



**DIAGNOSTICO DEL USO DE LOS RECURSOS NATURALES EN UN  
PROCESO DE PRODUCCIÓN: CASO ALGODÓN PURIFICADO**

**NUBIA ESPERANZA FAGUA PEDREROS  
MARISOL MÉNDEZ CAICEDO**

**Tutor Msc. Andrés López Astudillo**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI,  
2013**

**DIAGNOSTICO DEL USO DE LOS RECURSOS NATURALES EN UN  
PROCESO DE PRODUCCIÓN: CASO ALGODÓN PURIFICADO**

**NUBIA ESPERANZA FAGUA PEDREROS  
MARISOL MÉNDEZ CAICEDO**

**Trabajo de grado para optar el título de Maestría en Ingeniería Industrial con  
énfasis en Calidad y Medio Ambiente**

**Tutor Msc. Andrés López Astudillo**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2013**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Santiago de Cali, Junio de 2013**

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>13</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1    OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2    OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	17
<b>3. MARCO TEORICO</b> .....	<b>18</b>
3.1    ALGODÓN PURIFICADO.....	18
3.1.1    Aspectos Técnicos y Comerciales del Algodón Purificado.....	18
3.1.2    Materia Prima e Insumos .....	18
3.1.3    Producción del Algodón .....	20
3.2    PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML).....	21
3.2.1    Tendencias Internacionales que influyen en el sector productivo colombiano .....	21
3.2.2    Definición de Producción más Limpia .....	21
3.2.3    Antecedentes de la Producción más Limpia en Colombia .....	22
3.2.4    Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible.....	23
3.2.5    La Producción más Limpia como estrategia de Competitividad.....	26
3.3    HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA .....	26
3.3.1    Clasificación de las Herramientas de Producción más Limpia.....	27
3.3.2    Descripción de las Herramientas de Producción más Limpia .....	28

3.4	RECURSOS NATURALES.....	38
3.4.1	Recurso Hídrico.....	38
3.4.2	Energía.....	40
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
4.1	SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA 43	
4.2	RECONOCIMIENTO DEL PROCESO.....	43
4.3	ELABORACIÓN DE LA REVISIÓN INICIAL AMBIENTAL.....	44
4.3.1	Preparación.....	44
4.3.2	Recolección de Datos .....	45
4.4	ELABORACION DE ECOMAPAS .....	46
4.5	DIAGRAMA DE FLUJO DE SUSTANCIAS .....	47
4.6	CONSTRUCCION DE ECOBALANCE .....	47
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>50</b>
5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	50
5.1.1	Etapas del Proceso .....	50
5.1.2	Consumo de Recursos.....	55
5.2	REVISIÓN INICIAL AMBIENTAL (RIA) .....	58
5.3	ECOMAPAS .....	62
5.3.1	Ecomapa de Agua.....	62
5.3.2	Ecomapa de Energía.....	66
5.4	ECOBALANCE Y DIAGRAMA DE FLUJO DE SUSTANCIAS.....	70

<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
6.1 CONCLUSIONES DEL TRABAJO .....	74
6.2 CONCLUSIONES DEL PROCESO .....	74
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
7.1 RECOMENDACIONES PARA LA COMPAÑÍA W .....	76
7.2 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.....	77
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>78</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del algodón para su clasificación. ....	19
Tabla 2. Algunos Indicadores de la Política de Producción y Consumo Sostenible .....	25
Tabla 3. Información del Eje Estratégico: Generación de cultura de autogestión y autorregulación .....	25
Tabla 4. Criterios de Clasificación de las Herramientas de Producción más Limpia .....	27
Tabla 5. Pasos a seguir en una Revisión Inicial Ambiental.....	29
Tabla 6. Guía para la generación de ecomapas .....	32
Tabla 7. Datos Consumo de Servicios Públicos Total Compañía W para el año 2012.....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Secuencia de Operaciones para el Proceso de Fabricación de Algodón Purificado.....	20
Figura 2. Evolución de la Producción más Limpia en Colombia .....	23
Figura 3. Herramientas de Producción más Limpia dentro del contexto de Sistema de Gestión Ambiental.....	27
Figura 4. Estructura de un Ecobalance .....	35
Figura 5. Entradas y salidas de energía en un proceso.....	35
Figura 6. Pasos a seguir para el diagrama de flujo.....	36
Figura 7. Mapa Mundial que muestra la vulnerabilidad en cuanto a la disponibilidad de agua para el 2025.....	40
Figura 8. Esquema Metodológico en el Marco de la Mejora de la Compañía W ...	42
Figura 9. Modelo de simbología para elaboración de ecomapas.....	46
Figura 10. Metodología para el diagrama de flujo de sustancias.....	47
Figura 11. Ecobalance general del proceso de elaboración de algodón purificado. ....	47
Figura 12. Formato recolección de información Ecobalance .....	48
Figura 13. Diagrama de Flujo del proceso de elaboración de algodón purificado de la compañía W .....	50
Figura 14. Flujo del Proceso de Producción de Algodón en la planta.....	51



Figura 15. Algodón Crudo.....	52
Figura 16. Algodón Purificado antes del empaque .....	54
Figura 17. Consumo de agua potable en litros por kilo de algodón producido (Junio 2011 a Agosto 2012).....	56
Figura 18. Consumo de Energía Eléctrica en el Proceso de Producción de Algodón Purificado.....	57
Figura 19. Resultados de la RIA para cada recurso .....	59
Figura 20. Resultados RIA por temas .....	60
Figura 21. Nivel de cumplimiento para el recurso agua según enfoque .....	61
Figura 22. Nivel de cumplimiento para el recurso energía según enfoque .....	62
Figura 23. Ecomapa de agua para la línea de producción de algodón purificado .	65
Figura 24. Ecomapa de energía para la línea de producción de algodón purificado .....	69
Figura 25. Selección de etapa crítica del proceso de producción de algodón (uso del agua).....	70
Figura 26. Diagrama de flujo de sustancias de la etapa de blanqueo.....	71
Figura 27. Ecobalance de agua y materiales de proceso de Descrude y Blanqueo para 362 Kilos de Algodón.....	73

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Evolución Precio Nacional del Algodón 2000 – 2012 .....	80
Anexo B. Consumo de Agua Potable en la planta de la Compañía W. Enero 2011 – Junio 2012 .....	81
Anexo C. Consumo de Energía Eléctrica en la planta de la Compañía W. Enero 2011 - Junio 2012 .....	82
Anexo D. Consumo de Gas Natural en la planta de la Compañía W. Enero 2011 - Junio 2012 .....	83
Anexo E. Información Técnica de los Equipos del Proceso de Producción de Algodón Purificado.....	84
Anexo F. Revisión Inicial Ambiental del Proceso de Producción de Algodón Purificado en la Compañía W para los Recursos Agua y Energía.....	86
Anexo G. Características de las calderas usadas en el proceso de elaboración de algodón purificado.....	91
Anexo H. Protocolo Elaboración de la Revisión Inicial Ambiental.....	92
Anexo I. Protocolo Elaboración de Ecomapas .....	93
Anexo J. Protocolo Elaboración de Diagrama de Flujo de Sustancias .....	94
Anexo K. Protocolo Elaboración de Ecobalances .....	95

## GLOSARIO

**ALGODÓN CRUDO:** Materia prima utilizada para la producción de algodón purificado.

**ALGODÓN PURIFICADO:** Pelo de las semillas de variedades cultivadas de *Gossypium hirsutum*. Linné o de otras especies de *Gossypium* (Fam. Malvácea), libre de impurezas, desprovisto de materias grasas y blanqueado

**DESCRUDE:** Remoción química de los aceites naturales, las ceras, pectinas y otros materiales no celulósicos al algodón crudo

**INSUMOS:** Sustancias adicionadas dentro el proceso de producción de algodón purificado con el fin de realizar los procesos químicos, las cuales no hacen parte del producto final, ya que son removidas durante los enjuagues con agua potable.

## RESUMEN

Considerando la importancia del desarrollo económico pero a su vez la necesidad de un aprovechamiento sostenible de los recursos, con el presente trabajo se busca aplicar las herramientas de producción más limpia en un proceso productivo de la Compañía W<sup>1</sup>, con el fin de realizar un diagnóstico acerca del uso de los recursos y así poder contribuir en el avance de dicha compañía en la evolución de la dimensión ambiental, como parte de su desarrollo económico y también en el avance de la gestión ambiental del país.

Primero se realizó un reconocimiento del proceso y posteriormente se utilizaron las herramientas de producción más limpia: Revisión Inicial Ambiental, Ecomapas, Diagrama de Flujo de Sustancias y Ecobalances. Como resultado se identificaron las etapas críticas del proceso en lo relacionado con el uso de agua y energía; también se realizaron cuantificaciones para algunas operaciones unitarias.

Con los resultados de esta aplicación se generaron recomendaciones que podrán contribuir con la mejora en el uso eficiente del agua y la energía. Igualmente este diagnóstico puede servir de base para futuros estudios donde se apliquen las herramientas de producción más limpia orientadas a la mejora de los procesos o productos.

---

<sup>1</sup> Se nombra Compañía W para mantener su confidencialidad.

## INTRODUCCION

“Se proyecta que la población mundial alcanzará alrededor de 8 mil millones de habitantes en el año 2025 y 9.3 mil millones para el año 2050. Este aumento en la población, combinado con mejores estándares de vida, particularmente en los países en vías de desarrollo, supondrá una enorme tensión sobre la distribución de la tierra, el agua, la energía y otros recursos naturales”<sup>2</sup>. Esta situación tiene implicaciones económicas de las cuales el sector productivo no está exento, por el contrario está estrechamente relacionado.

Si los recursos naturales no son infinitos, pero necesitamos de ellos para lograr un desarrollo económico, se debe crear una duradera y beneficiosa relación entre el sector empresarial y el medio ambiente, y así combinar un mejor desempeño ambiental con una mayor rentabilidad.

Este trabajo busca aplicar las herramientas de Producción más Limpia, para que la compañía W (la cual se nombra de esta manera para mantener la confidencialidad) tenga el diagnóstico en su proceso de producción de algodón purificado, el cual corresponde al 20% de sus ventas; en lo relacionado con el uso de los recursos de agua y energía y así poder contribuir en el avance de dicha compañía en la evolución de la dimensión ambiental como parte de su desarrollo económico y también en el avance de la gestión ambiental del país.

Dentro del alcance no se consideró el análisis de la materia prima dado que esta tiene una connotación positiva en términos de gestión ambiental ya que proviene de un subproducto de la industria textil.

Primero se realizó un reconocimiento del proceso y posteriormente se utilizaron las herramientas de producción más limpia: Revisión Inicial Ambiental, Ecomapas, Diagrama de Flujo de Sustancias y Ecobalances. Como resultado se identificaron las etapas críticas del proceso en lo relacionado con el uso de agua y energía; también se realizaron cuantificaciones para algunas operaciones unitarias.

Con los resultados de esta aplicación se generaron recomendaciones que podrán contribuir con la mejora en el uso eficiente del agua y la energía. Igualmente este diagnóstico puede servir de base para futuros estudios donde se apliquen las herramientas de producción más limpia orientadas a la mejora de los procesos o productos.

---

<sup>2</sup> PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [En línea]: Eficiencia de Recursos, Programas y Proyectos, Consumo y producción sostenibles. Ciudad de Panamá: PNUMA, 2009 [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.pnuma.org/eficienciarecursos/Consumo%20Sostenible.php>

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Compañía W produce y comercializa productos de consumo masivo para el cuidado personal en el mercado nacional, cuenta con una planta de producción ubicada en una de las zonas industriales del Valle del Cauca. En el marco de sus elementos estratégicos la compañía ha establecido lograr un crecimiento rentable sostenido, para lo cual permanentemente está en la búsqueda de oportunidades para la utilización racional de los recursos de la empresa, además ha comenzado a implementar un sistema de gestión ambiental como parte de su competitividad y sostenibilidad.

Un producto en el cual la compañía es uno de los líderes del mercado es el Algodón Purificado, el cual es consumido en hogares y a nivel institucional como en clínicas y hospitales por sus propiedades absorbentes, es utilizado en aplicaciones que involucren contacto con la piel: para la limpieza, aplicación de cosméticos y medicamentos, como absorbente quirúrgico, entre otras. Comercialmente dentro del consumo masivo pertenece a la categoría de productos de cuidado personal y también está muy relacionado con la categoría de productos farmacéuticos.

Se producen en promedio 48 toneladas mensuales de algodón purificado, sus ventas corresponden al 20% del total de ventas de la compañía. Desde el año 2011 es el producto con el mayor costo de producción de la planta, debido a situaciones como el incremento en el precio del algodón crudo (Anexo A) que corresponde a la materia prima, demoras en la producción ocasionada por la no disponibilidad del volumen de agua potable requerida a causa de la disminución en el caudal por parte de la empresa prestadora del servicio; entre otras situaciones que afectan el costo. Lo anterior ha determinado que la Compañía W se focalice en este producto para la búsqueda de oportunidades de reducción de costos y la optimización de recursos entre ellos agua y energía, que representan el 3% y 7% del costo respectivamente.

Respecto al agua empleada en los procesos productivos de la planta de la compañía W, es obtenida de la red de acueducto, el consumo promedio es de 6.5 mil metros cúbicos (Anexo B) con un costo promedio mensual de \$ 22 millones de pesos, se tiene definido con anterioridad que el 70% se utiliza para la fabricación del algodón purificado. Además de los costos otro factor importante a considerar es el riesgo de desabastecimiento como se nombró anteriormente, teniendo en cuenta que “en los últimos años se ha hecho evidente que la disponibilidad del recurso hídrico en nuestro país es cada vez menor.... Aunque el mayor uso de agua es para la actividad agropecuaria los aspectos más críticos de disponibilidad

tienen relación con el abastecimiento de agua potable para población, para los procesos industriales y para la generación de energía eléctrica”<sup>3</sup>.

El agua no hace parte de la composición del producto final, se utiliza con la ayuda de insumos químicos para blanquear el algodón, para producción de vapor, para enfriamiento y para limpieza y actualmente solo una parte de este volumen recircula y la demás se desecha, razón por lo cual la compañía considera que existe una oportunidad para hacer más eficiente el proceso y a su vez contribuir con la conservación del recurso hídrico. Para determinar los costos se tiene por histórico que el 70% del consumo total del agua de toda la planta corresponde al algodón, sin embargo este valor no se ha reevaluado al menos en los últimos cinco años, por lo tanto no se sabe con exactitud cuanto agua se consume en el proceso de algodón.

El proceso de producción de algodón purificado requiere energía eléctrica, la cual es suministrada por el principal comercializador de energía de la ciudad y proviene de una central hidroeléctrica. El consumo promedio mensual de energía eléctrica de toda la planta para el 2011 y primer semestre del 2012 ha sido de 460 MW (Anexo C), el costo promedio mensual para el 2012 es de \$ 121 millones de pesos, se tiene definido con anterioridad que el 26% se utiliza para la fabricación del algodón purificado, pero esta asignación al igual que con el agua potable no ha sido reevaluada al menos en los últimos cinco años por lo tanto no se conoce con exactitud cuánto es el consumo de energía eléctrica para este proceso, además la compañía no tiene más datos acerca de este recurso que permita definir proyectos para la disminución de este recurso

Para los procesos productivos también se requiere gas natural cuyo consumo promedio mensual en toda la planta para el 2011 y el primer semestre del 2012 ha sido de 47 mil metros cúbicos (Anexo D), el costo promedio mensual para el 2012 es de \$ 40 millones, se tiene definido que del total que consume la compañía el 40% corresponde al proceso de producción de algodón purificado; este porcentaje de asignación al igual que para el agua y la energía no ha sido revisado en los últimos 5 años.

Lo anterior evidencia que la compañía W no tiene claridad respecto al uso de sus recursos que le permitan definir opciones para su optimización y la disminución de los costos. Teniendo en cuenta que la esencia de la Producción más Limpia es la búsqueda del uso eficiente de energía, agua e insumos, así como el aprovechamiento de residuos integrando al mismo tiempo beneficios económicos, ambientales y sociales (VAN HOOFF 2008), se propone aplicar herramientas de Producción más Limpia en el proceso de producción del algodón purificado de la

---

<sup>3</sup> COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. p.23 y p.51.

Compañía W con el fin de realizar un diagnóstico acerca del uso de los recursos agua y energía.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un diagnóstico que permita establecer el estado de uso de los recursos naturales agua y energía del proceso de producción de algodón purificado en la compañía W mediante la aplicación de herramientas de producción más limpia con el fin de definir una línea base para futuros proyectos de reducción de costos a través de la eficiencia en el uso de dichos recursos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1) Aplicar las herramientas de producción más limpia que nos permitan visualizar la situación actual en la que se encuentra el proceso en cuanto al uso de los recursos agua y energía.
- 2) Identificar y cuantificar las partes del proceso de producción de algodón purificado que son susceptibles de mejora.
- 3) Formular recomendaciones compatibles con el proceso que contribuyan con la mejora en el uso eficiente del agua y energía en la Compañía W.

### 3. MARCO TEORICO

Dentro del marco teórico se describen algunos aspectos relacionados con el algodón purificado, así como los conceptos de Producción Más Limpia, sus herramientas para aplicación y finalmente algunos conceptos de los recursos a analizar: el recurso hídrico y energía

#### 3.1 ALGODÓN PURIFICADO

##### 3.1.1 Aspectos Técnicos y Comerciales del Algodón Purificado

El algodón purificado se encuentra en el mercado en presentaciones de rollos, pomos ó bolas y aplicadores y por sus características es utilizado en aplicaciones que involucren contacto con la piel: para la limpieza, aplicación de cosméticos y medicamentos, como absorbente quirúrgico, entre otras. Comercialmente dentro del consumo masivo pertenece a la categoría de productos de cuidado personal y también está muy relacionado con la categoría de productos farmacéuticos.

El algodón purificado corresponde a “Pelo de las semillas de variedades cultivadas de *Gossypium hirsutum*. Linné o de otras especies de *Gossypium* (Fam. Malvácea), libre de impurezas, desprovisto de materias grasas y blanqueado”<sup>4</sup>. También se conoce como algodón absorbente y algodón hidrófilo.

##### 3.1.2 Materia Prima e Insumos

La materia prima para el proceso de producción de algodón purificado corresponde a algodón crudo, el cual recibirá tratamientos químicos mediante la aplicación de insumos y procesos físicos con el fin de obtener la absorbencia, blancura y pureza deseada. A continuación se describe como se obtiene la materia prima (según Cotton Incorporated 2012) y como se realiza su clasificación.

##### 3.1.2.1 Siembra y cosecha del algodón:

La planta del algodón es un arbusto leñoso que se cosecha anualmente. Como las plantas se siembran en ambientes diferentes, el agricultor de algodón tiene gran variedad de semillas de algodón de donde elegir y que se cultivan para ser productivas en distintas condiciones ambientales y culturales. Después de su floración, las fibras de algodón se desarrollan en la cápsula para posteriormente

---

<sup>4</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica Colombiana. Industria Farmacéutica y de Cosméticos. Algodón Purificado para Uso Medicinal. Bogotá: ICONTEC, 1986, 5 p. (NTC 2209)

ser retiradas en la cosecha, esta fibra también contiene semillas de algodón y se le conoce como algodón bruto.

### 3.1.2.2 Despepitado

Se realiza a partir del algodón bruto y es el proceso mecánico para secar, limpiar (quitando partes de las planta y basura de los campos), separar las fibras de algodón de la semilla y se comprime en pacas para su comercialización. A la fibra que se obtiene en esta etapa se le conoce como algodón crudo.

