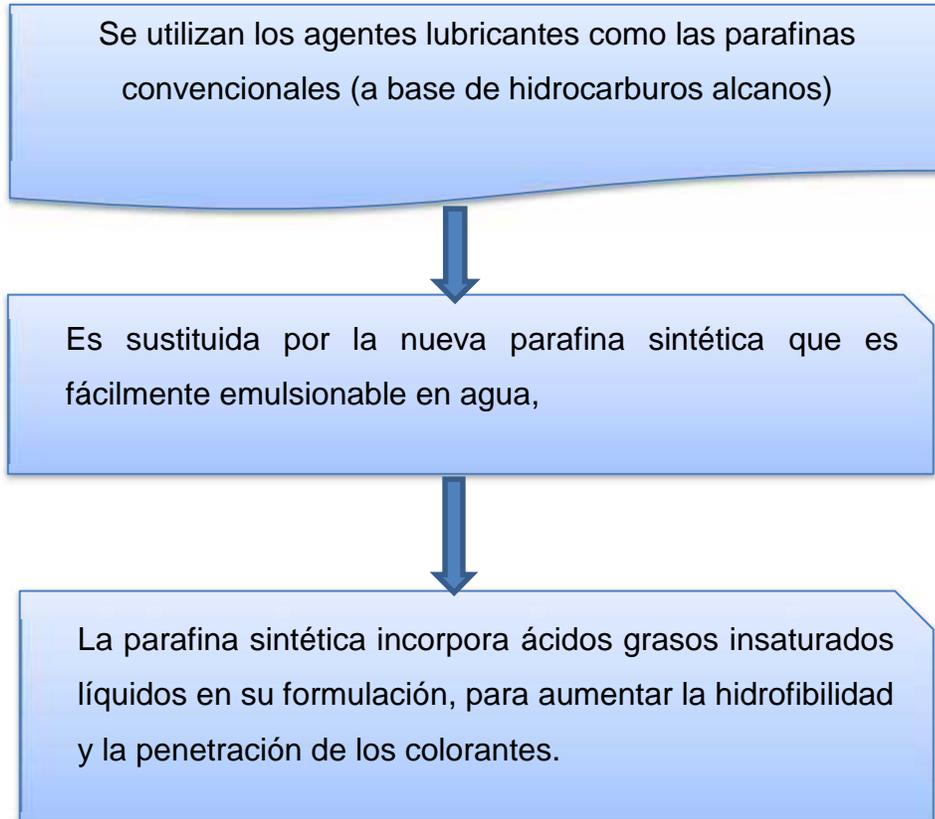


▪ **Sustitución de los productos químicos tóxicos en el desengomado**

En el proceso de engomado se aplica gomas a los hilos de urdimbre para evitar que estos se rompan cuando van a telares, por eso es necesario realizar el desengomado.

Figura 23

Sustitución de productos químicos en el desengomado

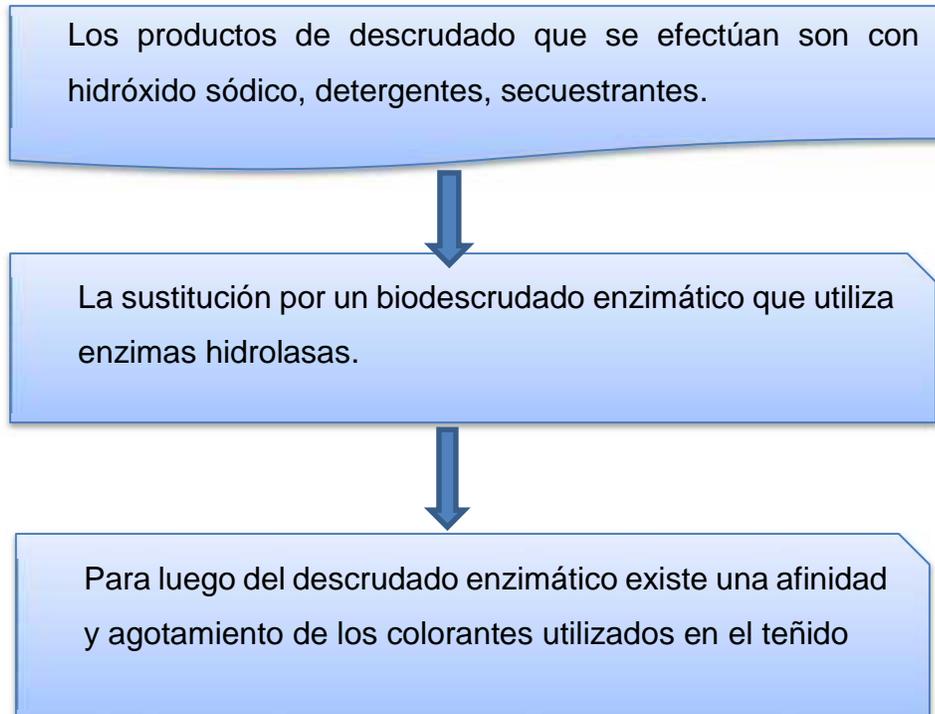


- **Sustitución de los productos químicos tóxicos en el descrudado**

La fibra textil de algodón, sea en hilo o tejido, que se debe banquear y/o teñir se antes debe ingresar a un proceso de descrudado para eliminar las ceras, pectinas y hemicelulosas del algodón.

Figura 24

Sustitución de productos químicos en el descrudado



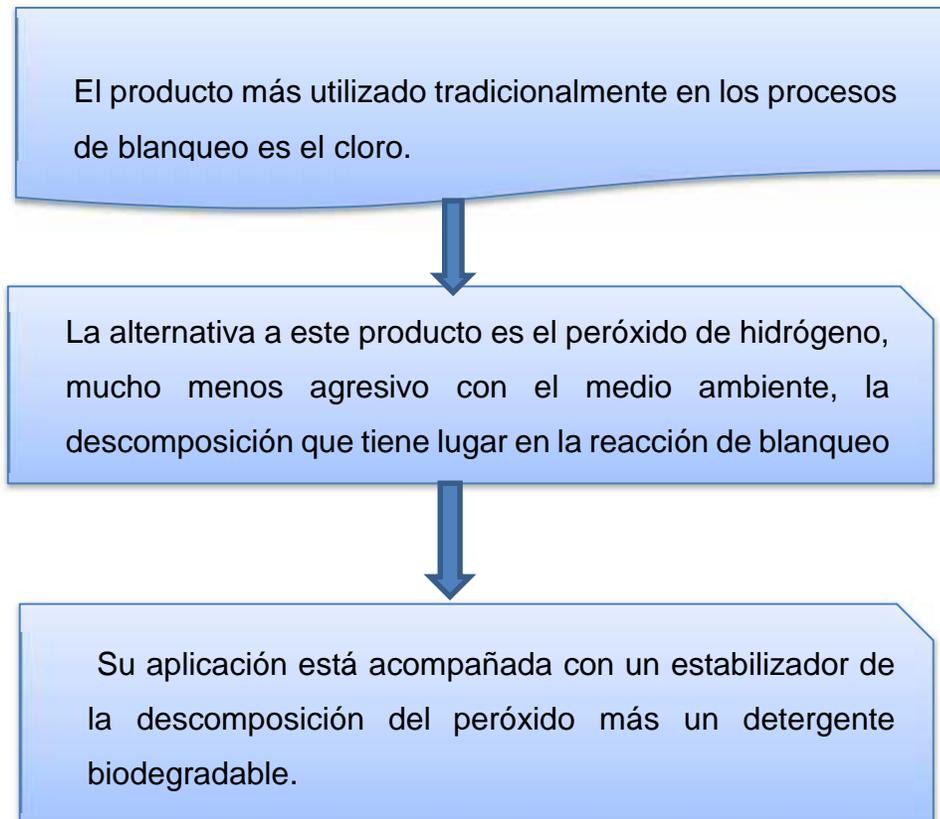
iv) Proceso: Blanqueo

- **Sustitución de los productos químicos tóxicos en el blanqueo químico**

El blanqueo tiene como finalidad la eliminación de sustancias coloreadas presentes en materias textiles de origen natural, (algodón, lino, yute, cáñamo, etc.).