### 3.1.2.3 Algodón Crudo

Contiene fibras de algodón y partes pequeñas de plantas y basura de los campos que no son removidas por el proceso de despepitado. En esta etapa, la fibra de algodón tiene un revestimiento de aceites y ceras que lo hacen hidrofóbico.

De todos los productos textiles, la fibra de algodón tiene la mayor demanda y el mercado de prendas de vestir es el que consume la mayor parte de la fibra producida, para la producción de algodón purificado y otros productos absorbentes se pueden fabricar de manera satisfactoria de un derivado de las fibras de algodón proveniente del desperdicio de las peinadoras utilizadas en la industria textil, las cuales tienen una longitud de fibra menor.

### 3.1.2.4 Clasificación del algodón

La clasificación del algodón es el proceso de describir la calidad del algodón en cuanto a su resistencia, longitud de fibra y micronaire. La clasificación es esencial para los sistemas de fijación de precios del algodón. Las tres de las propiedades más importantes para la clasificación del algodón se encuentran en la tabla 1:

Tabla 1. Propiedades del algodón para su clasificación.

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
<b>Micronaire</b>	Mide la finura de algodón, está asociado con el grado de engrosamiento y calidad de las capas de celulosa depositadas en la fibra. El valor Micronaire oscila entre 3 y 5, los valores bajos indican mayor finura.
<b>Longitud de fibra</b>	Se refiere a la longitud promedio de una porción típica de fibras de una muestra de algodón. La longitud de la fibra es fundamental para determinar el tipo de hilado, las fibras largas se utilizan para la fabricación de hilos delgados y las fibras cortas para la fabricación de hilos gruesos cardados  [Para la fabricación de algodón purificado se utiliza materia prima de fibra corta, la cual proviene de un subproducto de la fabricación de

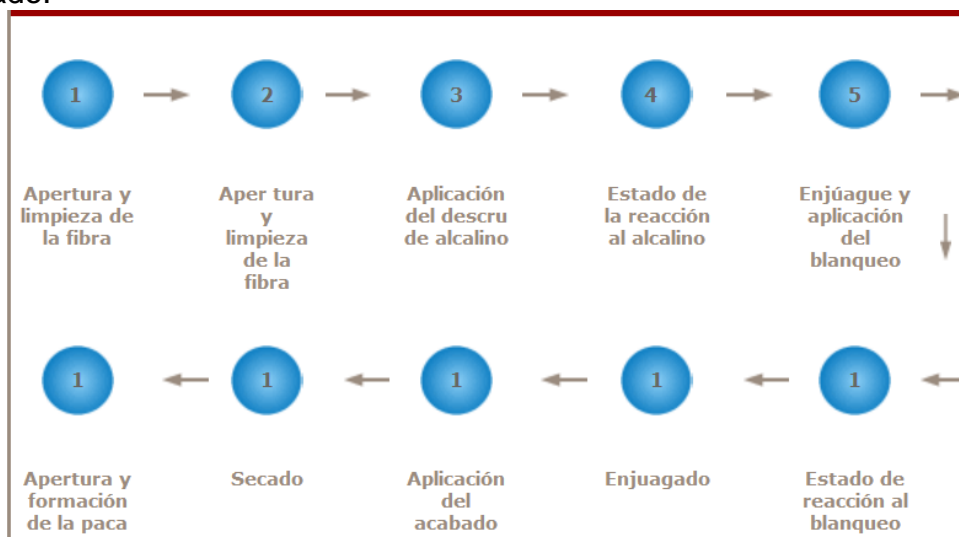
	hilos gruesos cardados]
<b>Resistencia</b>	Esta característica está relacionada con la longitud de la fibra. El algodón con alta resistencia soportará mejor las tensiones a que es sometido durante el proceso de hilado, lo que disminuirá los revientes.

Fuente: Corporación Distribuidora de Algodón Nacional DIAGONAL. [En línea]: Clasificación del Algodón. Medellín: DIAGONAL, 2009. [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.diagonal-colombia.com>.

### 3.1.3 Producción del Algodón

El algodón crudo es la materia requerida para la producción de algodón purificado. La mayor parte de la fibra de algodón blanqueada que se produce en los Estados Unidos de manera general sigue la secuencia definida en la figura 1, se procesa en autoclaves diseñadas para manejar varios cientos de libras de fibra al mismo tiempo, bajo alta presión y temperatura. Antes de blanquearse, el algodón se abre y generalmente es limpiado para remover el contenido de contaminantes (partículas de basura y polvo y contaminantes de la planta). El contenido remanente de contaminantes debe consistir de muy pequeñas partículas fáciles de blanquear. Después del blanqueo, las fibras húmedas pasan por una operación para extraer la humedad y la resultante masa húmeda se deposita en una banda con púas para su apertura y posterior secado. La fibra seca pasa a través de algún tipo de equipo de apertura en ruta para la prensa de la paca.

Figura 1. Secuencia de Operaciones para el Proceso de Fabricación de Algodón Purificado.



Fuente: Cotton Incorporated [En línea]: Recursos Técnicos de los productos No Tejidos de Algodón. Cotton Incorporated, 2012. [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://es.cottoninc.com/Cotton-Nonwoven-Technical-Guide-es/>

## **3.2 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)**

### **3.2.1 Tendencias Internacionales que influyen en el sector productivo colombiano**

De acuerdo a Van Hoof en el artículo *La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia*<sup>5</sup>:

Sobresalen los tratados de libre comercio, que incorporan el tema ambiental como parte de los acuerdos Estados Unidos y la Unión Europea, los cuales no sólo traen nuevas obligaciones en materia de cumplimiento, información, participación, sino inquietantes posibilidades de asociar medidas comerciales con incumplimientos ambientales.

Los Acuerdos Ambientales Multilaterales incluyen una variedad de iniciativas impulsadas por las Naciones Unidas, en donde se incluyen productos de los cuales se han suscrito decenas de acuerdos que Colombia tarde o temprano termina ratificando y convirtiendo en ley nacional. De una manera u otra la suscripción de estos acuerdos trae obligaciones concretas para el país y las empresas, incluyendo una creciente supervisión de organismos internacionales.

Otras iniciativas de Naciones Unidas impulsan nuevas tendencias como el Pacto Mundial, los objetivos de desarrollo del Milenio, la producción más limpia o el consumo sostenible, sólo para citar algunas que influyen en la agenda empresarial.

### **3.2.2 Definición de Producción más Limpia**

De acuerdo con la UNEP<sup>6</sup>, la Producción más Limpia es una aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios para reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y el medio ambiente.

El concepto de la Producción más Limpia es diferente al concepto de “fin de tubo”. Este último incluye el uso de una variedad de tecnologías y productos para el tratamiento de los desechos sólidos, los vertimientos líquidos, las emisiones gaseosas y, en general, todo tipo de contaminación una vez producida. Estas

---

<sup>5</sup> Tomado de la Revista de Ingeniería No. 26 [En línea]: La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. Bogotá: Universidad de los Andes, Noviembre de 2007. [Consultado el 22 de octubre de 2012]. Disponible en internet:

<https://revistaing.uniandes.edu.co/index.php?idr=28&ids=42&ida=374>

<sup>6</sup> UNEP: United Nations for Environmental Protection (PNUMA en español)

tecnologías no reducen la contaminación, sino que disminuyen su toxicidad trasladándola de un medio a otro. La PML, por el contrario es una estrategia que busca prevenir la generación de la contaminación en la fuente, en vez de controlarla al final del proceso. (VAN HOOFF 2008)

De acuerdo a la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)<sup>7</sup>, *la Producción y Consumo Sostenible* corresponde al “sistema integrado de producción y consumo, donde las tendencias están interrelacionadas y se afectan mutuamente. Cualquier cambio en la producción, impacta en el consumo y viceversa. En la medida en que la empresa logra disminuir el impacto ambiental de su proceso de producción, automáticamente el producto o servicio que ofrece en el mercado es más sostenible. Por otro lado, las fuerzas de demanda pueden incentivar la producción más limpia”

### **3.2.3 Antecedentes de la Producción más Limpia en Colombia**

De acuerdo a Van Hoof en el artículo *La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia*:

A nivel nacional se ha venido trabajando con este enfoque ambiental aproximadamente desde 1991 con la aprobación de la nueva Constitución Nacional que para ese entonces traía nuevos derechos y mecanismos judiciales para la protección ambiental, que acompañado de la expedición de la Agenda 21 se da inicio al compromiso por parte de los diferentes entes gubernamentales que crearían diversos planes de acción a fin de reducir los impactos ambientales generados por los procesos de producción y diferentes actividades humanas, este evento trajo consigo el aumento de recursos para la financiación de proyectos y asistencia técnica a nivel ambiental.

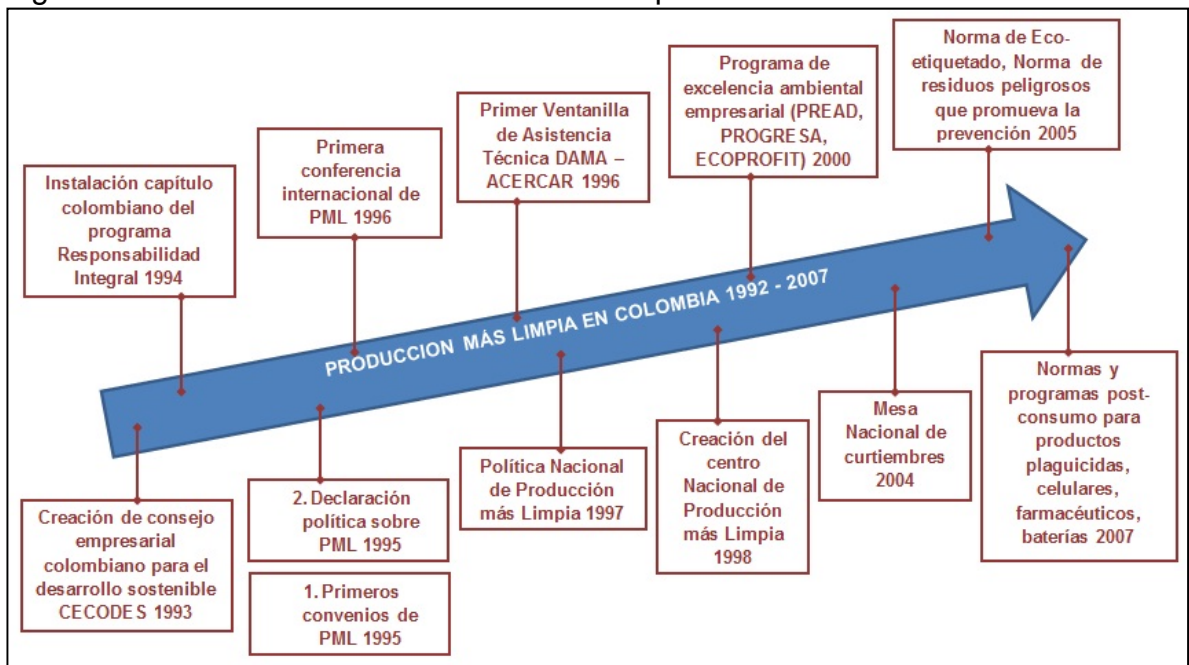
Entre 1997 y el 2005 además de la aparición de la Política Nacional de Producción más Limpia se destaca la creación del Centro Nacional de Producción más Limpia y con él los nuevos espacios institucionales que promueven dicho enfoque ambiental como beneficio tanto industrial como ambiental, siendo así el inicio que abrió las puertas a lo que hoy en día vemos como iniciativas que han ido motivando a los diferentes sectores productivos con la llegada de centros especializados, convenios, programas regionales, nacionales, líneas de financiación, entre otros.

---

<sup>7</sup> COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010

En la figura 2 se detallan momentos importantes de la producción más limpia en Colombia que hacen que día a día las empresas se sientan motivadas a seguir este modelo, la creación de políticas, entidades y espacios que resaltan su importancia a nivel industrial es un gran paso para continuar en este camino hacia la búsqueda de la productividad con énfasis en el beneficio ambiental. Aunque aún es un tema en el que se debe explorar estas oportunidades de intercambio de experiencias contribuyen a que pequeñas, medianas y grandes empresas tengan una mejor visión frente al tema.

Figura 2. Evolución de la Producción más Limpia en Colombia



Fuente: Revista de Ingeniería No. 26 [En línea]: La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. Bogotá: Universidad de los Andes, Noviembre de 2007. [Consultado el 22 de octubre de 2012]. Disponible en internet:

<https://revistaing.uniandes.edu.co/index.php?idr=28&ids=42&ida=374>

### 3.2.4 Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible

Corresponde a una política formulada en el año 2010 por el MAVDT (Ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente), a continuación se reproducen algunos puntos relevantes de esta política de interés al sector de manufactura:

En este documento se actualizan e integran la Política Nacional de Producción más limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategia del Estado

Colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y transformación productiva a la competitividad empresarial.

A su vez, la Política de Producción y Consumo Sostenible responde a los compromisos adquiridos de manera voluntaria por el país en el marco del Proceso de Marrakech el cual es impulsado por la Organización de Naciones Unidas -ONU, para dar cumplimiento al capítulo III del Plan de Implementación de la Cumbre Mundial de Johannesburgo (2002). Este mismo proceso reafirma y busca avanzar más allá de la Agenda 21, que dio inicio a un proceso internacional orientado al estímulo de una producción más limpia, a partir de la Cumbre de la Tierra, organizada por la misma ONU en el año de 1992.

Hoy en día, la producción más limpia y el consumo sostenible aún son estrategias empleadas de manera independiente por los sectores público y privado para afrontar los retos ambientales. Los desarrollos relacionados con la globalización y la integración de la variable ambiental, como un elemento central de la política pública y la competitividad, hacen evidente la importancia de integrar estos conceptos y de esta manera, orientar la gestión hacia el enfoque preventivo, el aprovechamiento sostenible de los recursos y la consideración de variables de sostenibilidad en el diseño y desarrollo de proyectos de infraestructura, para así asegurar un manejo responsable y sostenible ante los crecientes y variados requerimientos de los mercados.

Por ende, con la Política de Producción y Consumo Sostenible se busca avanzar sobre los logros alcanzados y actualizar las prioridades, conceptos y estrategias de implementación, para ponerse a la par con las tendencias internacionales.

Algunas definiciones estratégicas de esta política son:

- Objetivo General: Orientar el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población.
- Sectores Prioritarios para enfatizar la política:
  - Sector público
  - Sector de la construcción.
  - Sector manufacturero (envases y empaques, alimentos, productos químicos, metalurgia). (i) Con perspectivas de optimizar en sus procesos productivos el uso eficiente de energía, agua y materias primas. (ii) Con potencial para la reducción y el aprovechamiento de los residuos. (iii) Con potencial de reducir su huella de carbono.
  - Sector agroindustrial
  - Sector turismo.
  - Sector de alimentos ecológicos.



- Sector de productos y servicios provenientes de la biodiversidad.
  - Pymes proveedoras de grandes empresas.
- Las metas generales de la política están definidas al 2014 y 2019, algunas de estas metas de interés al sector empresarial se encuentran relacionadas en la tabla 2.

Tabla 2. Algunos Indicadores de la Política de Producción y Consumo Sostenible

Indicador	Meta 2014	Meta 2019
Intensidad energética (Consumo nacional de energía total / PIB)	Reducción 3%	Reducción 10%
Consumo de agua total / PIB	Reducción 3%	Reducción 10%
Número de empresas con indicadores sociales y ambientales reportados en sistemas e índices verificables y reconocidos internacionalmente	Aumento 10%	Aumento 40%

Fuente: Tomado de COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010

- Estrategias y líneas de acción: Conforman el marco para los diferentes actores públicos, privados, académicos y de la sociedad civil, involucrados en alcanzar los cambios de los patrones de producción y consumo hacia la sostenibilidad. Se definen ocho ejes estratégicos interconectados, uno de los cuales se relaciona con el sector empresarial, y corresponde a la “Generación de cultura de autogestión y autorregulación”, en la tabla 3 se definen algunos aspectos relacionados con este eje estratégico.

Tabla 3. Información del Eje Estratégico: Generación de cultura de autogestión y autorregulación

Objetivo	Promover una cultura de autogestión y autorregulación mediante la generación y divulgación de información pública en producción y consumo sostenible para la participación ciudadana
Las acciones instrumentales que desarrollan este eje estratégico	<ul style="list-style-type: none"> <li>(i) Implementar un programa nacional de autorregulación empresarial, con base en la información pública sobre el desempeño ambiental que impulsa la autogestión.</li> <li>(ii) Promover la publicación de informes de sostenibilidad según los criterios de la Iniciativa Global de Reportes (GRI).</li> <li>(iii) Implementar una plataforma de divulgación pública de información (observatorio ambiental) sobre productos, servicios y negocios sostenibles.</li> <li>(iv) Articular la ventanilla integral de trámites ambientales en línea para el trámite, evaluación y seguimiento ambiental</li> </ul>

	<p>legal.</p> <p>(v) Divulgar prácticas preventivas rentables entre empresas.</p> <p>(vi) Fortalecer redes empresariales que se creen alrededor de la sostenibilidad ambiental.</p>
Sectores prioritarios para enfocar dichas acciones instrumentales	Empresas medianas y grandes de los sectores de alimentos, construcción, manufactura (envases y empaques, sector químico, alimentos y, metalúrgico) y agroindustria.

Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.

### 3.2.5 La Producción más Limpia como estrategia de Competitividad

La Producción más Limpia es una estrategia empresarial orientada hacia procesos productivos, productos y servicios, para fortalecer la competitividad empresarial mediante innovaciones tecnológicas, reducción de costos, y disminución de riesgos en aspectos de seguridad, salud humana y medio ambiente. La esencia de esta estrategia es el carácter preventivo de sus proyectos, los cuales buscan el uso eficiente de energía, agua e insumos, así como el aprovechamiento de residuos, integrando al mismo tiempo beneficios económicos, ambientales y sociales (VAN HOOFF 2008).

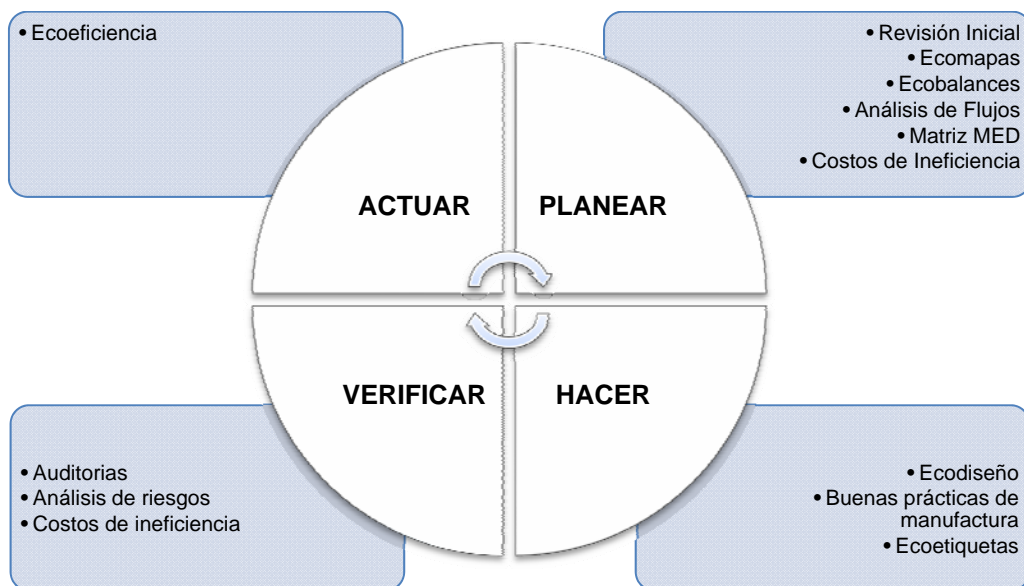
De acuerdo a la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible: “El principio central de la estrategia de producción más limpia considera que la contaminación constituye un indicador de ineficiencias en la producción. En la medida en que estas ineficiencias son evitadas a través de la instrumentación de alternativas preventivas, los sectores mejoran su desempeño ambiental y al hacerlo, obtienen beneficios económicos”

### 3.3 HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Las herramientas de Producción más Limpia son herramientas que permiten definir el estado ambiental y económico de un producto o proceso, ya sea administrativo o productivo, y con base en su aplicación establecer los objetivos de las alternativas preventivas a implementar. Se utilizan herramientas de manera complementaria y algunas forman parte de otras.

Las herramientas más utilizadas para la aplicación de la Producción más Limpia se relacionan con las etapas de la metodología conocida como Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA), la cual es la base para el Modelo de Sistema de Gestión Ambiental de la ISO 14001, en la Figura 3 se observa esta relación.

Figura 3. Herramientas de Producción más Limpia dentro del contexto de Sistema de Gestión Ambiental



Fuente: Concepto tomado de la figura 5.1 de VAN HOOFF 2008

### 3.3.1 Clasificación de las Herramientas de Producción más Limpia

Según las herramientas de Producción más Limpia se pueden clasificar dependiendo del propósito de su aplicación, en la tabla 4 se describen los grupos con el fin de conocer más a fondo como y bajo qué condiciones se puede utilizar cada una de las herramientas, en algunos casos una misma herramienta puede ser clasificada en distintas subdivisiones (VAN HOOFF 2008).

Tabla 4. Criterios de Clasificación de las Herramientas de Producción más Limpia

Clasificación según ....	Subdivisión: Herramientas	Objetivo	Ejemplo
su función	de diagnóstico	Identificar y cuantificar las partes del proceso o del ciclo de vida del producto que afectan al medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión Ambiental (RIA) Inicial</li> <li>Ecomapas</li> <li>Ecobalances</li> <li>Análisis de flujo de sustancias</li> </ul>
	de planeación	Especificar procedimientos y rutinas para el desarrollo de estrategias empresariales	<ul style="list-style-type: none"> <li>RIA</li> <li>Ecomapas</li> </ul>

Clasificación según ....	Subdivisión: Herramientas	Objetivo	Ejemplo
		y sirven como base para la planeación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecobalances</li> <li>• Análisis de Flujos</li> <li>• Matriz MED – ACV</li> </ul>
	de priorización	Proporcionar una estructura para la evaluación y priorización de problemas ambientales y/u opciones de mejora que contribuyen de manera significativa a la planeación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de ineficiencia</li> </ul>
	de mejora	Determinar opciones de mejora de productos, procesos y ciclos de vida de productos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecodiseño</li> <li>• Benchmarking</li> </ul>
el tema de análisis	enfocadas hacia el entorno	Analizar el efecto de una actividad sobre su entorno, diferenciándose de otras porque el análisis se centra en el impacto de la empresa y no en su desempeño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de riesgos</li> </ul>
	enfocadas en la entidad como un todo	Analizar la totalidad de la empresa, desarrollando información general sobre su desempeño ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RIA</li> <li>• Ecomapas</li> </ul>
	enfocadas a la cadena de producción	Estudiar un producto durante alguna parte o totalidad de la cadena de producción (desde la producción de materias primas hasta la disposición final del producto ya utilizado).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de flujo</li> <li>• Análisis de ciclo de vida</li> </ul>
	enfocadas en el proceso	Analizar las unidades físicas de producción, cuantificando los impactos ambientales que generan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecobalances</li> <li>• Análisis de flujo de sustancias</li> <li>• Diagramas de procesos</li> </ul>
	enfocadas en el producto	Identificar las entradas y salidas tanto de materiales como de energía, en una unidad funcional de un producto en uso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de ciclo de vida</li> <li>• Ecodiseño</li> </ul>
el tipo de resultados	cuantitativas	Cuantificar los impactos de un producto o proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RIA</li> <li>• Ecobalances</li> </ul>
	cualitativas	Identificar los impactos pero no cuantificarlos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RIA</li> <li>• Ecomapa</li> <li>• Análisis de flujo de sustancias</li> </ul>

Fuente: VAN HOOFF, Bart; MONROY, Nestor y SAER, Alex. Producción más Limpia: Paradigma de gestión ambiental. Bogotá: Alfaomega Colombiana, Universidad de los Andes. Facultad de Administración, 2008

### 3.3.2 Descripción de las Herramientas de Producción más Limpia

A continuación se detallan las diferentes herramientas que pueden aplicarse para un diagnóstico:

### 3.3.2.1 Revisión Inicial Ambiental (RIA)

La Revisión Inicial Ambiental (RIA) es la actividad en la que se identifican los aspectos, los requisitos legales aplicables y otros que la organización suscriba, así como sus prácticas de gestión relacionadas, a fin de consolidar una base para implementar o mejorar un sistema de gestión ambiental <sup>8</sup>

Esta herramienta proporciona una “fotografía” del desempeño ambiental de una empresa en un momento determinado. La función del RIA es la esquematización de los posibles problemas ambientales que pueden afectar el sistema productivo de una industria determinada (VAN HOOFF 2008). Los pasos a seguir para realizar una RIA se encuentran descritos en la tabla 5.

Tabla 5. Pasos a seguir en una Revisión Inicial Ambiental

<b>1. PREPARACIÓN</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Construir un equipo de trabajo</li><li>2) Definir el alcance</li><li>3) Definir los requisitos legales y regulatorios</li><li>4) Definir como recoger los datos</li><li>5) Definir los tiempos</li><li>6) Desarrollar cuestionarios y listas de chequeo</li></ol>
<b>2. RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Reunión informativa con los involucrados</li><li>2) Revisión visual</li><li>3) Revisión cualitativa y cuantitativa</li></ol>
<b>3. ANÁLISIS DE DATOS</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Identificar aspectos e impactos</li><li>2) Identificar los aspectos e impactos que pueden ser controlados e influenciados</li><li>3) Evaluar la significancia de los impactos</li></ol>
<b>4. INFORME DE RESULTADOS</b>	Resumir las principales conclusiones y la información más importante, así como los puntos fuertes y débiles del proceso.

Fuente: Metodología tomada de Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) [En línea]: EMAS Toolkit for small organizations. Paris: European Commission. Septiembre 2012. [Consultado 03 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://ec.europa.eu/environment/emas/toolkit/>

De acuerdo al alcance, objetivo, tipo de empresa tipo de procesos, en la lista de chequeo de la Revisión Inicial Ambiental se puede considerar los siguientes componentes:

- Instalaciones y equipos

<sup>8</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Guía Técnica Colombiana. Guía Para La Ejecución De La Revisión Ambiental Inicial (RAI) y del Analisis de Diferencias (Gap Analysis), como Parte de la Implementación y Mejora de un Sistema de Gestión Ambiental.. Bogotá: ICONTEC, 2007, 23 p. (GTC 93)

- Impactos ambientales sobre: agua, suelos, emisiones a la atmósfera, ruido, vibraciones, energía, residuos
- Materiales: materias primas, productos intermedios, costos
- Productos: diseño, embalaje, uso, disposición y costos
- Logística: impacto y costos

### 3.3.2.2 Ecomapas<sup>9</sup>

Es una herramienta sencilla y de fácil aplicación que permite hacer un inventario rápido de prácticas y problemas de múltiples variables mediante el uso de figuras. En la realización de los ecomapas se deben utilizar símbolos con un significado claro que sirvan para diferenciar las diversas situaciones para la planta. En los ecomapas se identifican las entradas y salidas, los peligros potenciales, y si existe un problema de particular interés se elabora un mapa específico para este problema, de esta manera pueden existir diferente tipos de ecomapas, dependiendo por ejemplo del recurso estudiado; entre los principales se encuentran:

- Ecomapa urbano  
Este mapa sitúa el contexto urbano o rural de la empresa o actividad productiva:
  - ¿Cuáles son las áreas de interacción entre su sitio y los vecinos?
  - ¿Cuál es el uso autorizado del suelo (es decir, comercial, industrial)?
  - ¿Qué tráfico generado por sus actividades (carro, tren, camión, avión)?
  - ¿Cuál es la situación de su empresa en el vecindario?
  - ¿Existen ríos cerca?
  - ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado?
- Ecomapa de agua  
En este mapa se investiga lo relacionado al agua, especialmente sobre los puntos de consumo y descarga.
  - ¿Dónde hay un alto nivel de consumo de agua?
  - ¿Dónde están los productos tóxicos vertidos en el alcantarillado?

---

<sup>9</sup>Ecomapping [En línea]: Our Tools & Methods. Bruselas: Ecomapping© Heinz Werner Engel, 2002 [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.ecomapping.com/en/tools-methodes/ecomapping.html>

- Posibilidad de sustitución de productos
  - Posibles accidentes
  - El desperdicio y los malos hábitos
  - Áreas de ahorro de costes
  - Identificar la relación entre aguas domésticas, proceso y agua de refrigeración.
- Ecomapa de residuos  
Mediante este ecomapa se busca mostrar cual es el manejo de los materiales y donde existen residuos para así identificar alternativas de prevención y minimización de residuos. En el deben representarse las áreas de almacenamiento y disposición, la dirección de los flujos, los tipos de residuos y la cantidad de residuos generados.
    - ¿Cuál es el nivel de reciclaje?
    - ¿Qué medidas preventivas se han tomado?
    - ¿Los proveedores están obligados a recoger los materiales?
- Ecomapa de energía  
En este mapa se identifican los puntos de consumo de energía y el impacto que tiene.
    - ¿Dónde están las áreas de desperdicio?
    - Cumplimiento de las instalaciones eléctricas
    - ¿Dónde se producen las pérdidas de calor?
    - lugares de iluminación excesiva
    - Maquinaria con exceso de capacidad
    - Conexiones que se vean defectuosas
    - Emisiones por uso de energía
- Ecomapa de almacenamiento y suelo  
En este eco-mapa se ve en el almacenamiento de inflamables, productos peligrosos o peligrosos en relación a las aguas subterráneas.
    - ¿Existe una amenaza para las aguas subterráneas ó suelo en el caso de accidentes?
    - ¿Hay procedimientos en caso de accidentes?
    - ¿Las zonas de almacenamiento tienen pisos de concreto? ¿están ventiladas?
- Ecomapa de aire, olores, polvo y ruido  
En este mapa se ve en todos los puntos de las emisiones y el funcionamiento de la maquinaria.
    - ¿Cuál es la calidad del aire dentro y fuera de su empresa?
    - ¿Le presta atención a las fuentes de ruido, las quejas de los residentes locales?
    - ¿Están los filtros reemplazados con regularidad?

- ¿Cuándo fue el último mantenimiento realizado en su caldera?

- Ecomapa de Riesgos y Seguridad

Este mapa identifica los riesgos de accidentes y contaminación.

- ¿Las salidas de emergencia son accesible y claramente identificadas?
- ¿Los procedimientos de emergencia son conocidos?
- Situaciones peligrosas
- ¿Dónde se utilizan productos que sean cancerígenas, causar reacciones alérgicas, etc.?

De acuerdo a la clasificación en la tabla 6 se presenta una guía para la elaboración de los ecomapas:

Tabla 6. Guía para la generación de ecomapas

	¿Qué observar?	¿Qué información reunir?	¿Qué evaluar y estimar?	Indicadores e información
<b>Ecomapa Urbano</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El uso de las áreas vecinas (áreas residenciales, verde, industrial)</li> <li>• Las carreteras y la dirección del tráfico</li> <li>• Problemas con los vecinos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permisos</li> <li>• Licencias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto del tráfico (carros, camiones)</li> <li>• Áreas de parqueo</li> <li>• Movimientos de entrada y salida (proveedores, clientes, empleados)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie en m<sup>2</sup></li> <li>• Fecha de constitución.</li> <li>• Número medio de empleados al año</li> <li>• Edad de los edificios</li> <li>• Número de vehículos y movimientos</li> <li>• Facturación</li> </ul>
<b>Ecomapa de Agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las áreas donde los líquidos se vierten</li> <li>• Las tuberías y sistema de drenaje</li> <li>• Equipo de tratamiento</li> <li>• Las principales áreas de consumo (máquinas lavadoras, ...)</li> <li>• Bombeo de aguas subterráneas</li> <li>• El uso de agua de lluvia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facturas anuales de agua</li> <li>• Permisos para la descarga de aguas residuales</li> <li>• Permiso para el bombeo de las aguas subterráneas</li> <li>• Plan de aguas residuales sistema</li> <li>• Si se utiliza equipos de tratamiento: información técnica del proveedor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas</li> <li>• Las actividades que requieren agua</li> <li>• Las tarifas del agua</li> <li>• Malas prácticas</li> <li>• Los contaminantes y el impacto de los contaminantes</li> <li>• La caracterización de los vertimientos</li> <li>• Operación adecuada del equipo de tratamiento de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las principales fuentes de consumo, % (doméstico, proceso, refrigeración)</li> <li>• Resultados de las mediciones de los vertimientos</li> <li>• El costo del consumo de agua.</li> <li>• Impuestos de las vertimientos.</li> </ul>
<b>Ecomapa de Residuos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recipientes y contenedores.</li> <li>• Flujos de residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificado de proveedores de reciclaje,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de desechos</li> <li>• Nivel de reciclado</li> <li>• Las medidas de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kg de residuos eliminados por categoría al año</li> </ul>



	¿Qué observar?	¿Qué información reunir?	¿Qué evaluar y estimar?	Indicadores e información
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de mala práctica</li> <li>• Lugares de producción y almacenamiento de residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• incineración y otros</li> <li>• Pagos Anuales</li> <li>• Evaluación y mejora de los flujos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prevención</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (peligrosos, no peligrosos: ordinados, para reciclaje)</li> <li>• Pagos sobre los residuos</li> <li>• Cantidades de residuos clasificados</li> </ul>
<b>Ecomapa de Energía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación de la maquinaria.</li> <li>• Iluminación</li> <li>• Las áreas de pérdida de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificados de mantenimiento de sistemas de calefacción y maquinaria</li> <li>• Hojas de instrucciones técnicas para maquinaria</li> <li>• Facturas anuales de pagos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo y uso de la energía</li> <li>• Aislamiento</li> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Maquinaria de gran tamaño</li> <li>• Rendimiento térmico de la instalación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo kWh (informática y administración, luces, aire acondicionado y calefacción, procesos y maquinaria)</li> <li>• Costo de la Electricidad,</li> <li>• Gas y el consumo de combustible</li> </ul>
<b>Ecomapa de Suelo y Almacenamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las áreas de almacenamiento</li> <li>• Tanques</li> <li>• Los tambores, contenedores, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de datos de seguridad de los productos</li> <li>• Análisis de los sótanos</li> <li>• Disposición de los tanques</li> <li>• Las áreas de captación de agua</li> <li>• Permisos especiales</li> <li>• Informes de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las condiciones de los tanques viejos</li> <li>• Impermeabilidad del suelo</li> <li>• Las condiciones de almacenamiento de productos peligrosos, productos acabados y residuos</li> <li>• Tipo de productos almacenados en tanques y tambores</li> <li>• Fugas de productos químicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficies herméticas en m<sup>2</sup></li> <li>• Stock permanente de productos inflamables y material tóxico (en litros ó Kg)</li> <li>• Capacidad de los tanques</li> <li>• Número de incidentes por fugas años</li> </ul>
<b>Ecomapa de aire, olores, polvo y ruido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las aberturas de techos y ventiladores</li> <li>• Los puntos principales de las emisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificados de mantenimiento</li> <li>• Hojas de instrucciones técnicas</li> <li>• Las hojas de seguridad del producto</li> <li>• Medición del informe de la contaminación del aire</li> <li>• Nivel de emisión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los procedimientos de trabajo</li> <li>• Estado de los filtros y tuberías</li> <li>• Olores ofensivos</li> <li>• Quejas de vecinos sobre el ruido, el aire, el polvo y los olores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de contaminantes volátiles</li> <li>• Los niveles de ruido en el interior y el exterior</li> <li>• La frecuencia de análisis y mantenimiento</li> <li>• Los resultados de las mediciones (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>)</li> </ul>

	¿Qué observar?	¿Qué información reunir?	¿Qué evaluar y estimar?	Indicadores e información
		de acuerdo a estándares y normas		
<b>Ecomapa de Riesgos y Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación de los extintores</li> <li>• Salidas de emergencia</li> <li>• Áreas de riesgo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de Toxicología</li> <li>• Los procedimientos de emergencia</li> <li>• Las autorizaciones</li> <li>• Informes de incendios</li> <li>• Informes sobre accidentes</li> <li>• Informes de Electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado de la maquinaria</li> <li>• Las instalaciones de emergencia</li> <li>• Estado del terreno</li> <li>• Categorías de tóxicos, corrosivos, inflamable, nocivo, Tóxico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de accidentes / año</li> <li>• Horas de formación para empleados / año</li> <li>• % materiales de peligrosos y tóxicos</li> </ul>

Fuente: Concepto tomado de Ecomapping [En línea]: Our Tools & Methods. Bruselas: Ecomapping© Heinz Werner Engel, 2002 [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.ecomapping.com/en/tools-methodes/ecomapping.html>

Una vez realizados los ecomapas y consignada la información que de este proceso se recopile, se debe diseñar un plan de trabajo en donde se planteen soluciones a los problemas indicados en los mapas.

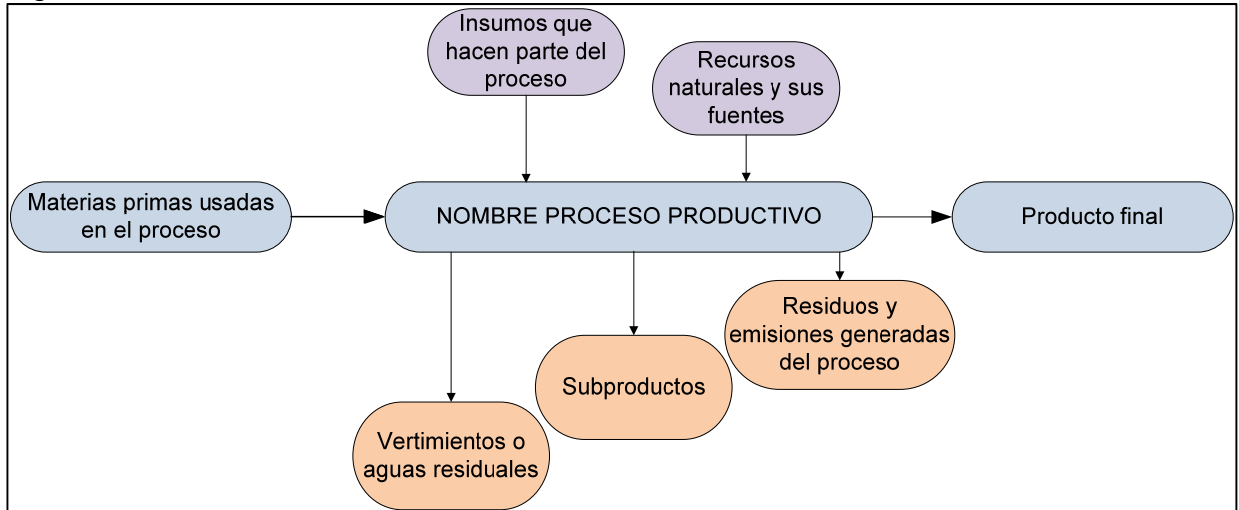
### 3.3.2.3 Ecobalances

La función principal del Ecobalance es recopilar y organizar datos para evaluar estrategias de Producción más Limpia, reducción de costos y administración ambiental y financiera, así como identificar las áreas del proceso productivo que requieren intervención para mejorar el desempeño ambiental.