Figura 25

Sustitución de productos químicos en el blanqueo químico



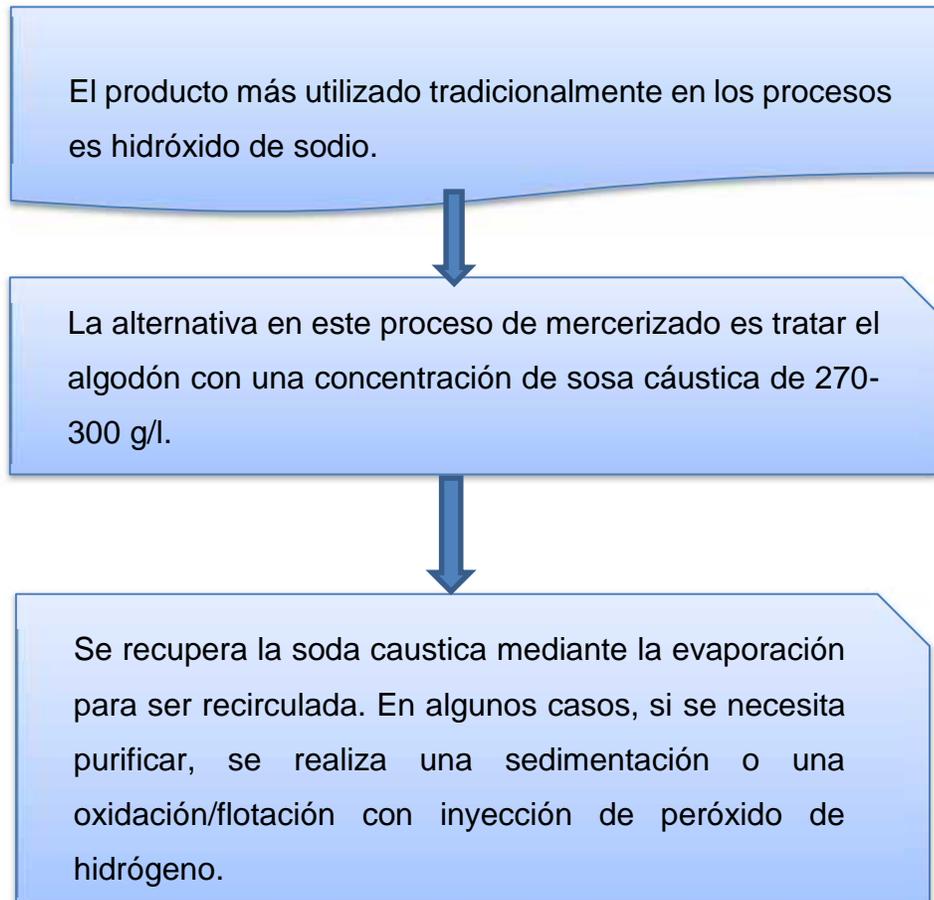
v) Proceso: Mercerizado

▪ Recuperación del álcali en el proceso de mercerizado

El mercerizado se utiliza para mejorar la resistencia a la tracción, la estabilidad y el lustre del algodón. Además, se obtiene mejor rendimiento del colorante durante el teñido.

Figura 26

Sustitución de productos químicos en el mercerizado



vi) Proceso: Teñido

Según la Guía de Tecnologías Limpias (2017), del centro de tecnologías limpias de Valencia, señalan:

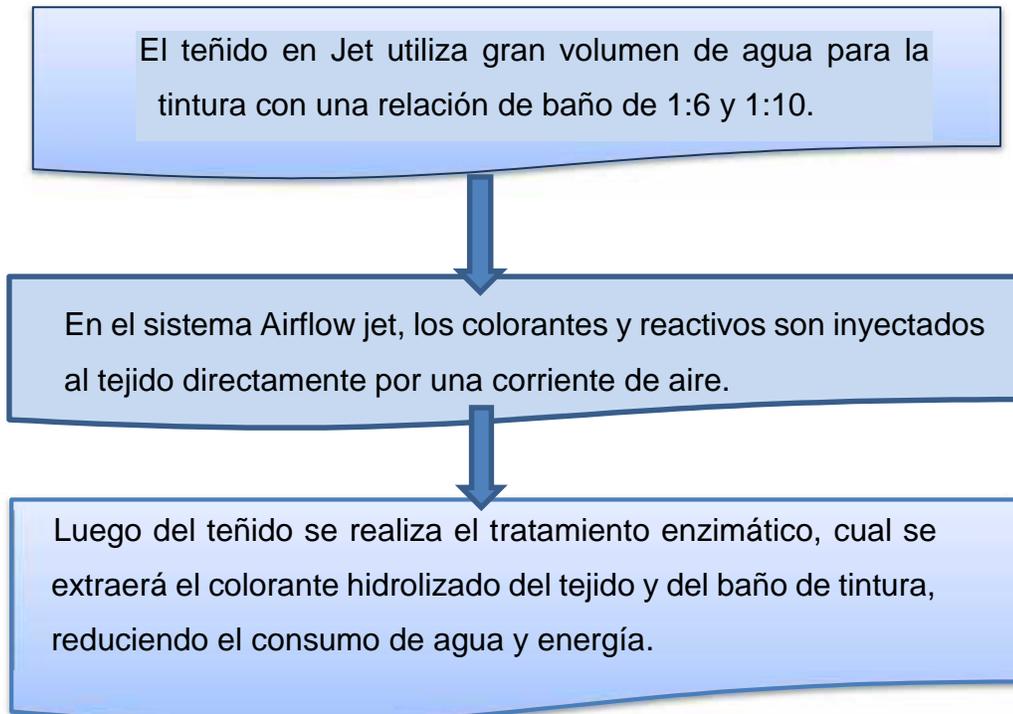
Teñido de tejidos celulósicos. Para el teñido de tejidos de algodón se utilizan los colorantes directos, reactivos y dispersos

Dicho teñido puede efectuarse por procesos continuos o por procesos semicontinuos.

- **Sustitución del baño de teñido Jet por el baño de teñido Airflow –jet**

Figura 27

Sustitución del baño de teñido Jet por Airflow Jet



- **Sustitución de los colorantes sulfurosos**

Los colorantes sulfurosos son muy utilizados para el teñido de fibras celulósicas, para matices oscuros, contienen una como sales, sulfuros y polisulfuros.