Como se detalla en la figura 4 el ecobalance es un método estructurado para reportar los flujos, hacia el interior y el exterior, de recursos, materias primas, energía, productos, subproductos y residuos que ocurren en una organización o proceso en particular y durante un cierto periodo de tiempo, Los elementos principales a considerar en la realización del ecobalance son todas las entradas y salidas en el proceso las cuales son materias primas, energía, aditivos, residuos sólidos, residuos líquidos, residuos gaseosos y producto terminado.

Los ecobalances cumplen una función de diagnóstico, ya que sirven para identificar que procesos u operaciones unitarias están siendo más ineficientes. Esta herramienta está orientada hacia el proceso y produce información de tipo cuantitativo.

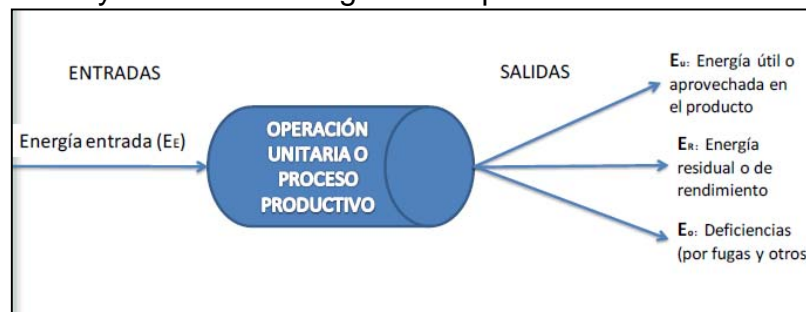
Figura 4. Estructura de un Ecobalance



Fuente: Autores

Para el ecobalance de energía se debe considerar que se tienen dos tipos de energía: térmica y eléctrica. La primera proviene del proceso de combustión de uno o más combustibles, por lo general se la utiliza para la producción de vapor, el cual es usado a través de intercambiadores de calor o de manera directa. La energía eléctrica es usada para impulsar motores eléctricos de los equipos y producir movimiento mecánico y en la iluminación. En la figura 5 se describen las entradas y salidas de energía en un procesos productivo.

Figura 5. Entradas y salidas de energía en un proceso



Fuente: Balance de Materia y Energía Ecobalances [En línea]: Medellín: Corporación Empresarial del Oriente Antioqueño, Disponible en internet:

<http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Memorias/Modulo2/ObalancesCNPMLTA.pdf>

Las transformaciones de la energía presentan límites impuestos por la naturaleza, que deben considerarse. El primero de ellos se refiere a que toda la energía que se le suministra a un proceso con una finalidad no se podrá transformar totalmente, perdiéndose parte de ésta en otras formas de energía. Es así como se habla de eficiencia y pérdidas impuestas a cualquier proceso real de transformación de un tipo de energía en otro.

Eficiencia = (energía real consumida en el proceso) / (energía total suministrada en el proceso)

#### **3.3.2.4 Análisis de Diagrama de flujo**

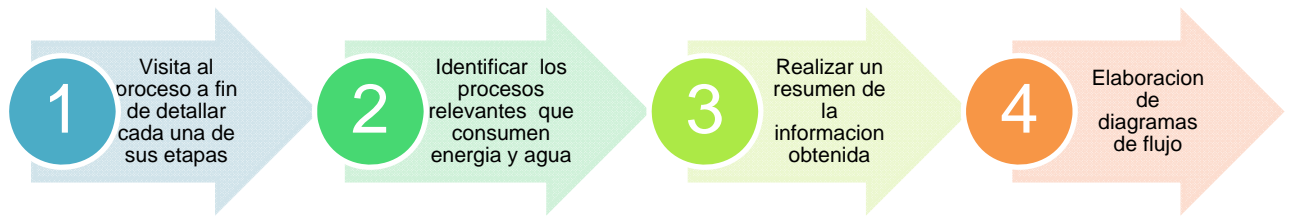
Como complemento del ecobalance, se utiliza una herramienta muy usada a nivel de procesos industriales y que de forma visual brinda un entendimiento más detallado del proceso a estudiar, la cual es denominada como Diagrama de flujo.

Un diagrama es una representación gráfica de un hecho, actividad, situación, movimiento o una relación cualquiera, generalmente mediante símbolos convencionales. A su vez flujo significa movimiento por tanto, diagrama e flujo es la representación gráfica de las operaciones o actividades que integran un procedimiento parcial o completo y establece su secuencia (quien hace que, cuando, como, porque y para que) mediante procedimientos que conforman un sistema el cual proporciona una panorámica de los elementos constitutivos, tales como:

- Formatos: Documentos, reportes, registros (elaboración, uso y destino)
- Operaciones: Pase de información, cálculos, revisiones, toma de decisiones, archivos, destrucción etc.
- Unidades organizacionales y/o personal

El método de diagrama de flujo consiste en presentar mediante símbolos las partes secuenciales de todo o parte de un procedimiento y sus áreas. Este método exige capacitación (Instructivo de simbología estandarizada y metodología) permite registrar elementos importantes de un procedimiento y se usa en la administración en general y en especial en auditoría porque facilita la redacción y el conocimiento de sistemas complejos. Los pasos generales para la elaboración de un diagrama de flujo se encuentran en la figura 6.

Figura 6. Pasos a seguir para el diagrama de flujo.



Fuente: Autores

## **3.4 RECURSOS NATURALES**

### **3.4.1 Recurso Hídrico**

#### **3.4.1.1 Estado del Recurso Hídrico en Colombia**

De acuerdo a la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico del MAVDT<sup>10</sup>:

Por su localización geográfica, su orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo. Sin embargo, cuando se considera en detalle que la población y las actividades socioeconómicas se ubican en regiones con baja oferta hídrica, que existen necesidades hídricas insatisfechas de los ecosistemas y que cada vez es mayor el número de impactos de origen antrópico sobre el agua, se concluye que la disponibilidad del recurso es cada vez menor.

En estimaciones realizadas por el IDEAM, la demanda para el desarrollo de las actividades socioeconómicas en Colombia se representa principalmente mediante los siguientes usos y porcentajes: agrícola 54%, doméstico 29%, industrial 13%, pecuario 3% y servicios 1%.

El déficit de agua genera problemas de disponibilidad, desabastecimiento y racionamiento de agua con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y sus actividades económicas. Aunque el mayor uso de agua es para la actividad agropecuaria, los aspectos más críticos de disponibilidad tienen relación con el abastecimiento de agua potable para la población, para los procesos industriales y para la generación de energía eléctrica

Los riesgos asociados al recurso hídrico corresponden a:

- Riesgo por desabastecimiento de agua para el consumo humano, actividades productivas y conservación de ecosistemas.
- Riesgo por sequía y desertificación para las actividades agropecuarias
- Riesgo por contaminación hídrica para la población y los ecosistemas.

---

<sup>10</sup> Información tomada de COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010

La vulnerabilidad del recurso está relacionada con la vulnerabilidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener la capacidad hidrológica actual ante posibles alteraciones climáticas y a la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento y distribución frente a la reducción de la oferta y disponibilidad del agua.

### **3.4.1.2 Estado del recurso hídrico a nivel global**

De acuerdo a GRAEDEL 2003:

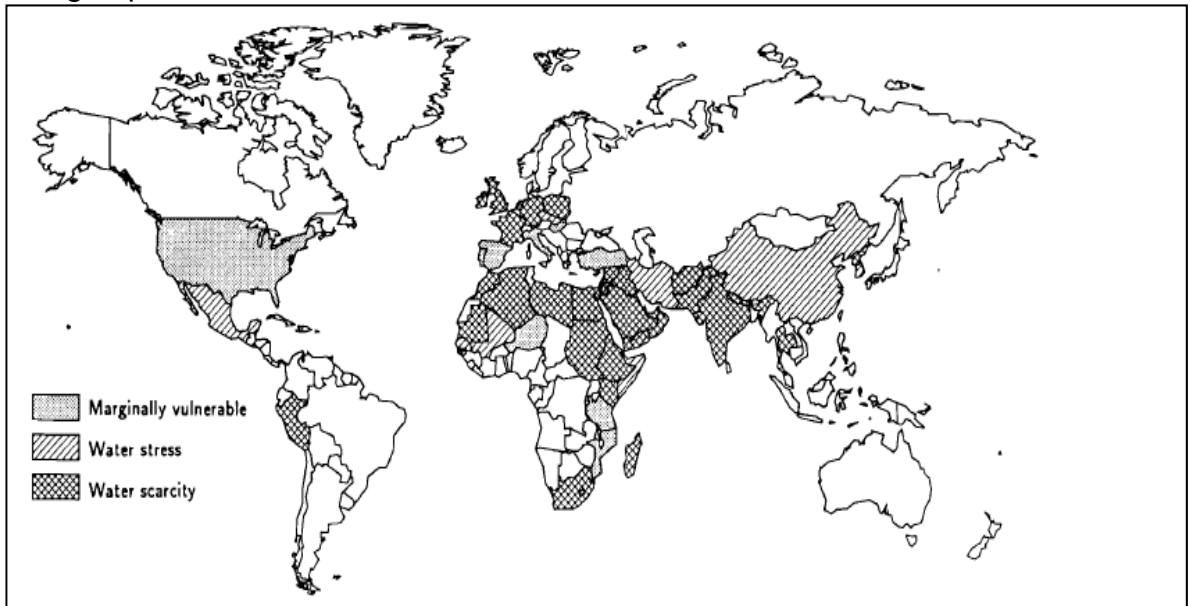
A nivel mundial se observa un porcentaje de uso de agua muy similar al consumo nacional siendo las actividades agrícolas las que mayor consumo de agua requieren para su ejecución.

El agua es un recurso renovable, pero sin embargo muy limitado. Se ha dicho que "el agua es el petróleo del siglo 21" y hay muchas posibilidades de que la disponibilidad de agua limite cada vez más los procesos industriales que hacen uso de ella. A diferencia de la madera u otros recursos renovables, la cantidad total de agua disponible para los seres humanos es fija.

Aproximadamente el 80% del consumo mundial de agua es para el riego de cultivos en el sector agrícola, todas las demás industrias consumen casi el 10% adicional a esto los diversos usos y sus tasas de cambio son muy variables de un año a otro y de una región a otra, pero el consumo actual de más de la mitad de toda el agua geográficamente disponible está a disposición de los seres humanos. A medida que las poblaciones aumentan al igual que el desarrollo industrial, la competencia por el agua que se utiliza en la agricultura, la industria y la vida doméstica se intensificará en muchas partes del mundo.

En la figura 7 se proyecta la vulnerabilidad en cuanto a la disponibilidad de agua para el 2025, en un escenario de crecimiento de población, desarrollo industrial y cambio climático. Se prevé que la mayor parte de África, Europa, y Asia del Sur estará en condiciones de escasez de agua en ese momento, y por otro lado China y el sur de América del Norte estarán bajo estrés hídrico. Dado que existen instalaciones industriales que normalmente operan desde hace más de un cuarto de siglo, estas proyecciones sugieren que las nuevas instalaciones industriales deben ubicarse en áreas tales sólo si sus requerimientos de agua son modestos, ya que la cantidad de agua disponible puede que no sea suficiente para satisfacer la demanda del lugar sobre ella.

Figura 7. Mapa Mundial que muestra la vulnerabilidad en cuanto a la disponibilidad de agua para el 2025.



Fuente: Foresight for development [En línea]: World Water Resources and Regional Vulnerability: Impact of Future Changes 84p. Junio 1993. [Consultado 29 de abril de 2013]. Disponible en internet: [www.foresightfordevelopment.org](http://www.foresightfordevelopment.org)

## 3.4.2 Energía

### 3.4.2.1 Conceptos sobre energía:

Las diferentes formas de energía que son intercambiables entre ellas son: Térmica, Nuclear, Eléctrica, Química y Mecánica. Las fuentes de energía representan el lugar de donde se puede obtener la energía y pueden clasificarse en función de si provienen de recursos renovables o no renovables (CASTELLS 2011):

- Las fuentes de energía que provienen de recursos renovables son inagotables. Cabe destacar: Energía hidráulica (obtenida a partir de la energía contenida en el agua aprovechando los saltos de las presas), energía solar, energía eólica, energía de la biomasa, energía geotérmica.



- Las fuentes de energía proveniente de recursos no renovables se encuentran limitadas, y sus reservas disminuyen a medida que se consumen. Se distinguen: carbón, gas natural (Combustible de origen común al petróleo, formado principalmente por metano), petróleo, energía nuclear

#### **3.4.2.2 Impacto ambiental:**

Según CIEMAT (2001) aunque no existe un consenso generalizado sobre el horizonte temporal en el que los recursos energéticos pueden empezar a escasear, parece claro que el consumo energético es tal que el mantenimiento del sistema actual puede hacerse insostenible para las próximas generaciones. El sector energético es uno de los más interrelacionados con el medio ambiente y siempre de manera negativa. La utilización de la energía perturba el medio desde el mismo momento en que se obtienen los recursos primarios, durante los procesos de transformación de energía final y durante el propio proceso de consumo, originando una cadena en la que resultan afectados, atmósfera, agua, suelo y seres vivos.

Dejando aparte el problema del agotamiento de las reservas naturales, los conflictos que preocupan con mayor intensidad a la sociedad en relación con el medio ambiente y en los cuales la energía juega algún papel son:

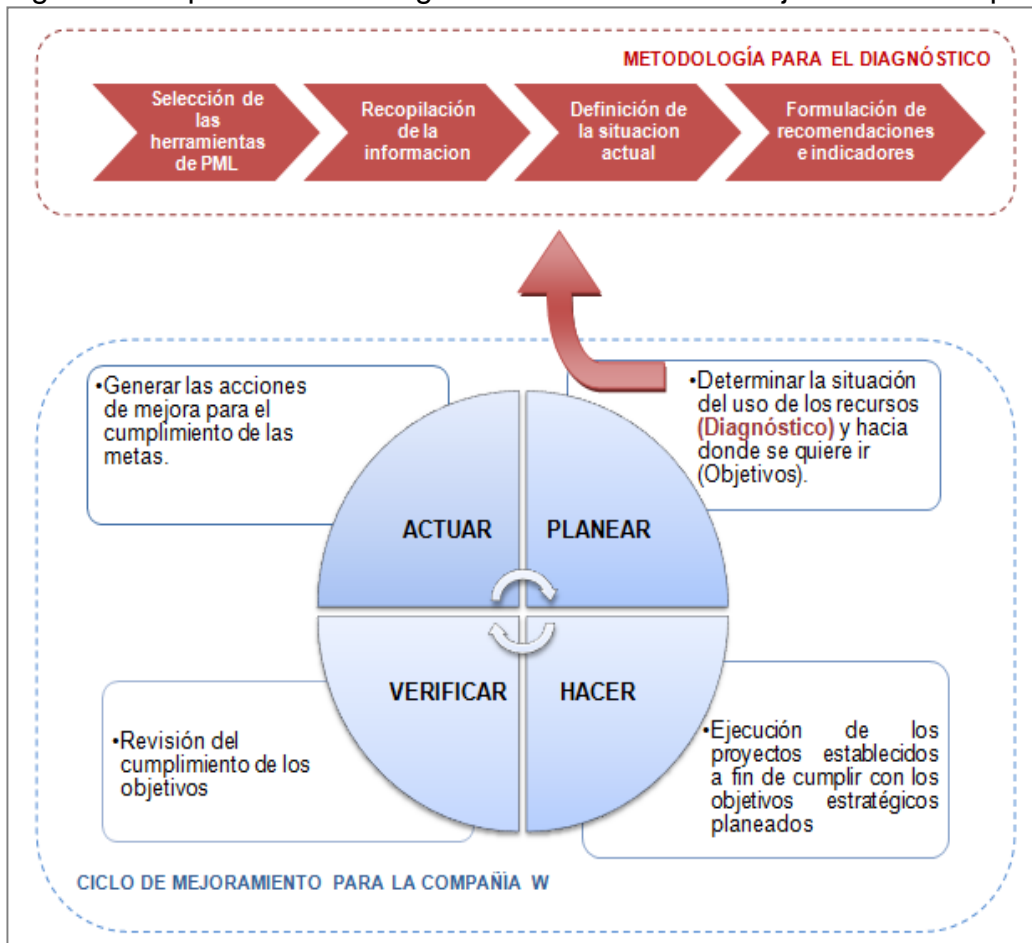
- La prevención contra el efecto invernadero y el potencial cambio climático.
- La defensa de la diversidad biológica y del suelo cultivable
- El mantenimiento de la calidad del aire y de las aguas
- La gestión de los residuos producidos.

## 4. METODOLOGIA

Dentro del ciclo de mejoramiento continuo de la Compañía W definido en la figura 8, basado en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) se articula el esquema metodológico de este trabajo en la etapa de la planeación, ya que como punto de partida para el desarrollo de acciones de mejora se requiere la generación de un diagnóstico.

Como primer paso para la generación del diagnóstico se realizó la selección de las herramientas de Producción más Limpia, una vez seleccionadas se realizó una recopilación de la información a través del reconocimiento del proceso de producción de algodón y de manera paralela se aplicaron dichas herramientas; finalmente se determinó la situación actual del proceso.

Figura 8. Esquema Metodológico en el Marco de la Mejora de la Compañía W



Fuente: Autores

#### **4.1 SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

De acuerdo a la revisión bibliográfica de las herramientas de producción más limpia, del objetivo de este estudio que es realizar un diagnóstico y de la información a la cual se tuvo acceso, se definieron las herramientas que se utilizaron para analizar los dos recursos, las cuales están dentro de la clasificación para la función de diagnóstico (Tabla 4):

- **Revisión Inicial Ambiental:** Esta herramienta se utiliza para diagnóstico (Tabla 4) y dentro de las listas de chequeo se definen puntos a analizar de información cualitativa y cuantitativa relacionada con los recursos de agua y energía, la cual es viable recolectar durante la observación del proceso, la revisión de la documentación y las entrevistas.
- **Ecomapa:** Esta herramienta se utiliza para diagnóstico (Tabla 4) y se aplica a los recursos agua y energía (Ecomapping© Heinz Werner Engel), entre otros, la información que arroja esta herramienta es cualitativa, se puede construir mediante las visitas a los procesos. La elaboración de los ecomapas ayuda, al igual que la revisión inicial ambiental, a tener una idea inicial de las propiedades ambientales de la empresa (VAN HOOFF 2008)
- **Ecobalances y diagrama de flujo:** El ecobalance se utiliza para diagnóstico (Tabla 4), y con ambas herramientas se busca profundizar en el estudio de las áreas críticas identificadas en los ecomapas y en la RIA. Para el recurso agua se aplicaron las herramientas ya que la compañía contaba con históricos con valores y procedimientos operativos con cantidades aproximadas y con un contador para realizar las mediciones de manera directa. Para el recurso energía la información era limitada ya que al momento del estudio solo se tenían los consumos de toda la planta; para su aplicación se requiere un soporte técnico para los cálculos y análisis que se requieren para un balance de energía de acuerdo a la figura 5.