Figura 28

Sustitución de los colorantes sulfurosos por colorantes naturales

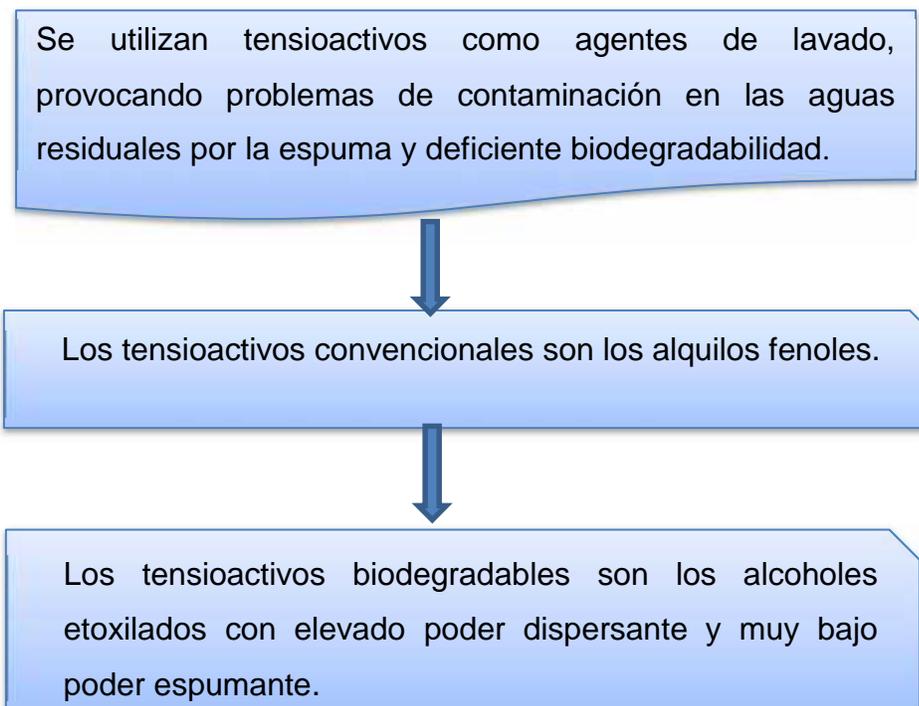


▪ **Sustitución de tensoactivos convencionales por tensoactivos biodegradables.**

En la industria textil, los tensoactivos se utilizan en todos los procesos desde la preparación de la fibra hasta el acabado de los tejidos

Figura 29

Sustitución de tensoactivos convencionales por biodegradables

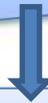


- **Sustitución de Agentes Antiespumantes Ambientalmente correctos**

Figura 30

Sustitución de agentes antiespumantes

Los agentes antiespumantes son compuestos de aceites minerales, por lo que contribuyen a aumentar la carga orgánica de los efluentes finales.



Los agentes antiespumantes alternativos, libres de aceites minerales, son:
siliconas, ésteres del ácido fosfórico, alcoholes grasos,

- **Sustitución de los complejantes compuestos por Nitrógeno y/o Fósforo.**

La Roca y Ferrer (2008), afirman que los complejantes utilizados en los pretratamientos y en la tintura son habitualmente polifosfatos, fosfonatos y ácidos amino carboxílicos, (EDTA, DTPA y NTA), contienen nitrógeno y fósforo en su estructura, y que al tratarse de nutrientes contribuyen a la eutrofización.

Sustitución

Una alternativa a los agentes complejantes tradicionales son los policarboxilatos, ácidos policarboxílicos o bien polisacáridos, todos ellos libres de fósforo y nitrógeno.

En la siguiente tabla se compara entre los agentes complejos convencionales y los alternativos.

Tabla 16*Agentes complejos convencionales y los alternativos*

PROPIEDADES	EDTA	POLIFOSFATOS	POLICARBOXI-LATOS	POLISACARIDOS
Biodegradable	No	Si	No	Si
Bioeliminable	No	Nd	Si	Nd
Contiene nitrógeno	Si	No	No	No
Contiene fósforo	No	Si	No	No
Eliminación de los metales pesados	Si	No	No	No

Nota. Nd: No determinado. **Fuente:** La Roca y Ferrer (2008)

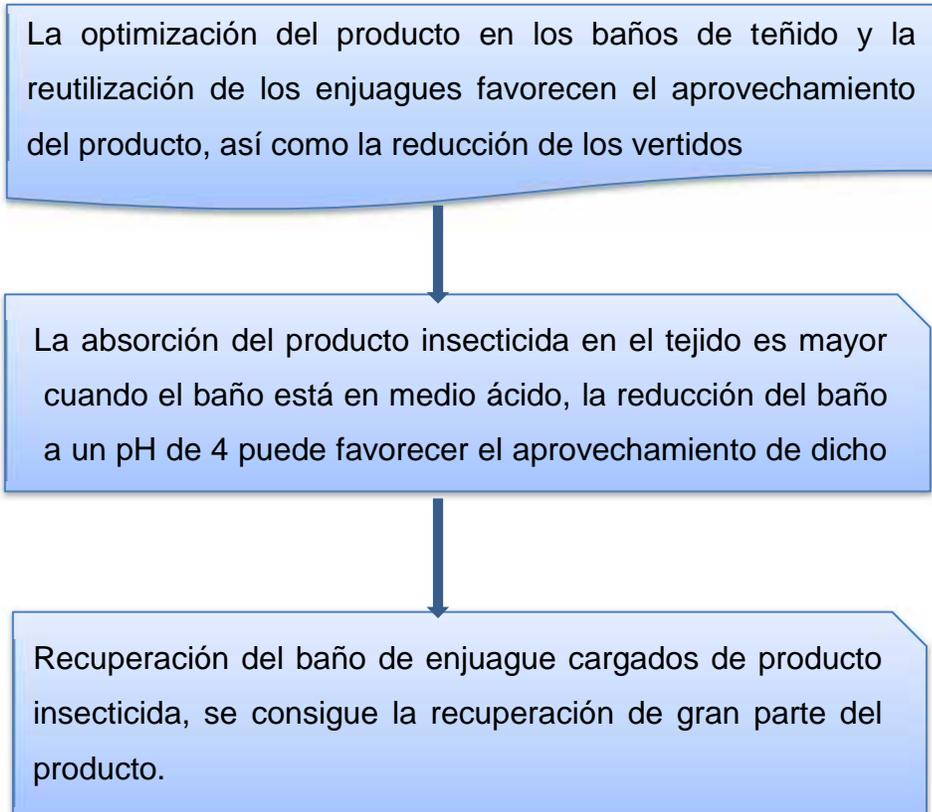
vii) Proceso: aprestos y acabados**▪ Minimización de las emisiones de productos insecticidas.**

La aplicación de insecticidas, fundamentalmente antipolillas, en los tejidos puede dar lugar a la generación de aguas residuales con un cierto contenido en estas sustancias en el proceso de apresto y acabado.



Figura 31

Sustitución de productos químicos en el proceso de apresto y acabado



▪ **Catálisis por Enzimas.**

Las enzimas son proteínas que actúan como biocatalizadores. Tienen la capacidad de activar y acelerar las reacciones químicas, permitiendo el desarrollo de procesos menos agresivos que los convencionales.

Sustitución

En la siguiente tabla se muestran los procesos enzimáticos más importantes en el sector textil

Tabla 17*Procesos enzimáticos más importantes en el sector textil*

FIBRA	TRATAMIENTO	ENZIMAS	SUSTRATO
Algodón	Desencolado	Amilasas Amiloglucosidasas	Almidón
	Descrudado	Pectinasas	Fibra de algodón
	Blanqueo	Glucoseosadasas	Lignina Colorantes Glucosas
	Bio-polish	Celulasas	Celulosa
	Bio-stoning	Celulasas	Celulosa
	Degradación H ₂ O ₂	Peroxidasas	H ₂ O ₂
Lana	Desgrasado	Lipasas	Lanolina
	Antifieltrado	Enzimas especiales	---
Seda	Desgomado	Sericinasas	Sericina
Lino	Suavizante	Pectinesterasas	Fibra de lino
Yute	Blanqueo Suavizante	Celulasas Xilanasas	Fibra de yute

Fuente: Mishel (2009)

- **Selección de nuevas gamas de colorantes reactivos.**

La Consejería Medio Ambiente (2017), señala que las tecnologías limpias aplicables al sector textil, son los colorantes reactivos por sus características químicas que reacciona químicamente con la fibra mediante un enlace covalente.



Una parte de éste queda en las aguas residuales de la tintura y otra parte queda en el interior de la fibra, un teñido con colorantes reactivos requiere un consumo de agua de, baño de tintura, baño de jabonado en caliente, baño de aclarado.

Sustitución

Se han desarrollado nuevas gamas de colorantes reactivos los cuales:

Figura 32

Selección de nuevas gamas de colorantes reactivos

Los colorantes reactivos se agotan más sobre la fibra (con ello queda menos colorante en el agua de tintura).

Cada molécula de colorante contiene más grupos reactivos que reacciona con la fibra

El colorante reactivo hidrolizado en el interior de la fibra es más fácilmente eliminable (con ello se reducirá el número de baños de lavado).

5.2. Resultados inferenciales

Los resultados están enfocados a los logros de las mejoras ambientales y sustituciones.

a) Optimización de procesos

Las mejoras ambientales y sustituciones de productos que han permitido optimizar el proceso productivo son las siguientes:

- Reducción de la relación de baño.
- Reducción de productos auxiliares
- Eliminación de productos orgánicos clorados
- Blanqueo con peróxidos en lugar de derivados del cloro.
- Reciclado de baños de tintura.
- Reutilización de materias primas (productos de encolado, colorante índigo, recuperación de NaOH en el mercerizado).

b) Medidas de control del agua

- Minimizar las fugas y los derrames.
- Instalación de medidores de caudal, general y por sección.
- Instalación de reductores de flujo.
- Dosificación informatizada de colorantes y productos auxiliares.

c) Procesos sostenibles

Procesos enzimáticos.

El uso de enzimas es una alternativa al uso de reactivos químicos contaminantes. Las enzimas operan en condiciones suaves, actúan sobre un sustrato específico y son fáciles de controlar. Su uso implica un menor consumo de agua y energía y una menor carga contaminante.

Algunas de las enzimas utilizadas en la industria textil son:



- Amilasas para el proceso de desencolado,
- Cellulasas para el biolavado de denim,
- Carboximetilcelulosa (CMC), para el desencolado
- Pectinasa para el descrudado de fibras vegetales,
- Proteasas para el descrudado de fibras animales y
- Lipasas para la eliminación de grasas y aceites.

Colorantes reactivos de baja utilización de sal

Este tipo de colorantes reactivos requieren una concentración de sal de (20-30) g/l. En sustitución a los colorantes reactivos convencionales necesitan (60-80) g/l.

La reutilización de los baños agotados para realizar nuevas tinturas. Se obtiene buenos resultados para los colores de negro y azul marino. Ahorrando un 80% de sal y de 50% de auxiliares químicos.

En las siguientes tablas y figuras se presentan las mejoras ambientales en los procesos textiles.

Tabla 18

Mejora ambiental en hilatura y tejeduría

TECNOLOGÍA LIMPIA	Residuos	Aguas	Emisiones	Consumo energético	Consumo de materia prima
▪ Sustitución de lubricantes por aceites hidrosolubles	5	7	5	7	5
▪ Reducción uso de gomas en la Tejeduría	5	7	5	7	5

Nota. Valores de impacto:
 1-4: menor beneficio ambiental
 5: no disminuye ni aumenta
 Entre 6-9: mejora ambiental

Figura 33

Mejora ambiental en hilatura y tejeduría

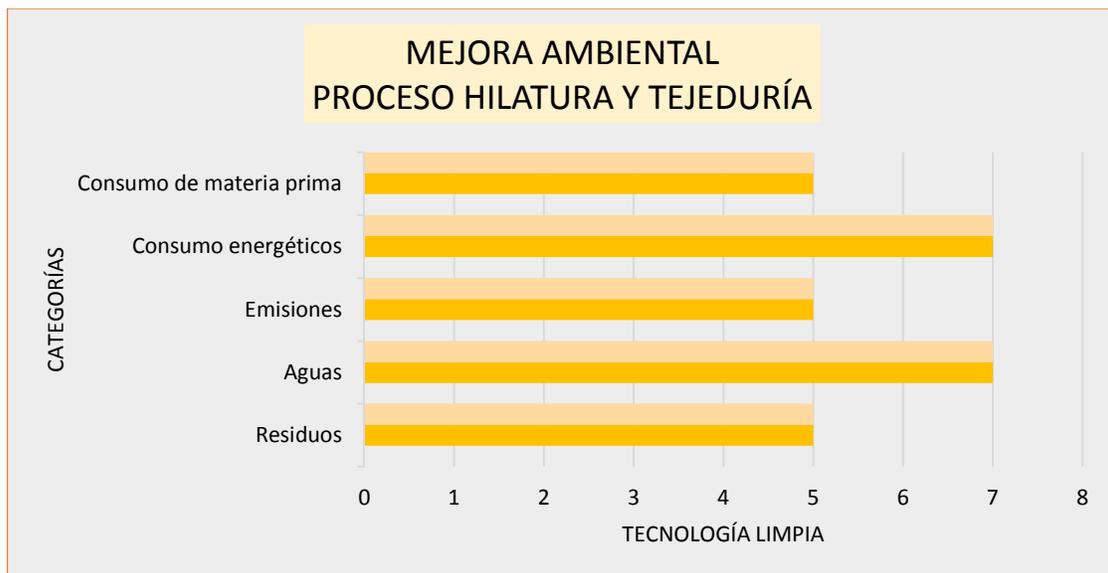


Tabla 19

Mejora ambiental en el proceso de encolado

TECNOLOGÍA LIMPIA	Residuos	Aguas	Emisiones	Consumo energético	Consumo de materia prima
▪ Uso de parafinas sintéticas	5	7	6	6	6
▪ Recuperación de los agentes de encolado	6	8	6	6	7
▪ Ruta oxidativa	5	7	6	6	5

Nota. Valores de impacto:
 1-4: menor beneficio ambiental
 5: no disminuye ni aumenta
 Entre 6-9: mejora ambiental