#### **4.2 RECONOCIMIENTO DEL PROCESO**

Se realizaron una serie de visitas a la planta con el fin de reconocer el proceso de algodón purificado, revisar la documentación que contenía la información requerida para la aplicación de las herramientas, y realizar las entrevistas al personal operativo y administrativo. Inicialmente se entrevistó a los Jefes de Producción y Jefes de Mantenimiento, con quienes se revisaron los aspectos generales del proceso.

Posteriormente se realizó seguimiento a la fabricación de un lote de producto (362 Kg de algodón), donde se identificaron las etapas del proceso desde la llegada de

la materia prima hasta el empaque del producto terminado listo para su venta. En cada una de las etapas se recopilaron los datos cualitativos y cuantitativos con el acompañamiento del personal operativo.

Para la información del uso de los recursos, primero se recopiló la información general de toda la planta en cuanto a consumos, tarifa y costo, la cual se obtuvo de las facturas de los servicios públicos de la Compañía W. Posteriormente se hizo énfasis en el proceso de producción de algodón de acuerdo a los registros internos de la compañía.

### **4.3 ELABORACIÓN DE LA REVISIÓN INICIAL AMBIENTAL**

#### **4.3.1 Preparación**

Se elaboró una lista de chequeo con 45 preguntas para analizar los recursos Agua y Energía utilizando como base la sección de impactos ambientales del Cuestionario para Revisión Ambiental (Environmental Review Questionnaire) de Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) de la Comisión Europea<sup>11</sup>, donde se agrupan por temas las preguntas a evaluar así:

- Recurso Agua (25 preguntas):
  - ✓ Consumo
  - ✓ Vertimientos
  - ✓ Accidentes
  - ✓ Costos
  
- Recurso Energía (20 preguntas):
  - ✓ Consumo
  - ✓ Impacto
  - ✓ Accidentes
  - ✓ Costos

Como parte de la preparación de la RIA se establece que se debe definir los requisitos legales y regulatorios que aplican al proceso, sin embargo para esta revisión no se analizaron de manera directa estos requisitos, aunque algunas preguntas están estrechamente relacionadas, como es el caso de los vertimientos.

---

<sup>11</sup> Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) [En línea]: EMAS Toolkit for small organizations. Paris: European Commission. Septiembre 2012. [Consultado 03 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://ec.europa.eu/environment/emas/toolkit/>

Adicionalmente todas las preguntas de la lista de chequeo se clasificaron de acuerdo a los siguientes enfoques con el fin de analizar de manera más estructurada los resultados de la RIA:

- Conocimiento entorno: Los preguntas relacionados con proactividad en tener información del exterior de la empresa, que más adelante podría servir para un análisis de amenazas y oportunidades relacionado con los recursos en estudio.
- Conocimiento interno: Corresponde a las preguntas que la compañía debería conocer y que posteriormente pudieran servir para un análisis de fortalezas y debilidades relacionado con los recursos en estudio.
- Medición: Hace relación a las preguntas donde se requiere información cuantitativa, teniendo en cuenta que lo que *no se mide no se puede controlar y por tanto no se puede mejorar*.
- Iniciativas Ambientales: Las preguntas relacionados con iniciativas que no se asocian necesariamente a requisitos legales y que podrían corresponder a mejoras en medidas de *fin de tubo*.
- Riesgo: Ya que la Producción más limpia tiene como objeto reducir riesgos y minimizar impactos. Los incidentes y accidentes tienen serias consecuencias financieras para las compañías involucradas.

Para el análisis de estos enfoques se utilizó la gráfica de radar, la cual permite una visualización consolidada cualitativa y cuantitativa frente a un estado ideal.

#### 4.3.2 Recolección de Datos

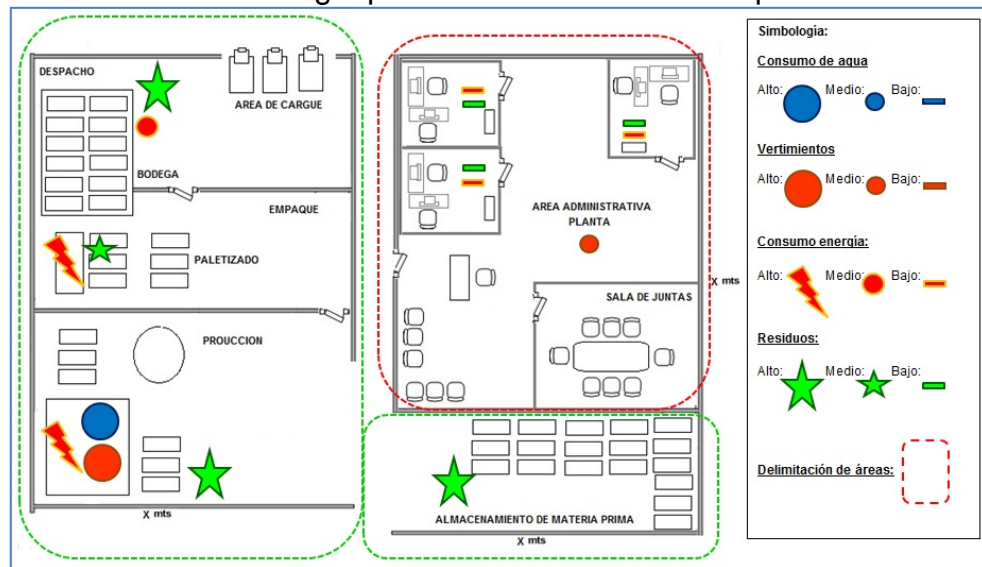
Se elaboró por medio de entrevistas, observación en la planta y a través de la revisión de archivos suministrados por personal de la Compañía W. Para cada pregunta se informó lo evidenciado y para su análisis el resultado se clasificó como:

- Positivo (☺): Si hay evidencias de cumplimiento como registros, o si se observa su cumplimiento durante la observación del proceso.
- Negativo (☹): Si no hay evidencias de cumplimiento, si la compañía no cuenta con los soportes requeridos.

#### 4.4 ELABORACION DE ECOMAPAS

Basándose en el recorrido y reconocimiento del proceso de elaboración de algodón purificado se realizó el mapa general de la línea de producción en la cual se detalló las divisiones del lugar, la distribución de los equipos dentro del área y sus respectivos nombres y funciones dentro del proceso. Posteriormente se realizaron dos ecomapas: agua y energía (energía eléctrica y gas natural); donde se usaron figuras para la visualización de diferentes niveles cualitativos de consumo de los recursos, de acuerdo a las observaciones directas, las entrevistas y revisión de los registros internos de la compañía. Para el ecomapa de agua también se identificaron los puntos de vertimiento al alcantarillado. En la figura 9 se puede observar el modelo de un ecomapa y la simbología utilizada.

Figura 9. Modelo de simbología para elaboración de ecomapas



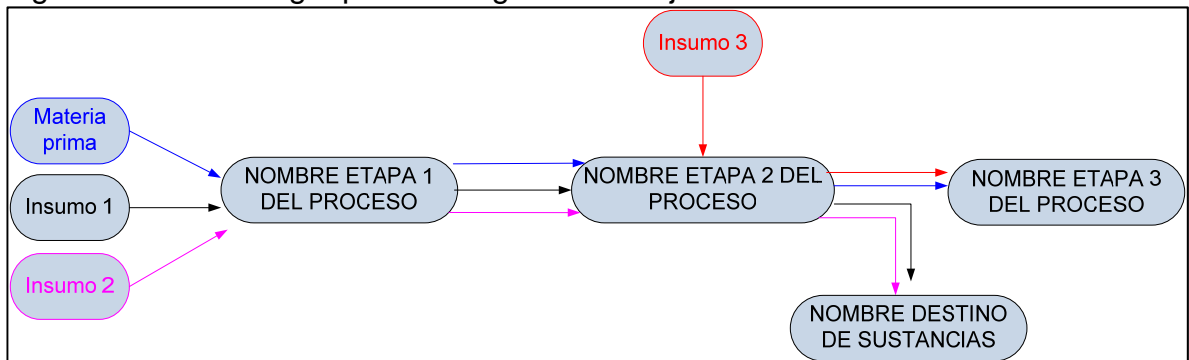
Fuente: Autores

La determinación cualitativa de los niveles de consumo de agua (alto, medio, bajo) se definieron durante la observación de la producción de un lote de algodón purificado y las entrevistas al personal. La determinación de los niveles de consumo de energía eléctrica no se logró realizar durante la observación del proceso, se definió con la ayuda del personal de Mantenimiento de la compañía, realizando un inventario de los equipos requeridos en cada una de las etapas de producción y las horas de trabajo por turno (Anexo E). Y con la información recopilada durante las entrevistas y el reconocimiento del proceso se determinó de manera cualitativa el nivel de consumo del gas natural en el proceso de producción del algodón.

## 4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE SUSTANCIAS

Esta herramienta se aplica al recurso agua para la etapa del proceso de producción donde se evidencie a través del ecomapa que es la de mayor consumo de agua y generación de vertimientos. Para este análisis se detalló el flujo de agua, insumos y materia prima que interactuaban durante la etapa seleccionada, a fin de encontrar los focos más importantes de consumo y fuentes de contaminación. Esta herramienta se desarrolló de manera paralela con el ecobalance, se obtuvo la información de entradas y salidas, y a partir de esta información se graficó a nivel detallado el diagrama de flujo de sustancias para todo el proceso de blanqueo. Como se detalla en la figura 10, el objetivo de éste análisis es seguir paso a paso cada una de los elementos: cómo ingresan al proceso, cuál es su objetivo durante su estadía en el mismo, de qué forma salen de cada etapa y a qué etapa siguen.

Figura 10. Metodología para el diagrama de flujo de sustancias

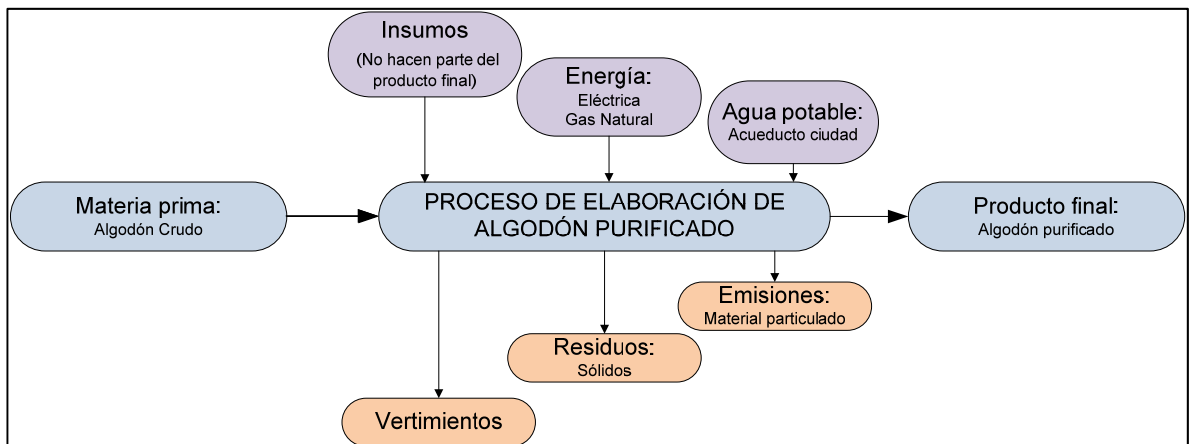


Fuente: Autores

## 4.6 CONSTRUCCION DE ECOBALANCE

El ecobalance general del proceso de producción del algodón se encuentra estructurado en la figura 11, donde se definen como entradas; el algodón crudo que corresponde a la materia prima, los insumos que se requieren en cada una de las etapas de la producción, la energía eléctrica y térmica y el agua potable.

Figura 11. Ecobalance general del proceso de elaboración de algodón purificado.



Fuente: Autores

Una vez identificadas todas las etapas del proceso, la construcción del ecobalance se aplicó a la **etapa de mayor consumo** de manera paralela con la elaboración del diagrama del flujo de sustancias. Se utilizó el esquema definido en la figura 12, el cual se realizó en una hoja de excel para facilitar los cálculos del balance de entradas y salidas.

Figura 12. Formato recolección de información Ecobalance

TIPO DE ENTRADA	UNIDAD	CANTIDAD	ENTRADA	OPERACIÓN	SALIDA	CANTIDAD	UNIDAD	TIPO DE SALIDA

Fuente: Autores

La construcción del ecobalance se realizó una vez se habían definido las operaciones (ó subprocesos) que componen la etapa de mayor consumo, para cada operación se establecieron cada una de las entradas y las salidas, a continuación se describen los campos que componen el ecobalance de acuerdo a la figura 12:

- Operación: Cada uno de los subprocesos que componen la etapa a analizar.
- Entrada: Define el recurso (Algodón, Agua, Insumos, etc.) que ingresan al proceso en determinada operación.



- Tipo de entrada: Define la característica del material que ingresó al proceso, si se trata de un insumo, materia prima o producto en proceso.
- Cantidad: aquí se calcula el valor que ingresa o que sale de la operación.
- Unidades: Representa las unidades de medida con la que se definen las cantidades, puede estar representada en kilogramos (kg), metros cúbicos (m<sup>3</sup>) entre otros.
- Salida: Define el material que sale de la operación (Baño de agua, algodón cocinado, entre otros)
- Tipo de salida: Define la característica del material que sale del proceso, si se trata de un residuo, vertimiento o producto en proceso.

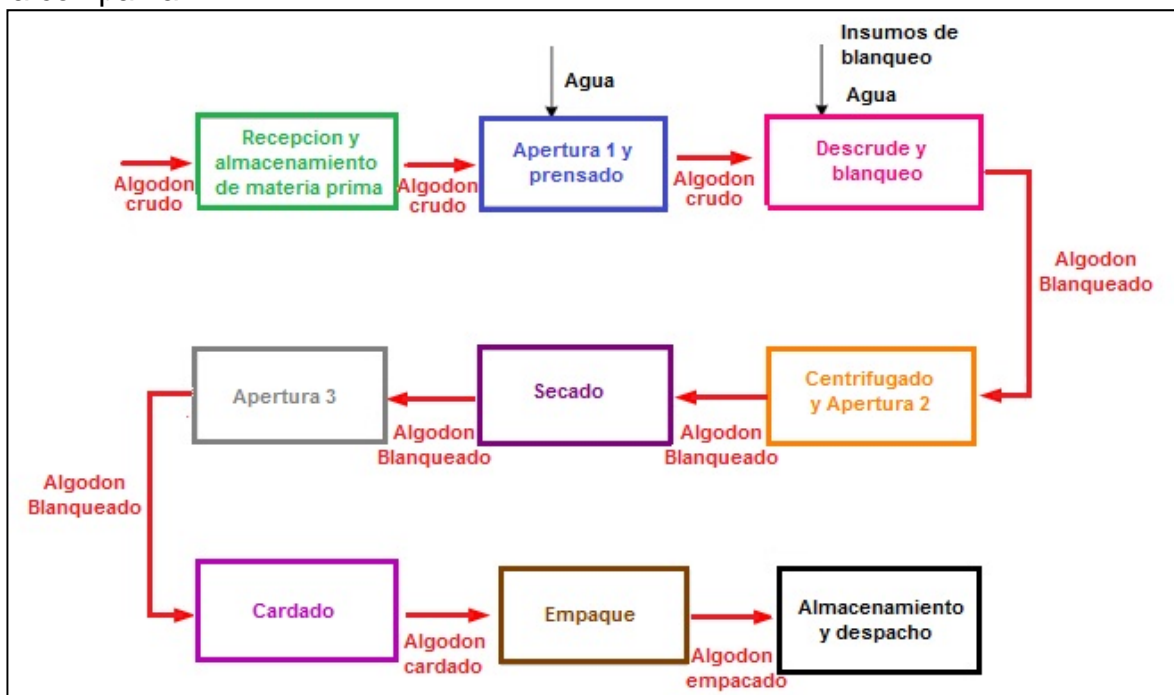
## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

#### 5.1.1 Etapas del Proceso

Durante el reconocimiento del proceso de producción de algodón purificado en la Compañía W se identifica que el proceso consta de tratamientos físicos y químicos que se realiza a la fibra de algodón con el fin de obtener la absorbencia, blancura y pureza deseada y se identificaron nueve etapas del proceso productivo, las cuales se definen en la figura 13. Se inicia con la recepción y almacenamiento de la materia prima y finaliza con el almacenamiento y despacho del producto terminado para la venta; en cada una de las etapas se describen las entradas y las salidas.

Figura 13. Diagrama de Flujo del proceso de elaboración de algodón purificado de la compañía W

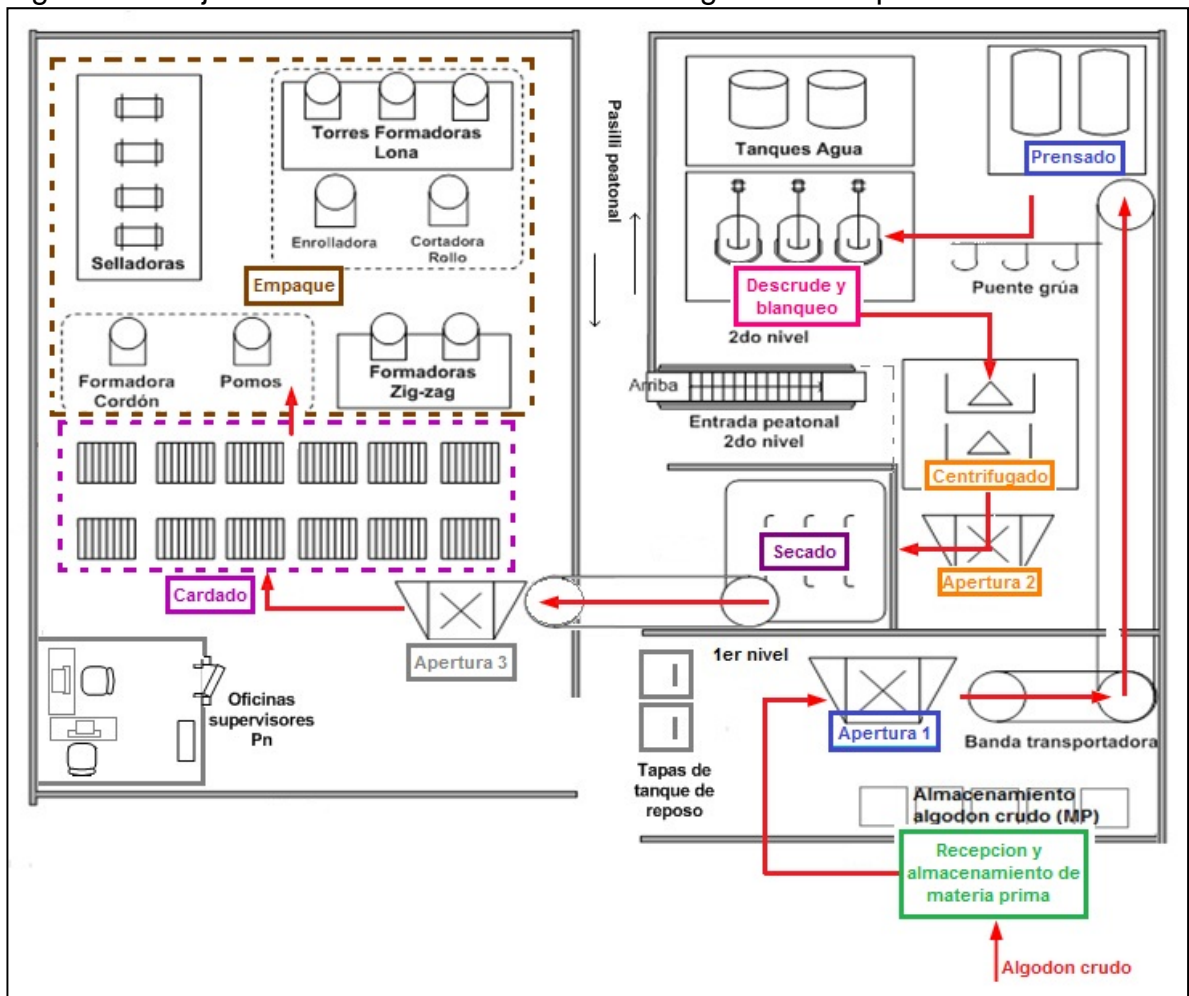


Fuente: Autores

En la figura 14 se estructura el flujo del proceso de producción de acuerdo a las etapas definidas en la figura 13, con el fin de tener un panorama general del proceso productivo, los equipos y las instalaciones. Además este esquema es el punto de partida para la elaboración de los ecomapas de agua y energía.