Figura 34

Mejora ambiental en el proceso de encolado

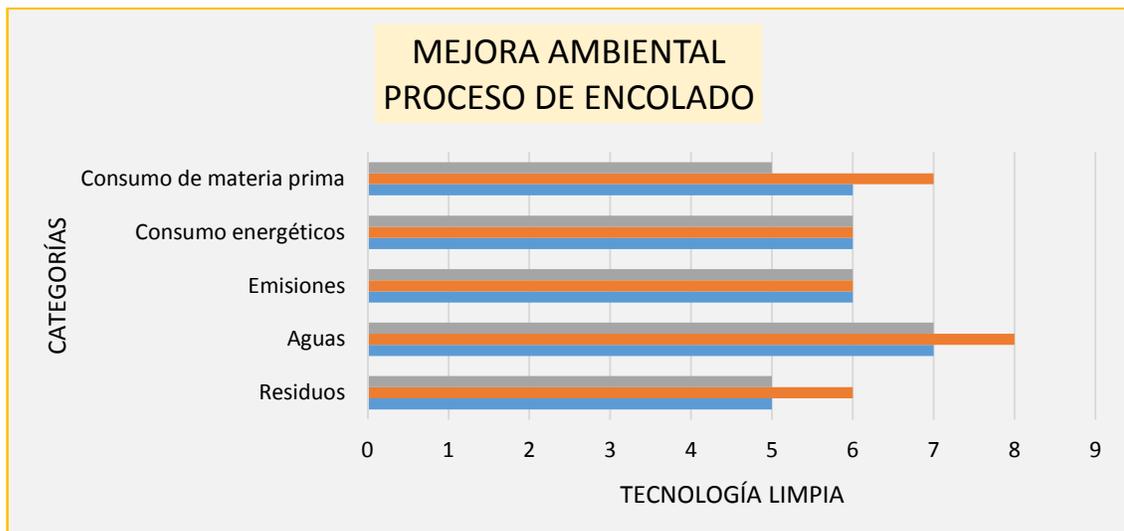


Tabla 20

Mejora ambiental en el proceso de desencolado

TECNOLOGÍA LIMPIA	Residuos	Aguas	Emisiones	Consumo energético	Consumo de materia prima
▪ Desencolado enzimático	5	9	7	8	7
▪ Desencolado, descudado y blanqueo en una única etapa	5	9	7	7	6
▪ Desencolado de algodón por Sistema Pad-Batch	5	8	6	6	5

Nota. Valores de impacto:
 1-4: menor beneficio ambiental
 5: no disminuye ni aumenta
 Entre 6-9: mejora ambiental

Figura 35

Mejora ambiental en el proceso de desencolado

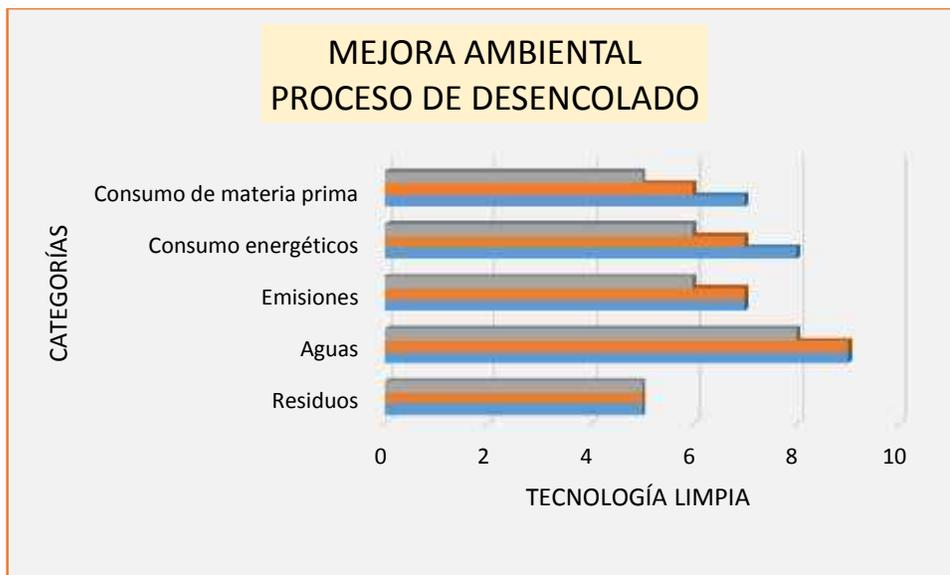


Tabla 21

Mejora ambiental en el proceso de blanqueo

TECNOLOGÍA LIMPIA	Residuos	Aguas	Emisiones	Consumo energéticos	Consumo de materia prima
▪ Sustitución del cloro	5	7	6	5	5
▪ Minimización de complejantes	5	7	5	5	5

Nota. Valores de impacto:
 1-4: menor beneficio ambiental
 5: no disminuye ni aumenta
 Entre 6-9: mejora ambiental

Figura 36

Mejora ambiental en el proceso de blanqueo

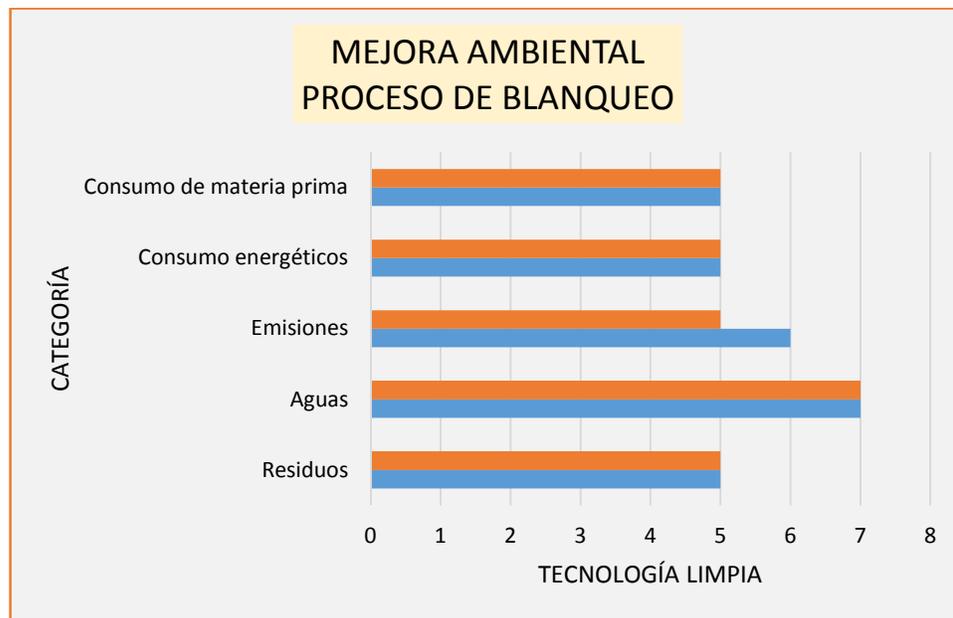


Tabla 22

Mejora ambiental en el proceso de pretratamiento

TECNOLOGÍA LIMPIA	Residuos	Aguas	Emisiones	Consumo energético	Consumo de materia prima
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recuperación de NaOH del Mercerizado 	5	8	5	5	6
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pretratamiento con agentes cationizado 	5	7	5	5	6

Nota. Valores de impacto:
 1-4: menor beneficio ambiental
 5: no disminuye ni aumenta
 Entre 6-9: mejora ambiental

Figura 37

Mejora ambiental en el proceso de pretratamiento

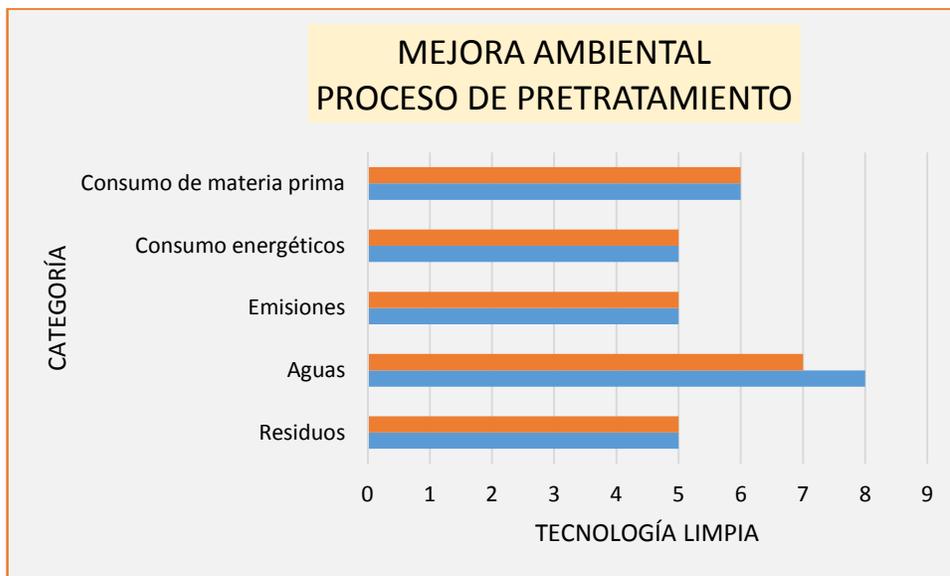


Tabla 23

Mejora ambiental en el proceso de teñido

TECNOLOGÍA LIMPIA	Residuos	Aguas	Emisiones	Consumo energéticos	Consumo de materia prima
▪ Teñido con colorantes reactivos	5	8	6	7	5
▪ Tratamiento con enzimas	5	6	6	6	6
▪ Nuevas gamas de colorantes reactivos	5	7	5	7	7
▪ Teñido por agotamiento con reactivos	5	8	5	5	5

Nota. Valores de impacto:
 1-4: menor beneficio ambiental
 5: no disminuye ni aumenta
 Entre 6-9: mejora ambiental

Figura 38

Mejora ambiental en el proceso de teñido

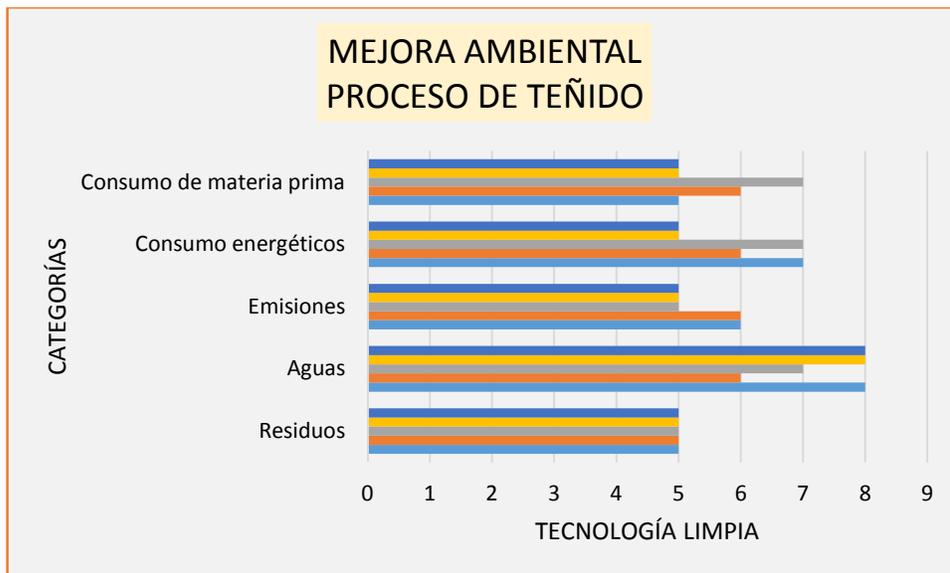


Tabla 24

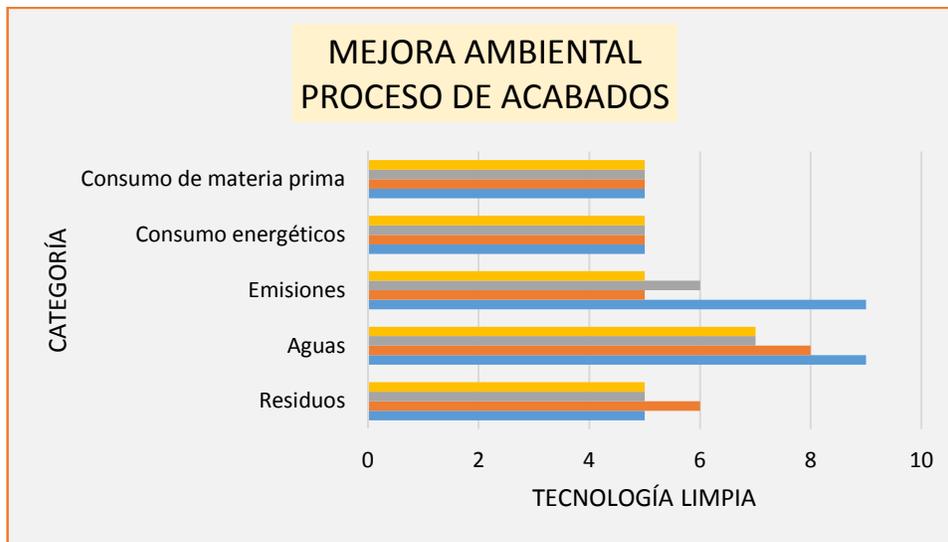
Mejora ambiental en el proceso de acabados

TECNOLOGÍA LIMPIA	Residuos	Aguas	Emisiones	Consumo energético	Consumo de materia prima
▪ Aprestos con bajo de formaldehído	5	9	9	5	5
▪ Agentes antiespumantes degradable	5	7	6	5	5
▪ Tensoactivos biodegradables	5	7	5	5	5

Nota. Valores de impacto:
 1-4: menor beneficio ambiental
 5: no disminuye ni aumenta
 Entre 6-9: mejora ambiental

Figura 39

Mejora ambiental en el proceso de acabados



5.3 Resultados estadísticos de acuerdo al problema y la hipótesis

Para analizar los datos obtenidos se aplicó la correlación de Pearson, se presenta en la tabla 25 y 26.

Tabla 25

Correlación de Pearson análisis estadístico de los parámetros DBO, DQO, SST

		DQO	DBO	SST	pH
DQO	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	1	.988 .058	.898(*) .016	.787(**) .000
DBO	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.988 .058	1	.906(*) .013	.804 .054
SST	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.896(*) .016	.906(*) .013	1	.939(**) .005
pH	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.787(**) .000	.804 .054	.939(**) .005	1

Nota. * La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). **Fuente:** Software SPSS 26.

Existe una correlación positiva lo que indica que cuando las concentraciones de los insumos químicos son altos existe una alta carga contaminante en las aguas residuales aumentando las concentraciones de DQO, DBO y SST.



Tabla 26

Correlación de Pearson análisis estadístico de los insumos utilizados en el proceso textil

		Colorantes sulfurosos	AOX	Solventes
Colorantes sulfurosos	Correlación de Pearson	1	.984(**)	.988(**)
	Sig. (bilateral)		.000	.000
	N	3	3	3
Cloro, AOX	Correlación de Pearson	.984(**)	1	.975(**)
	Sig. (bilateral)	.000		.001
	N	3	3	3
Solventes	Correlación de Pearson	.988(**)	.975(**)	1
	Sig. (bilateral)	.000	.001	
	N	3	3	3

Nota. ** La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). **Fuente:** Software SPSS 26

Existe una correlación positiva lo que indica que los compuestos químicos tóxicos que existen en los procesos textiles al ser sustituido por sustancias biodegradables bajan las cargas contaminantes en las aguas residuales.