La figura 13 y 14 permiten tener a la mano la operación del proceso a examinar, de tal manera que se tenga información unificada del funcionamiento del proceso de producción del algodón purificado y que no se requiera invertir tiempo en observar el proceso físicamente cada vez que se requiera realizar discusiones sobre el mismo.

Figura 14. Flujo del Proceso de Producción de Algodón en la planta.



Fuente: Autores

A continuación se describen cada una de estas etapas:

#### **5.1.1.1 Recepción de la Materia Prima**

El algodón crudo, que es la materia prima y los insumos previamente aprobados por el área de Control de Calidad se reciben de la bodega y se ubican en estibas dentro del área de producción. En la figura 15 se puede observar una muestra del algodón crudo, el cual presenta algunas impurezas y es de color crema, que corresponde al color natural del algodón.

Figura 15. Algodón Crudo



Autor: Imagen suministrada por la Compañía W.

#### **5.1.1.2 Apertura 1 y Prensado**

El algodón crudo es transportado manualmente a las máquinas abridoras para realizar la apertura del algodón. El objetivo de esta etapa es limpiar y remover el contenido de contaminantes (partículas de basura y polvo) del algodón crudo, sin embargo no se remueven todas las impurezas de la materia prima. Posteriormente el algodón es transportado hasta las prensas con el fin de realizar la compactación para luego ser transportado a la siguiente etapa.

#### **5.1.1.3 Descruce y Blanqueo**

El descruce es la remoción química de los aceites naturales, las ceras, pectinas y otros materiales no celulósicos al algodón crudo y el blanqueo se realiza para destruir el color natural del algodón con un agente oxidante. Ambos procesos se realizan de manera simultánea con la aplicación de insumos químicos a altas

temperaturas para acelerar las reacciones químicas. Estos procesos se realizan de la siguiente manera:

Una vez se tiene al algodón crudo abierto compactado se transporta a las marmitas donde se le adiciona agua potable y los siguientes insumos químicos:

- Solución de Soda Caústica y Detergente, para realizar la remoción química de las partes vegetales y dejar descubierta la fibra.
- Secuestrante, cuya función es capturar los metales, para que luego sean eliminados en los enjuagues.
- Solución de Peróxido de Hidrógeno y Blanqueador Óptico, para realizar el blanqueo.

Se eleva la temperatura, se mantiene por un tiempo determinado, luego se enfría, se realizan tres enjuagues con agua potable para retirar los insumos y las sustancias removidas. Posteriormente se realiza una neutralización con una solución de ácido acético, se enjuaga, se aplica un suavizante y se realizan mediciones de pH.

Después del descrude y el blanqueo, se han removido todas las impurezas y la fibra de algodón tiene la forma de celulosa pura. Este proceso no es selectivo ni específico y conduce a una pérdida de peso que corresponde a las impurezas que acompañan a la celulosa de la fibra.

#### **5.1.1.4 Centrifugado y Apertura 2**

Una vez el algodón se blanquea se realiza la centrifugación para retirar humedad, Durante el blanqueo las fibras se enmarañan y hay fricción fibra a fibra causada al remover las ceras y las pectinas naturales, por lo tanto se requiere que antes del secado se realice una apertura de la fibra, la cual se realiza en una máquina abridora.

#### **5.1.1.5 Secado**

Después del blanqueo, las fibras quedan húmedas y deben pasar por un horno de secado para extraer la humedad. En esta etapa se monitorea la humedad y otras características por parte del área de Calidad.

#### **5.1.1.6 Apertura 3**

Se requiere que antes del cardado se realice una apertura de la fibra uniforme para facilitar la formación del velo. Esta apertura se realiza en máquinas abridoras.

### 5.1.1.7 Cardado

El proceso de cardado es realizado en equipos denominados cardas, los cuales se encargan de abrir los tumultos de fibras, separarlos y depurándolos por última vez de suciedades y fibras cortas, proceso ya iniciado en la apertura. Además en el cardado se ordenan e individualizan las fibras conformando un velo uniforme el cual va a conformar un cordón a la salida de la carda.

### 5.1.1.8 Empaque

El algodón que sale de las cardas pasa a los diferentes equipos para la formación del producto final de acuerdo a las presentaciones: rollo, pomos y zigzag. Acá se realizan procesos de corte, pesaje, sellado, sub-empaque y empaque final. El producto empacado y aprobado es transportado a la bodega para su distribución y venta. En la figura 16 se observa algodón purificado en presentación de rollo listo para su empaque final, el cual está libre de impurezas y presenta un alto nivel de blancura.

Figura 16. Algodón Purificado antes del empaque



Autor: Imagen suministrada por la Compañía W.

## 5.1.2 Consumo de Recursos

La información relacionada con los consumos, tarifas y costos del agua (acueducto y alcantarillado), energía eléctrica y gas se recopiló durante el reconocimiento del proceso y durante la RIA; la cual se obtuvo de las facturas de pago de estos servicios. En la tabla 7 se encuentran los valores correspondientes a toda la compañía para el año 2012:

Tabla 7. Datos Consumo de Servicios Públicos Total Compañía W para el año 2012.

	ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	ENERGÍA ELECTRICA	GAS
Tarifa Año 2012	Acueducto: \$1324 por m <sup>3</sup> . Alcantarillado: \$ 1553 por m <sup>3</sup>	\$ 358.91 kWh	\$ 901.96 m <sup>3</sup>
Consumo promedio mensual	6.500 m <sup>3</sup>	460 MW	47.000 m <sup>3</sup>
Costo promedio mensual	\$ 22 millones	\$ 121 millones de pesos	\$ 40 millones
% Asignación para algodón	70%	26%	40%

Fuente: Información de la Compañía W obtenida de las facturas de los servicios públicos.

El porcentaje de asignación de la tabla 7 corresponde a la proporción que la Compañía W ha asignado para el proceso del algodón

### 5.1.2.1 Consumo de Agua

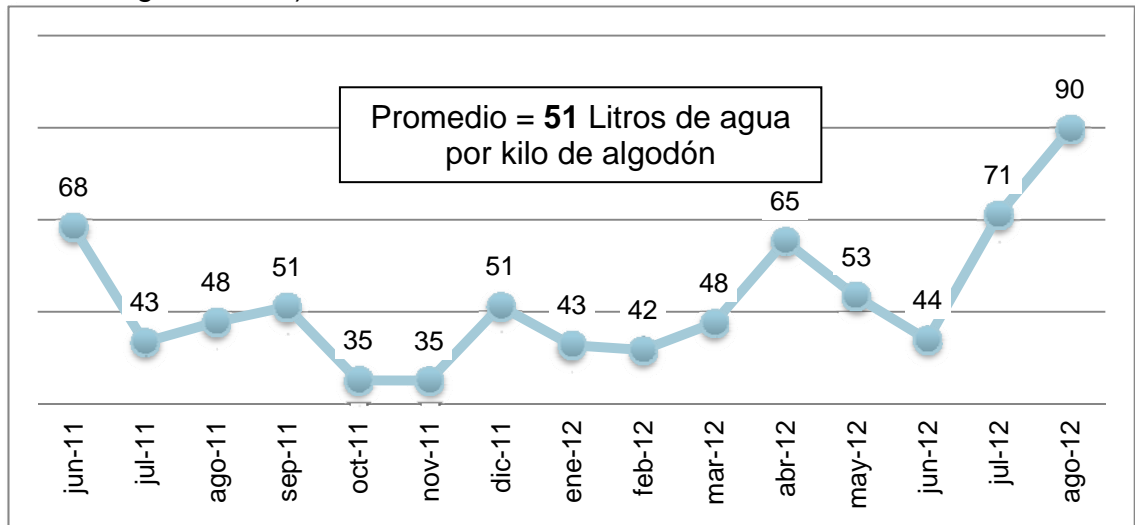
El agua consumida por la compañía W corresponde a agua potable suministrada por el principal comercializador de agua de la ciudad la cual proviene de dos plantas de tratamiento.

- Consumo por unidad de producción de Algodón Purificado

Para el proceso de producción de algodón purificado, a partir de junio de 2011 se instaló un contador para la cuantificación del consumo de agua. En la figura 15 se pueden observar los históricos que se obtuvieron, para el año 2011. En el proceso se reutilizaba agua, sin embargo en el mes de julio del 2012 se suspendió esta medida ya que se demostró que afectaba la calidad del producto, por eso se observa que el consumo se aumentó en los meses de julio y agosto de este año. Lo anterior evidencia que dentro de las actividades a realizar cuando se ejecuta un

proyecto se debe considerar el impacto sobre la calidad del producto. Es importante anotar que dentro de los consumos de la figura 17 no se incluye el consumo de agua de las calderas, ya que no se tuvo acceso a esta información.

Figura 17. Consumo de agua potable en litros por kilo de algodón producido (Junio 2011 a Agosto 2012)



Fuente: Autores

- Etapas de mayor consumo:

Estas etapas se evidenciaron en el reconocimiento del proceso y se detallan en el Ecobalance y Diagrama de Flujo de Sustancias.

- Costos

Para los cálculos de los costeos se tiene definido que el 70% del total de agua consumida por la compañía corresponde al proceso de algodón, esta distribución se realizó en el año 2007 de acuerdo a mediciones indirectas, este valor no ha sido revaluado después de esta fecha ni se ha comparado con los datos obtenidos después de la instalación del contador. De acuerdo a los valores recopilados en este estudio se puede hacer una aproximación para revisar este porcentaje de asignación:

- Consumo promedio mensual de agua en toda la planta (según facturas) = 6.500 m<sup>3</sup>
- Consumo promedio mensual de agua por kilo de algodón (figura 16) = 51 Litros
- Producción promedio mensual de algodón purificado = 48.000 kilos



Con los datos anteriores se estima que para el proceso de producción de algodón se consumen en promedio al mes 2448 m<sup>3</sup> de agua lo que correspondería al 38% del total de agua de la planta, sin embargo a este valor como lo mencionamos anteriormente se le debe adicionar el consumo de agua de las calderas.

### 5.1.2.2 Consumo de Energía

La energía eléctrica consumida por la compañía W es suministrada por el principal comercializador de energía de la ciudad y proviene de una planta hidroeléctrica.

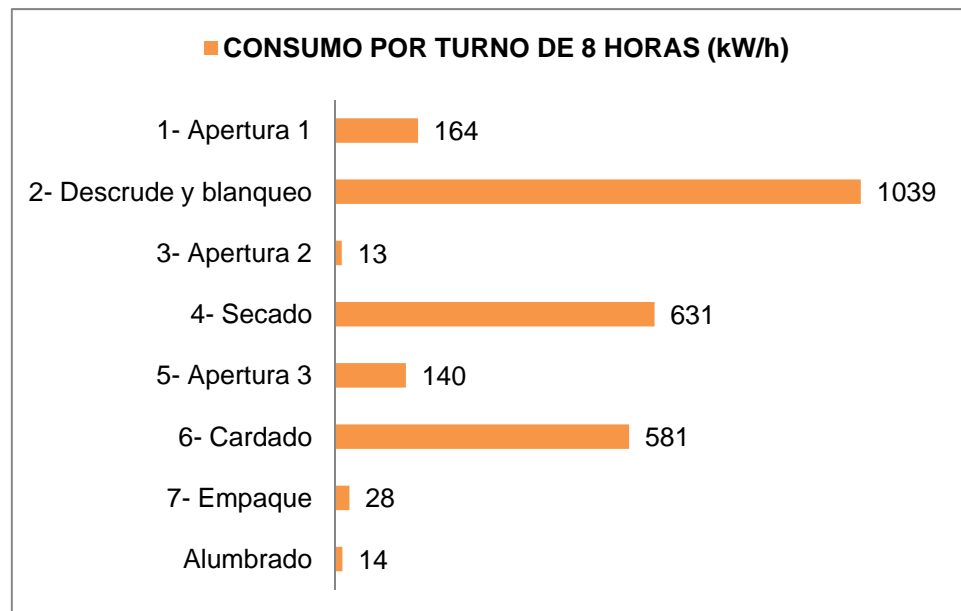
- Consumo por unidad de producción de Algodón Purificado

No se tienen contadores, ni metodologías que permitan calcular de manera directa la cantidad de energía que se requiere específicamente para la producción de un lote o kilo de algodón purificado,

- Etapas de Mayor Consumo

Durante el reconocimiento del proceso no se logró evidenciar estas etapas, por lo tanto se realizó una aproximación, realizando un inventario de los equipos que se requieren para cada una de las etapas de producción (Anexo E) estimando la potencia y horas de trabajo por turno y con esta información se definió cuales son los consumos aproximados por etapa de producción (Figura 18).

Figura 18. Consumo de Energía Eléctrica en el Proceso de Producción de Algodón Purificado.



Fuente: Autores

Con la información de la figura 18 se evidencia que la etapa de mayor consumo de energía son el descrude y blanqueo y le sigue la etapa de secado. Sobre los equipos de estas etapas se debe comenzar con la formulación de proyectos de ahorro y uso eficiente de energía.

- Costos:

Para los cálculos de los costos se tiene definido que el 26% del total de energía consumida por la compañía corresponde al proceso de algodón, y al igual que con el agua esta distribución se realizó en el año 2007 de acuerdo a mediciones indirectas, este valor no ha sido revaluado después de esta fecha.

### **5.1.2.3 Consumo de Gas Natural**

El gas natural es suministrado por la empresa de servicios públicos y en la compañía W es utilizado para las calderas y el casino. Se presentan algunos datos ya que su consumo está relacionado con el consumo de agua para su uso en las calderas.

- Consumo por unidad de producción de Algodón Purificado

Para el proceso de producción de algodón no se tienen mecanismos que permitan cuantificar la cantidad de recurso que se requiere específicamente para el proceso de producción de algodón.

- Etapas de Mayor Consumo

Durante el reconocimiento del proceso y la revisión de la Declaración Ambiental de la compañía W se detectó que el consumo de gas se requiere para la producción de vapor en las calderas y este es utilizado en las marmitas (etapa de descrude y blanqueo) y en el horno (etapa de secado).

- Costos

Para los cálculos de los costos se tiene definido que el 40% del total de gas natural consumido por la compañía corresponde al proceso de algodón, y al igual que con el agua y la energía esta distribución se realizó en el año 2007 de acuerdo a mediciones indirectas, este valor no ha sido revaluado después de esta fecha.

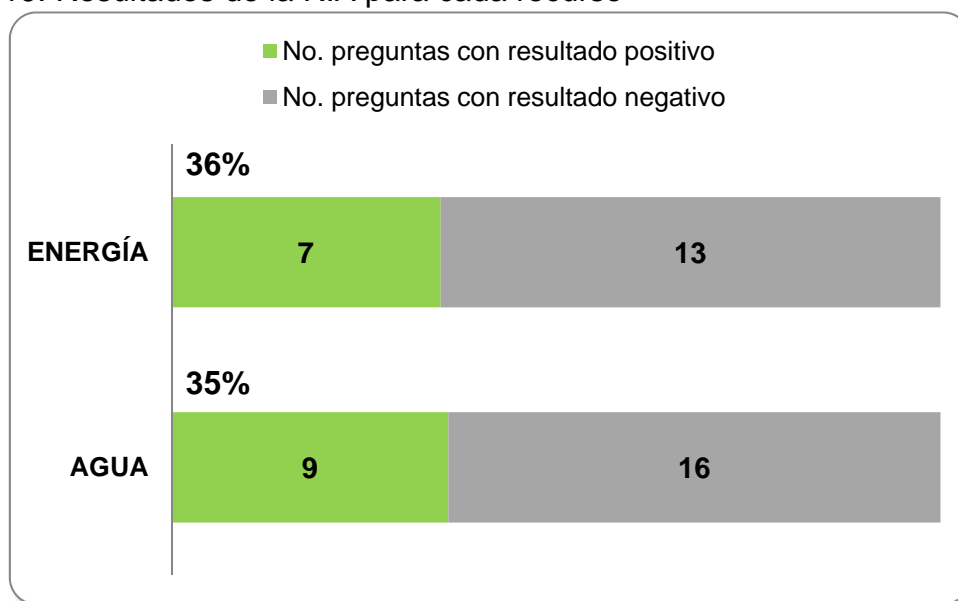
## **5.2 REVISIÓN INICIAL AMBIENTAL (RIA)**

En el Anexo F se encuentra el reporte de la RIA donde se describen para cada recurso: las 45 preguntas evaluadas, su clasificación de acuerdo al tema y el enfoque, el hallazgo y su calificación como positivo (Si hay evidencias de

cumplimiento como registros, o si se observa su cumplimiento durante la observación del proceso) / negativo (Si no hay evidencias de cumplimiento).

Se realizó un consolidado con el fin de determinar el porcentaje de cumplimiento para cada recurso el cual se encuentra en la figura 19, el recurso agua presentó resultados positivos en 9 de los 25 puntos evaluados, lo que significa un cumplimiento del 35%. Para el recurso energía el cumplimiento fue del 36%, es decir 7 de los 20 puntos evaluados presentaron resultado positivo. Estos valores corresponden a la línea base o punto de partida, el cual permite a la compañía W evidenciar cuantitativamente el avance una vez definidos los planes de acción.