VI.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Con la sustitución de los productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil en la hipótesis planteada se demostró que el uso de las sustancias biodegradables en las formulaciones y la minimización de residuos con mejoras ambientales se ha logrado la disminución de las cargas contaminantes en la disminución de las concentraciones de DBO y DQO. Haciendo el análisis de ciclo de vida con las caracterizaciones de los productos químicos tóxicos en los procesos de la industria textil ha sido mediante la identificación en cada proceso. Asimismo, el análisis de ciclo de vida de los productos químicos sostenibles en los procesos ha sido mediante la cuantificación de las sustancias biodegradables en las aguas residuales de los procesos y su evaluación de impacto ambiental.

Las principales condiciones de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias son: relación de baño, concentración de los insumos, pH, T°.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

El presente trabajo desarrollado coincide con las propuestas que señala Rodríguez (2011), en referencia a la Aplicación de un programa de producción más limpia como alternativas de tratamiento de los efluentes en la industria textil, en el estudio realizado se señala también que existe un alto contenido de DQO, DBO, SST, y una fuerte coloración en las aguas residuales que se genera de cada proceso, que deben ser tratados para su disposición final, en cumplimiento a la normatividad ambiental de Valores Máximos Admitidos que están en dentro del rango para DBO 500mg/l, para el DQO 1000mg/l y 500 mg/l de SST.



Además, los resultados logrados fueron minimizar, reciclar y reutilizar el agua, valorándolo como fuente principal de los procesos en la industria por ejemplo en la reutilización en los procesos de lavado, como también en el mercerizado se pudo reutilizar el hidróxido de sodio, reutilizar el agua de los enjuagues del descrudado.

Con Huerga (2006) concordamos al aplicar las tecnologías limpias como herramienta medioambiental a un sistema de tratamiento de los efluentes de los procesos de teñido y blanqueado, como procesos de mayor carga contaminante en el sector textil, para ello se aplicó el reciclaje parcial del efluente, trabajando con la combinación de tecnologías de tratamiento biológicos que es el filtro percolador y fangos activos, así como también físico-químicas como la coagulación-floculación, para un rendimiento de depuración del 98 % en DQO.

Con los autores La Roca y Ferrer (2008) coincidimos en referencia a la sustitución de sustancias tóxicas en la industria textil con la eco-etiqueta Oeko -Tex Standard 100 en donde las sustancias peligrosas en los productos textiles, se promueve través de la adhesión a un esquema de eco- etiquetado, como una estrategia operativa, en el perfil ambiental, considerando que los principales objetivos de la ecología industrial es la reducción del impacto ambiental generado por la industria, para ello también el presente trabajo identificó los tipos de estrategias para el control de las sustancias tóxicas, cierre de los ciclos de materiales tóxicos y la sustitución.

El Oeko-Tex Standard 100 es un catálogo que contiene los criterios y valores límites para el control de sustancias peligrosas en productos textiles y constituye la base de la etiqueta. Muchas textileras hoy en día vienen aplicando este tipo de acciones por el control de la contaminación de manera radical y orientada a la fuente.

Con el autor Del Río (2003), coincidimos en señalar que las tecnologías limpias deben ser aplicadas a las industrias, en el marco del desarrollo sostenible,



buscando mejorar los procesos de producción industrial en los impactos ambientales con la disminución de los residuos, es decir, reducción en las emisiones y en el uso de materiales biodegradables, en el presente trabajo se logra las reducciones en los procesos las cargas contaminantes de las aguas residuales. La importancia de la difusión de las tecnologías ambientales en general y de las tecnologías limpias en particular deben ser aquellas que generan las mayores reducciones en el impacto ambiental como estrategia que deben aplicarse no solamente la industria textil sino también todas las industrias de producción.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en presente informe final de investigación, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la UNAC, Resolución de Consejo Universitario N° 260-2019-CU., donde se señala los principios éticos como norma de comportamiento conductual, así como también el autor está de acuerdo con el reglamento en donde reconoce que la investigación es una función esencial y obligatoria en la UNAC, por ello el investigador es responsable de los procedimientos y evaluación de su investigación.



CONCLUSIONES

- Se ha aplicado las tecnologías limpias para la sustitución de productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil determinando el análisis del ciclo de vida de los productos químicos tóxicos I y en los productos químicos sostenibles teniendo en cuenta las principales condiciones de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias.
- En la descripción de los procesos de la industria textil se concluye que las etapas más importantes son: hilatura, tejeduría, pretratamientos, blanqueo, teñido y acabados. Y dentro de los pretratamientos está el encolado, descrudado y el mercerizado, aplicando mejoras ambientales en la reutilización de los insumos y minimizando en el teñido residuos de los colorantes en las aguas residuales para ello el uso de colorantes reactivos con mayor absorción a la fibra.
- En cuanto a la identificación de los productos químicos tóxicos utilizados en los diversos procesos de la industria textil como en el encolado, desengomado, descrudado, mercerizado, blanqueado, tintura y acabado; el uso mayoritario de los compuestos son orgánicos y persistentes sobretodo en el proceso de blanqueo óptico y en la tintura, el uso de colorantes azufrados.
- En referencia a la caracterización de los productos químicos utilizados en los procesos, son una gran variedad de sustancias que están compuestas de elementos químicos con ciertas propiedades y componentes activos que les permite desarrollar una función, como dispersantes, igualantes, secuestrantes, humectantes y suavizantes.



- La cuantificación de los productos químicos tóxicos utilizados en los procesos, es decir, la carga contaminante se determinó a partir de las concentraciones de los insumos y los cálculos de las cantidades están en base a una relación de baño de materia textil y el volumen total de baño. Siendo la relación de baño de 1:16. Se ha obtenido como resultado de la cuantificación que las aguas residuales procedentes de los diversos procesos descritos, tienen valores altos de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) ya que se utiliza muchos productos auxiliares, de naturaleza orgánica.
- Con la aplicación de las tecnologías limpias se ha logrado, la reducción de la relación de baño, reducción de productos auxiliares, eliminación de productos órgano clorados, utilización de colorantes de elevado agotamiento, blanqueo con peróxidos en lugar de derivados del cloro, reciclado de baños de tintura., reciclado de baños poco contaminados (aguas de aclarado), reutilización de materias primas (productos de encolado, colorante índigo, recuperación de NaOH en el mercerizado), dosificación de colorantes y productos auxiliares informatizada. La aplicación de las tecnologías limpias en los diversos procesos textiles contribuye directamente a la protección ambiental viable en el desarrollo de las técnicas de recuperación, en el reciclado de sustancias utilizadas en el proceso, así como la reducción del consumo de las materias primas, aumento de la eficacia del consumo energético.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda una vez implementado las tecnologías limpias verificar en el proceso la disminución de los impactos al medio ambiente, creando un sistema de control de los procesos de teñido, blanqueo, encolado, para una reducción en el consumo de materias primas.
- Continuar con los estudios acerca de convertir las algas marinas en materiales textiles ecológicos, como los hilos degradables para la industria textil, que luego se pueden convertir en telas, prendas y otros productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acero, J. (2005). Manual de Producción más Limpia para la industria Textil, Orbea Edit. Quito, Ecuador.

Asociación Internacional de Investigación y Ensayo en el Campo de la Ecología Textil Oeko-Tex. Standard 100. Condiciones generales y específicas.

Allied Market Research. Consultoría empresarial y de investigación de mercado global. "Informes de investigación de mercado" y "Soluciones de inteligencia empresarial". Portland, Oregón.

Autoridad Nacional del Ambiente (2004). Guía de prevención de la contaminación del recurso hídrico, caracterización y tratamiento de aguas residuales para el sector de industrial.

Bautista, F., Vargas, G., Castro, M. (2010). Impacto de la crisis financiera internacional en el sector textil peruano. Gestión en el Tercer Milenio, Vol. 13, N° 26, Lima.

Carrascal, I., Terán, C. y Manjares, J. (1998). Coeficiente de emisión total de sustancias diversas.

Castellanos, S. y Nuñez, F. (1999). Catálogo de productos: spirax sarco, Segunda Edición, "Información de Ingeniería", Colombia.



- Cobo, E. (2003). Plan de implantación de Producción más Limpia en la Empresa TextiQuim Cía. Ltda. Proyecto Previo a la Obtención del título de Especialista en Producción más Limpia, EPN, Quito, Ecuador.
- Colín, O. L. (2003). Deterioro ambiental vs. Desarrollo económico y social. Boletín IIE, 103-108.
- Collier, B. y Tortora, P. (2001). Understanding Textiles, 6ta. edición, editorial Kogler, New Jersey, Estados Unidos.
- Comisión Social Consultiva. (2004). Tecnologías limpias para la mejora de procesos y la minimización de residuos en el Uruguay. Uruguay: Universidad de la República.
- Consejería Medio Ambiente (2017). Tecnologías limpias aplicables al sector textil de la comunidad valenciana en convenio con el Centro de Tecnologías Limpias.
- Craig, A. (2004). Producción más limpia: Qué es y cómo promoverla, el medio ambiente.
- Del Río, G (2003) Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de Toledo Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).
- ESPS (2016). Especialista contra la prevención y salud laboral, regímenes laborales en las industrias de producción.
- FUNIBER (2020). Fundación Universitaria Iberoamericana en el Perú. Medio ambiente y ecología.

- Fuerte, B (2009). Estudio aplicaciones enzimáticas en la industria textil. Universidad Nacional de Ingeniería. Informe de suficiencia.
- García, O; Álvarez, S; Luque, R; Prado, C. (2006). Diseño de instalaciones para acondicionamiento de aguas mediante tecnologías limpias. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.
- Guía de Tecnologías Limpias (2017). Centro de tecnologías limpias (CTL) de Valencia, España.
- Hart, S., y Milstein, M. (2003). Creating Sustainable Value. Academy of Management Executive. Informe Anual de Responsabilidad Social: Empresas ICA S.A.B.
- Huerga, P. (2006). Desarrollo de alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales mediante el uso de tecnologías limpias dirigidas al reciclaje y/o valoración de contaminantes. Universidad de Valencia, España.
- ISO 14040 - Organización Internacional de Normalización. Análisis de Ciclo de Vida de un producto o servicio.
- La Roca, S y Ferrer, P (2008). La sustitución de sustancias tóxicas en el textil: la eco-etiqueta Oeko -Tex Standard 100” de la Universidad de Valencia, España.
- Mishel, F. (2009). Aplicación de producción más limpia en una industria textil Universidad de Quito.
- Molina, S (2011). Tipos de colorantes en el proceso de teñido. Solubles en la tina
- Moya, A (2014). Proceso de encogimiento-sanforizado de telas. Etapas.

Muñoz, A. y Yépez, M. (2005). Aplicación de Producción más Limpia en procesos. Orbea editora, Quito, Ecuador, pp. 9,10

Nesser, A (2019) Fabricación de hilos con algas marinas. Propuesta para industria textileras.

Naupay, A. (2005). Manual de Producción más Limpia para la Fabricación de Productos. Orbea editora, Quito, Ecuador.

Norma Española UNE-150-040-96

ONUDI-PNUMA. (2004) Manual de Auditoria y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales.

PNUMA (2002). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.

PROARCA/SIGMA (2005). Centro de Gestión Tecnológica. Manual de transferencia y adquisición de tecnologías ambientalmente amigables. Universidad Rafael Landívar (URL).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2012). Economía Verde en el contexto del desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza: Una perspectiva desde América Latina y el Caribe. Quito, Ecuador: PNUMA.



- Rodríguez, M. (2011). Aplicación de un programa de producción más limpia para proponer alternativas de tratamiento de efluentes en la industria textil Universidad Nacional del Altiplano.
- Rushton, K. (2002). Business Ethics. A Sustainable Approach. A European Review, 137-139.
- Sandoval, L (2006) Manual de Tecnologías Limpias en PyMEs del Sector Residuos Sólidos
- Sotomayor, A. & Power, G. (2019). Tecnologías limpias y medio ambiente en el sector industrial peruano. Casos prácticos. Universidad de Lima, Fondo Editorial.
- Uribe, P (2017). Diseño ecológico o ecodiseño, conceptos y factores medioambientales.
- Vallejo, J. (2020) Análisis de ciclo de vida de productos, etapas y diseño. España.
- Varela, R. (2010). Definición de producción más limpia. Revista Tecnología en Marcha, 16(2), pág. 3-12.
- Varanasi, K (2017). Materiales Funcionales Avanzados. Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).
- Zaruma, Proal, Chaires, Salas (2018), Los Colorantes Textiles Industriales y Tratamientos Óptimos de sus efluentes de Agua Residual: Una Breve Revisión. Ecuador.

ANEXOS

- ✓ Matriz de Consistencia



“SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS TÓXICOS POR PRODUCTOS QUÍMICOS SOSTENIBLES EN LOS PROCESOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE TECNOLOGÍAS LIMPIAS”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuáles son las tecnologías limpias para la sustitución de los productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>a) ¿Cuál es el análisis del ciclo de vida de los productos químicos tóxicos en los procesos de la industria textil?</p> <p>b) ¿Cuál es el análisis del ciclo de vida de los productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil?</p> <p>c) ¿Cuáles son las principales condiciones de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Aplicar las tecnologías limpias para la sustitución de los productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar el análisis del ciclo de vida de los productos químicos tóxicos en los procesos de la industria textil.</p> <p>b) Determinar el análisis del ciclo de vida de los productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil.</p> <p>c) Determinar las principales condiciones de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Las tecnologías limpias para la sustitución de los productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil son: uso de sustancias biodegradables, rediseños de las formulaciones de los procesos y la minimización de residuos con mejoras ambientales.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) El análisis de ciclo de vida de los productos químicos tóxicos en los procesos de la industria textil es mediante la identificación y cuantificación de las cargas contaminantes en las aguas residuales de los procesos con el DBO y DQO.</p> <p>b) El análisis de ciclo de vida de los productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil es mediante la cuantificación de las sustancias biodegradables en las aguas residuales de los procesos y su evaluación de impacto ambiental.</p> <p>c) Las principales condiciones de proceso de operación en los procesos de la industria textil para aplicar las tecnologías limpias son: relación de baño, concentración de los insumos, pH, T°.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Y: Sustitución de productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles</p> <p>Variable independiente</p> <p>X: Aplicación de tecnologías limpias</p>	<p>Productos químicos</p> <p>Parámetros fisicoquímicos</p> <p>Proceso textil</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación y concentración de los productos químicos. • Identificación y cuantificación de los productos químicos y los parámetros en las aguas residuales: T°, pH, DQO, DBO, SST • Condiciones de operación en los procesos : pretratamiento, descrudado, mercerizado, lavado, blanqueado, teñido y acabado 	<p>Análisis fisicoquímico</p> <p>Análisis fisicoquímico</p>

Anna Howard