Figura 19. Resultados de la RIA para cada recurso



Fuente: Autores

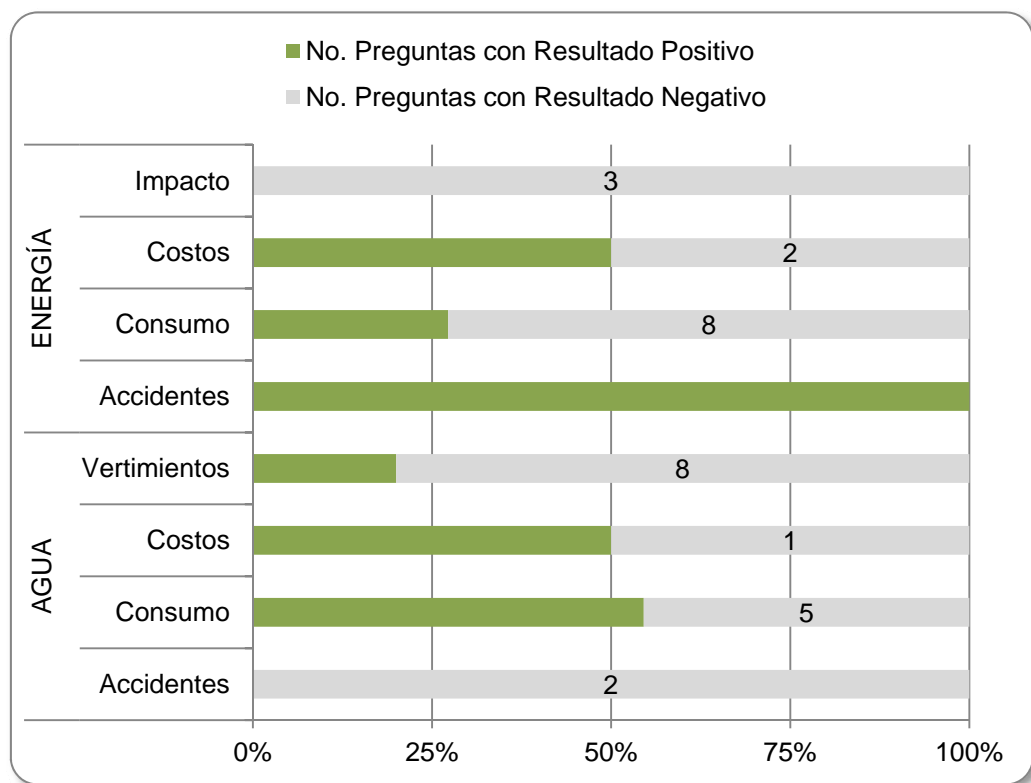
En la figura 20 se subtotaliza para cada tema en cada recurso el nivel de cumplimiento con el fin de que la Compañía W tenga herramientas de análisis para definir recursos, prioridades y áreas responsables de los planes de acción necesarios para avanzar en el nivel de cumplimiento; de esta manera estas cifras también hace parte de la línea base con la cual se podrá realizar seguimiento detallado del progreso en cada recurso.

Para esta RIA en la figura 20 se observa que para el recurso agua los temas que presentan el nivel de cumplimiento más bajo corresponden a *accidentes*, el cual también está asociado al enfoque de riesgos y está relacionado con estar preparados en caso de una contaminación del agua y también se presenta un menor cumplimiento en el tema de *vertimientos*, el cual es relevante ya que está estrechamente asociado al cumplimiento de requisitos legales, por lo cual se debe

prestar mayor atención. Respecto a las aguas residuales anualmente se realiza caracterización de los vertimientos para la presentación ante la autoridad ambiental, los informes revisados presentan que los parámetros han estado dentro de las especificaciones, sin embargo esta información no ha sido analizada con el fin de evaluar posibilidades de recuperación de agua así como las opciones de reducción de las sustancias químicas utilizadas en el proceso.

Respecto al recurso energía en la figura 20 se observa que los resultados de menor cumplimiento corresponden a *impacto* y *consumo*. Dentro del tema *impacto* se hace referencia a lo relacionado con las emisiones generadas por el consumo de energía, el cual también está estrechamente relacionado con cumplimiento de requisitos legales, para lo cual se le debe dar un mayor énfasis y en cuanto a *consumo* se evidencia que la debilidad se debe a la ausencia de mediciones.

Figura 20. Resultados RIA por temas



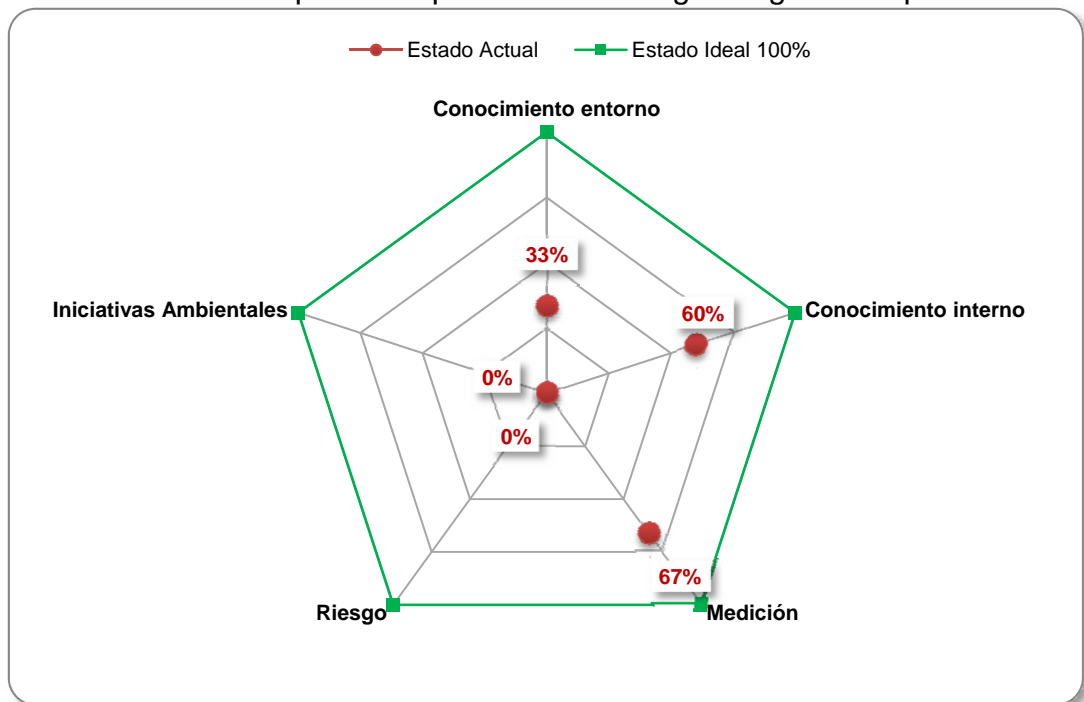
Fuente: Autores

Adicionalmente los puntos de la lista de chequeo también se clasificaron de acuerdo a cinco enfoques o perspectivas, los cuales son complementarios entre sí, y se utilizó la gráfica de radar (figuras 19 y 20) con el fin de visualizar el estado

actual y el ideal que correspondería al 100%, de esta manera generar una línea base y poder medir los avances desde una óptica estratégica.

En la figura 21 se encuentran los resultados para el recurso agua, donde se observa que actualmente el mayor porcentaje de resultados positivos corresponden a *conocimiento interno* y *mediciones* a pesar de esto hay una gran debilidad en cuanto a *riesgo* e *iniciativas ambientales* básicas y un bajo puntaje en cuanto a *conocimiento del entorno* para el manejo del recurso hídrico. A pesar que se debe trabajar en todos los enfoques, se debe definir prioridades y de acuerdo a este panorama se podría iniciar con fortalecer que tanto la Compañía W conoce de su entorno en cuanto a situaciones externas que afecten el uso del recurso, disponibilidad de tecnologías en el mercado para la reducción del consumo del agua (con foco en las etapas de mayor consumo que se definen en este mismo estudio) y el tratamiento de los vertimientos, de esta manera tiene la información de entrada para mitigar *riesgos* y proponer *iniciativas ambientales*, que a primera instancia podrían ser para mejorar medidas de fin de tubo y posteriormente soluciones de producción más limpia.

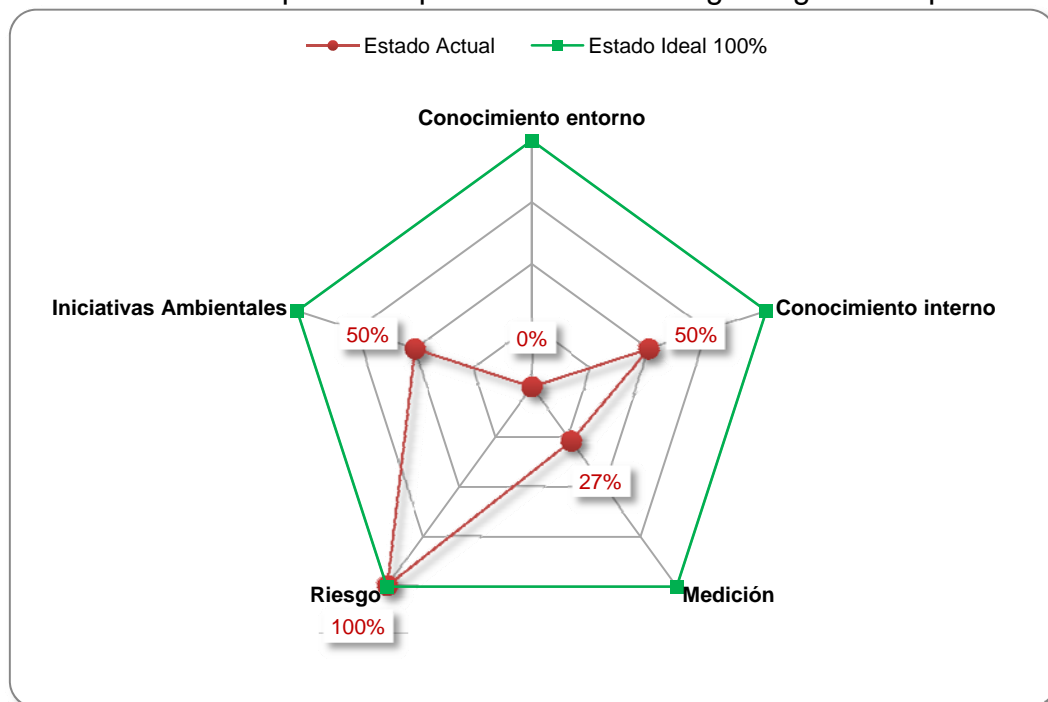
Figura 21. Nivel de cumplimiento para el recurso agua según enfoque



Fuente: Autores

Los resultados del recurso energía se encuentra en la figura 22, se observa que contrario al recurso hídrico, se presenta un mayor puntaje respecto a *riesgo*, *iniciativas ambientales* y *conocimiento interno*. Pero al igual que el agua se presenta un puntaje menor en cuanto a *conocimiento del entorno*, no se evidencia que se hayan realizado análisis de tecnologías limpias. También presenta un resultado menor en lo relacionado con la *medición* ya que no se tienen datos precisos acerca del consumo de energía específicos para el proceso y el costeo se realiza con estimaciones indirectas.

Figura 22. Nivel de cumplimiento para el recurso energía según enfoque



Fuente: Autores

En el anexo H se describe un protocolo para la elaboración de la RIA el cual se creó como resultado de la aplicación práctica de dicha herramienta.

### 5.3 ECOMAPAS

#### 5.3.1 Ecomapa de Agua

En la figura 23 se encuentra el ecomapa de agua de la línea de producción de algodón purificado, el cual se construyó a partir del diagrama del flujo del proceso

(figura 14). El área total es aproximadamente 3000 m<sup>3</sup> dividida físicamente en dos secciones: sección de descrude y blanqueo y la sección de cardado y empaque.

El espacio destinado para descrude y blanqueo cuenta con dos pisos, en el nivel uno encontramos todo el sistema eléctrico y los tanques de agua potable (parte superior de la grafica) y en la parte inferior del Ecomapa se observa el almacenamiento de la materia prima, la abridora No. 1 y la banda transportadora que conduce el algodón crudo al segundo nivel para ser procesado. También se observan las tapas que al retirarlas permiten visualizar el tanque de reposo que se encuentra subterráneo en el cual se depositan los vertimientos generados de la línea de producción. En el nivel dos se ubican las prensas, las tres marmitas, la centrifugas y el horno de secado que mediante otra banda transportadora envía el algodón ya blanqueado al área de cardado y empaque.

En la sección de cardado y empaque se encuentra la oficina de los supervisores de producción ubicada en la esquina inferior izquierda de la grafica, seguida de las doce cardadoras que reciben el algodón blanqueado de la abridora No. 3 y luego lo distribuyen a su respectivo empaque teniendo en cuenta la referencia que se va a realizar.

Durante el reconocimiento del proceso se logró identificar los puntos de mayor consumo de agua, al igual que los puntos donde se generan mayores descargas de agua residual, las cuales corresponden a las etapas de:

- Descrude y blanqueo: Hace uso del agua para lavar el algodón mediante procesos físicos y químicos. Esta etapa cuenta con dos tanques de almacenamiento de agua potable cada uno con una capacidad de 15 m<sup>3</sup> ubicados en el primer nivel de la línea de producción, estos son alimentados a su vez por el sistema de acueducto de agua potable de la ciudad. Por lo anterior esta etapa se identificó como de “Consumo Alto” en el ecomapa de agua (figura 23)
- Prensado: Con ayuda del agua se compacta el algodón en discos para ser introducido a las marmitas. Está etapa se identificó como “Consumo Medio” en el ecomapa de agua (figura 23)

Las áreas donde se generan descargas de aguas residuales son:

- Prensado: Agua con sólidos del material
- Descrude y blanqueo: Agua con insumos químicos
- Centrifugado: Agua producto de enjuagues

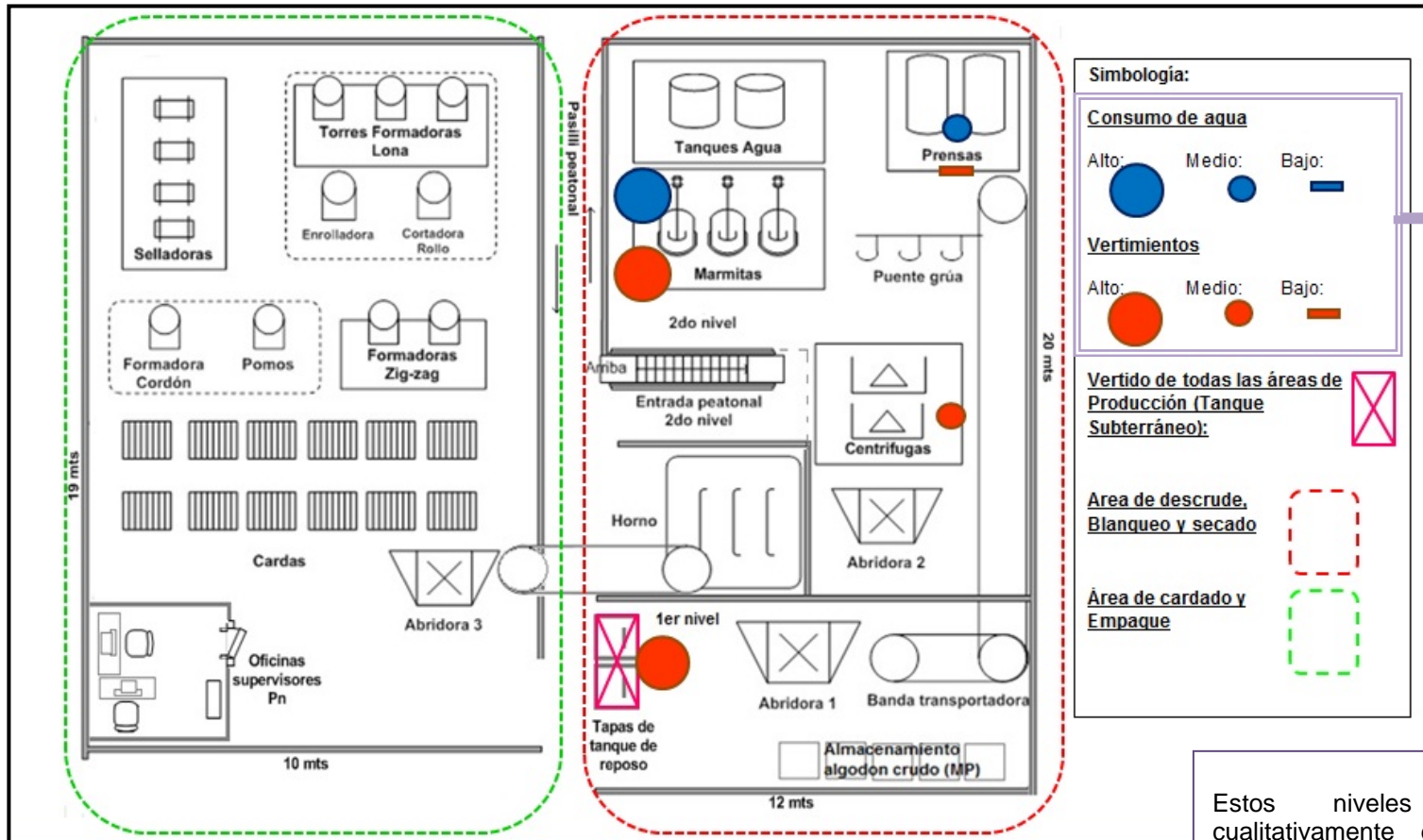
El agua residual producto de esta actividad se vierte en un tanque de neutralización decantación y flotación (cámaras o tanques de reposo), donde se neutraliza el pH y se retienen grasas y sólidos. El objetivo de este tanque básicamente es de reposo de aguas con alta temperatura y remoción de sólidos, las aguas residuales almacenadas en este lugar proviene de varias líneas de producción y luego de un proceso básico de sedimentación se dirige al sistema de alcantarillado de la ciudad.

De acuerdo a la información revisa durante la RIA en cuanto a vertimientos, las caracterizaciones realizadas en los últimos dos años han estado dentro de los límites definidos en la normatividad.

En el anexo I se describe un protocolo para la elaboración de ecomapas, el cual se creó como resultado de la aplicación práctica de dicha herramienta.



Figura 23. Ecomapa de agua para la línea de producción de algodón purificado



Fuente: Autores

Estos niveles se definieron cualitativamente de acuerdo a las observaciones durante las el reconocimiento del proceso.

### **5.3.2 Ecomapa de Energía**

La figura 24 corresponde el ecomapa de energía de la línea de producción de algodón purificado, el cual se construyó a partir del diagrama de flujo del proceso (figura 14) y de la información recolectada en campo en cuanto al funcionamiento de cada uno de los equipos de las diferentes etapas del proceso:

#### Etapa de Apertura 1 y Prensado:

- Abridora 1: Primer equipo por donde pasa la materia prima, el objetivo de esta es desenredar las fibras del algodón crudo que se encuentra almacenado en pacas compactas y a su paso por ésta se realiza una limpieza muy superficial de basura que traiga en su interior.
- Prensas: Una vez desenredada, la fibra entra a las prensas que compactan el algodón en discos con el fin de que sea más manejable para la siguiente etapa de descrude y blanqueo.
- El puente grúa: Es un equipo de gran ayuda para levantar equipos y material pesado y con este transportamos el algodón en discos para llevarlo a las marmitas.

#### Etapa de Descrude y Blanqueo:

- Marmitas: En la línea de producción se cuenta con tres marmitas, dos con una capacidad de 360 kg y una con capacidad de 520 kg. Estos equipos además de consumir energía eléctrica también requieren vapor para su proceso, el cual es suministrado por las calderas, las cuales utilizan gas natural para su funcionamiento.

#### Etapa de Centrifugado y Apertura 2:

- Centrifuga: Es la encargada de retirar el exceso de agua que queda impregnada en el algodón que sale de las marmitas.
- Abridora 2: desenmaraña el algodón que es retirado de los discos con el fin de desligar las fibras y permitir un mejor secado.

#### Etapa de Secado:

- Horno de secado: Equipo encargado de la extracción de la humedad a través de calor, una vez el algodón pase por esta etapa debe estar totalmente seco y listo para la siguiente etapa relacionada con el cardado y respectivo empaque. Este equipo además de consumir energía eléctrica

requieren vapor para su proceso, el cual es suministrado por las calderas, las cuales utilizan gas natural para su funcionamiento

#### Etapa de Cardado:

- Cardas: La etapa de cardado cuenta con 12 cardas, las cuales se encargan de abrir los grumos con los que llega el algodón y transformarlos en fibras largas individuales en forma de velos uniformes los cuales van adquiriendo una forma definida a la salida teniendo en cuenta la referencia que se vaya a empacar.

#### Etapa de Empaque:

Dependiendo de la referencia a empacar existen tres tipos de equipos:

- Torres formadoras de lona: Agrupan el algodón para darle forma y logre encajar en pequeños rollos.
- Cortadora de rollo: Corta las lonas en longitudes determinadas.
- Enrolladora: Envuelve la lona en su presentación final (Rollo)
- Formadoras de zigzag: agrupan el algodón de tal forma que queda en su presentación final de zigzag empacada en pequeñas bolsas de diferentes tamaños.
- Formadoras de cordón: agrupan el algodón en forma de cordón de tal forma que se genera una trenza extensa la cual será cortada y dará origen a la presentación de pomos.
- Selladoras: Se encargan de cerrar herméticamente el empaque, la línea tiene cuatro equipos.

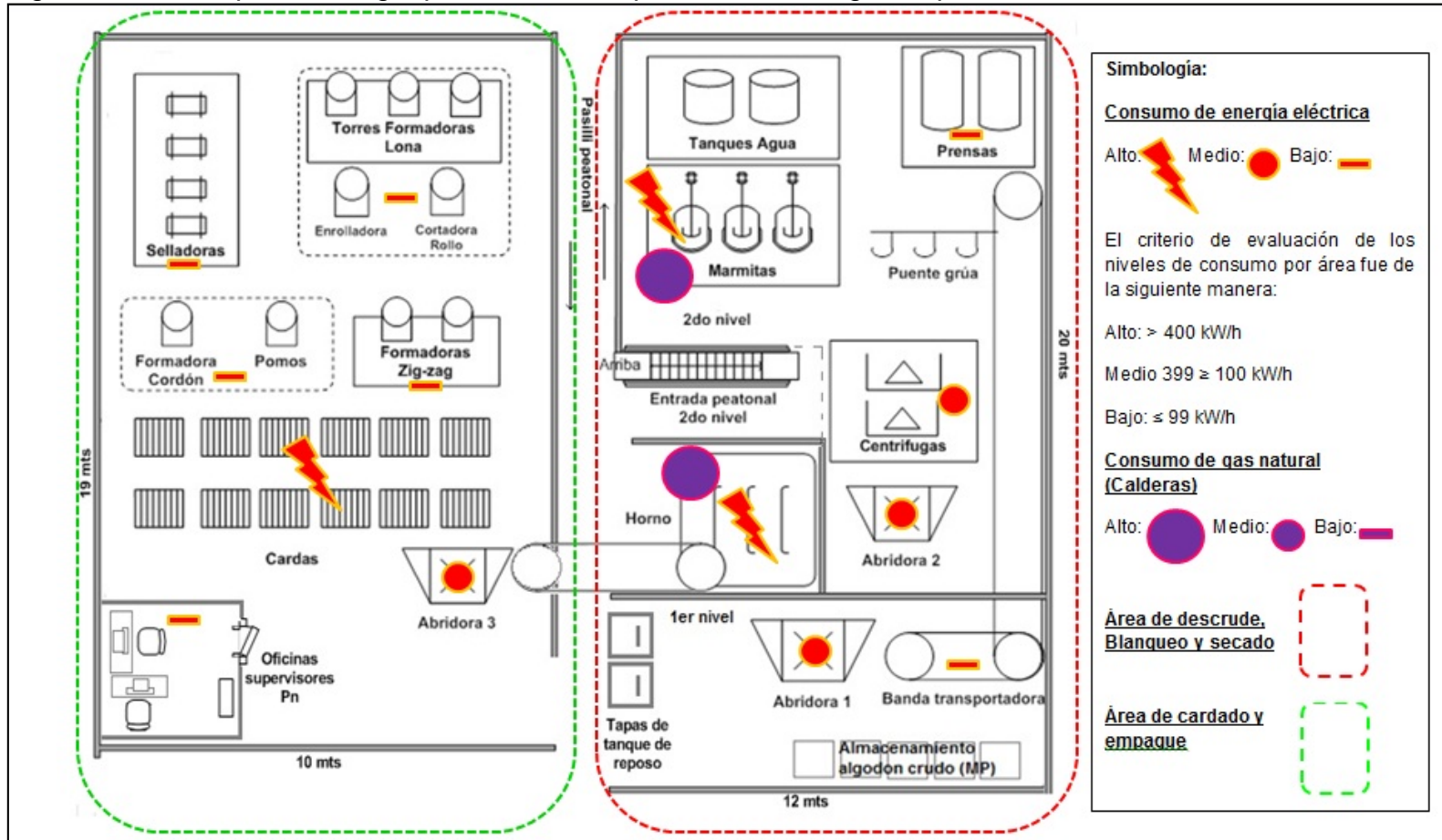
Además de conocer la función de cada uno de los equipos, con la ayuda del personal de mantenimiento de la Compañía W se recopiló por cada equipo la información técnica necesaria para tener un estimado del consumo de energía en kilowatio por hora por turno (Anexo E); de esta manera se definió cualitativamente los equipos con alto, medio y bajo consumo de energía eléctrica (figura 24). Los procesos que presentan alto consumo de energía corresponden a las marmitas (etapa de descrude y blanqueo) y el horno (etapa de secado), y los equipos con nivel medio de energía son las abridoras 1, 2 y 3 y las centrifugas.

Respecto al gas natural se identificó que su consumo se realiza en las calderas, las cuales se describen en el Anexo G, las calderas producen vapor el cual es utilizado en las marmitas (etapa de descrude y blanqueo) y en horno (etapa de

secado), estos equipos se identificaron con el símbolo de alto consumo de gas natural en el ecomapa de energía (figura 24). Es importante tener en cuenta que las calderas también son usadas en otras líneas de producción diferentes a las de algodón.

En el anexo I se describe un protocolo para la elaboración de ecomapas, el cual se creó como resultado de la aplicación práctica de dicha herramienta.

Figura 24. Ecomapa de energía para la línea de producción de algodón purificado



Fuente: Autores

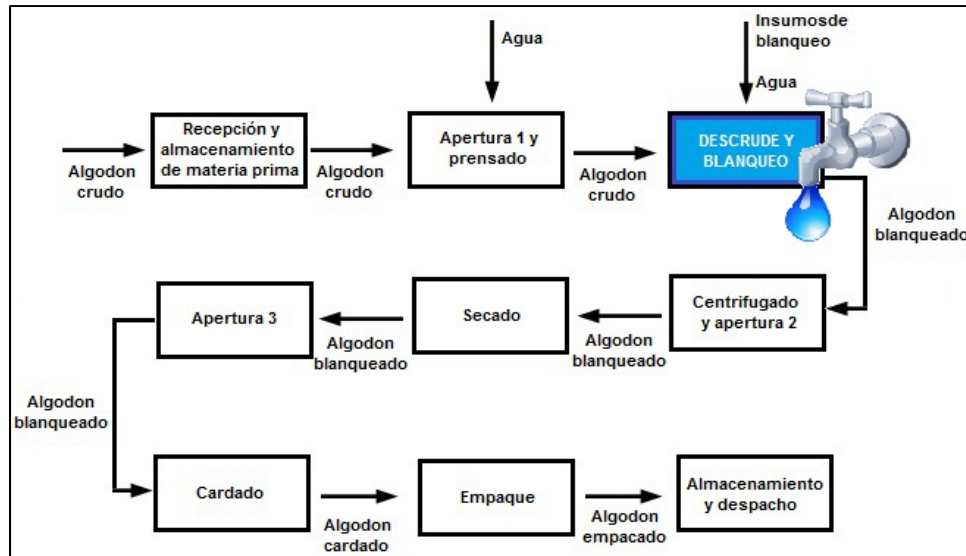
Los niveles de consumo de energía se definieron de cuantitativamente acuerdo a la revisión de información técnica de los equipos

Los niveles de consumo de gas natural se definieron cualitativamente durante al reconocimiento del proceso

## 5.4 ECOBALANCE Y DIAGRAMA DE FLUJO DE SUSTANCIAS

Estas dos herramientas se utilizaron de manera complementaria para el recurso agua. A través de la elaboración de los ecomapas y diagramas de flujo se logró evidenciar que la etapa con mayor consumo de agua y generación de vertimientos corresponde a la etapa de descruce y blanqueo (figura 25), por lo tanto se definió realizar para esta etapa un diagrama de flujo de sustancias y el ecobalance; con el fin de determinar con precisión las operaciones que son susceptibles de mejora.

Figura 25. Selección de etapa crítica del proceso de producción de algodón (uso del agua)



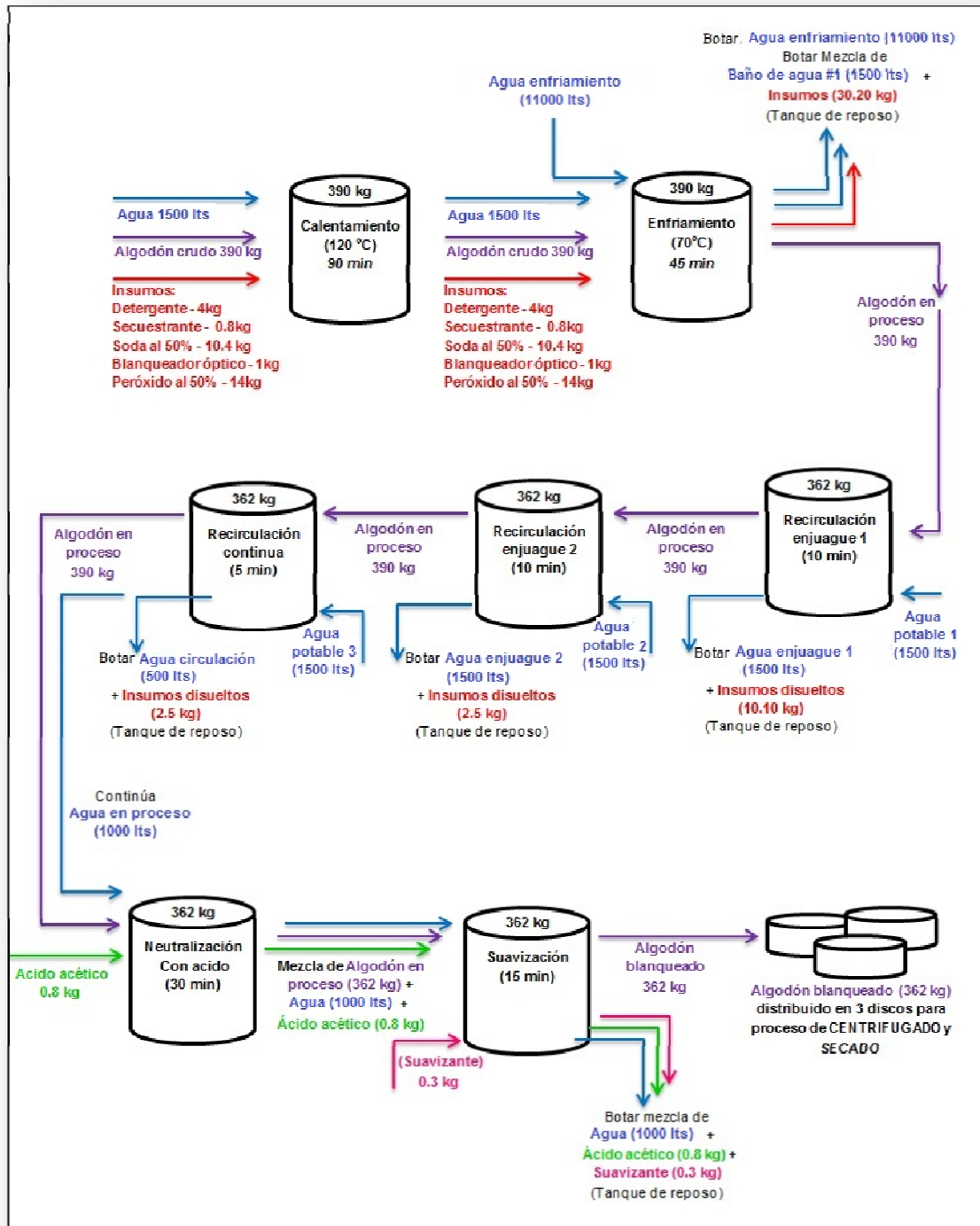
Fuente: Autores

Una vez seleccionada la etapa de descruce y blanqueo como crítica en cuanto al consumo de agua se definió que la cantidad a analizar correspondía a un lote de 362 kilos, además se identificaron siete operaciones que comprendía esta etapa:

- Calentamiento
- Enfriamiento
- Recirculación 1
- Recirculación 2
- Continua
- Neutralización
- Suavización

A continuación se presenta el diagrama de flujo de sustancias para esta etapa:

Figura 26. Diagrama de flujo de sustancias de la etapa de blanqueo



Fuente: Autores

De manera paralela se desarrolló el ecobalance para esta misma etapa (figura 26), el cual se estructuró inicialmente en una hoja de excel con el fin de facilitar los cálculos de entradas y salidas para cada una de las siete operaciones.

Al revisar conjuntamente el diagrama de flujo (figura 26) y el ecobalance (figura 27) se puede observar que:

- El agua se utiliza como medio de mezcla de los insumos, para enjuagues del producto y para enfriamiento.
- Al sumar todas las entradas de agua potable (insumo y enfriamiento) se logra evidenciar que para la fabricación de un lote de 362 kilos de algodón se requiere  $17\text{m}^3$  de agua para la etapa de descruce y blanqueo. Lo que equivale a 46 litros de agua por kilo de algodón, que de acuerdo a la información de la figura 17 corresponde al 90% del total de agua que se utiliza para la producción (si en promedio en total se utiliza 51 litros por kilo de algodón).
- Para la fabricación de un lote de 362 kilos en la etapa de enfriamiento se vierte al alcantarillado aproximadamente  $11\text{ m}^3$  de agua potable a la cual no se le ha adicionado ninguna sustancia por lo cual la hace susceptible de reutilización.
- Para la fabricación de un lote de 362 kilos se vierte al alcantarillado aproximadamente 31 kilos de sustancias químicas; correspondientes a insumos requeridos para el descruce y el blanqueo, los cuales corresponde a detergentes, secuestrantes, soda caústica, blanqueador óptico, peróxido de hidrógeno, ácido acético y suavizantes.

Teniendo en cuenta lo anterior se observa que la etapa de descruce y blanqueo es un punto crítico, ya que cerca del 90% del consumo de agua se realiza en esta etapa, por lo tanto es una etapa de intervención para mejorar el desempeño ambiental. Por lo tanto el foco de los planes de acción se debe desarrollar en esta etapa.

En el anexo J se describe un protocolo para la elaboración de diagrama de flujo de sustancias y en el anexo K se describe un protocolo para la elaboración de ecobalances, los cuales se crearon como resultado de la aplicación práctica de dicha herramienta.



Figura 27. Ecobalance de agua y materiales de proceso de Descrude y Blanqueo para 362 Kilos de Algodón.

TIPO DE ENTRADA	UNIDAD	CANTIDAD	ENTRADA	OPERACIÓN	SALIDA	CANTIDAD	UNIDAD	TIPO DE SALIDA
Materia Prima	Kg	390,00	Algodón crudo	<b>CALENTAMIENTO (120°C - 20 min)</b>	Algodón cocinado	390,00	Kg	Producto en proceso
Insumo	m <sup>3</sup>	1,50	◆ Agua Potable (Acueducto)		Baño de agua # 1	1,50	m <sup>3</sup>	Solución para proceso
Insumo para descrude	Kg	4,00	Detergente		Insumos para descrude y blanqueo (Disueltas en baño de agua # 1)	30,20	Kg	
Insumo para descrude	Kg	0,80	Secuestrante					
Insumo para descrude	Kg	10,40	Soda Caústica 50%					
Insumo para blanqueo	Kg	1,00	Blanqueador Optico					
Insumo para blanqueo	Kg	14,00	Peróxido de Hidrógeno 50%					
Producto en proceso	Kg	390,00	Algodón cocinado	<b>ENFRIAMIENTO (45 min)</b>	Algodón descrudado frío	362,00	Kg	Producto en proceso
Solución para proceso	m <sup>3</sup>	1,50	Baño de agua # 1		Residuos del descrude	28,00	Kg	Residuo sólido
	Kg	30,20	Insumos para descrude y blanqueo (Disueltas en baño de agua # 1)		Baño de agua # 1	1,50	m <sup>3</sup>	◆ Vertimiento
					Insumos (Disueltos en baño de agua # 1)	15,10	Kg	◆ Vertimiento
Medio de enfriamiento	m <sup>3</sup>	11,00	◆ Agua Potable (Acueducto)		Insumos (Adheridos al algodón)	15,10	Kg	Producto en proceso
Producto en proceso	Kg	362,00	Algodón descrudado frío	<b>RECIRCULACIÓN 1 (10 min)</b>	Algodón 1er Lavado	362,00	Kg	Producto en proceso
Insumo	m <sup>3</sup>	1,50	◆ Agua Potable (Acueducto)		Baño de agua # 2	1,50	m <sup>3</sup>	◆ Vertimiento
Producto en proceso	Kg	15,10	Insumos para descrude y blanqueo (Adheridas al producto)		Insumos (Disueltos en baño de agua # 2)	10,10	Kg	◆ Vertimiento
					Insumos (Adheridos al algodón)	5,00	Kg	Producto en proceso
Producto en proceso	Kg	362,00	Algodón 1er Lavado	<b>RECIRCULACIÓN 2 (10 min)</b>	Algodón 2do Lavado	362,00	Kg	Producto en proceso
Insumo	m <sup>3</sup>	1,50	◆ Agua Potable (Acueducto)		Baño de agua # 3	1,50	m <sup>3</sup>	◆ Vertimiento
Solución para proceso	Kg	5,00	Insumos para descrude y blanqueo (Adheridas al algodón)		Insumos (Disueltos en baño de agua # 2)	2,50	Kg	◆ Vertimiento
				Insumos (Adheridos al algodón)	2,50	Kg	Producto en proceso	
Producto en proceso	Kg	362,00	Algodón 2do Lavado	<b>CONTINUA (5 min)</b>	Algodón 3er Lavado	362,00	Kg	Producto en proceso
Insumo	m <sup>3</sup>	1,50	◆ Agua Potable (Acueducto)		Baño de agua # 4	0,50	m <sup>3</sup>	◆ Vertimiento
					Baño de agua # 4	1,00	m <sup>3</sup>	Producto en proceso
Solución para proceso	Kg	2,50	Insumos para descrude y blanqueo (Adheridas al algodón)		Insumos (Disueltas en baño de agua # 4)	2,50	Kg	◆ Vertimiento
Producto en proceso	Kg	362,00	Algodón 3er lavado	<b>NEUTRALIZACIÓN CON ÁCIDO (30 min)</b>	Algodón Neutralizado	362,00	Kg	Producto en proceso
Solución para proceso	m <sup>3</sup>	1,00	Baño de agua # 4		Baño neutralizado	1,00	m <sup>3</sup>	Producto en proceso
Insumo	Kg	0,80	Acido Acético		Acido Acético (En baño neutralizado)	0,80	Kg	Solución para proceso
Producto en proceso	Kg	362,00	Algodón Neutralizado	<b>SUAVIZACIÓN (15 min)</b>	Algodón Blanqueado	362,00	Kg	Producto listo para centrifugar
Producto en proceso	m <sup>3</sup>	1,00	Baño neutralizado		Baño de agua # 5	1,00	m <sup>3</sup>	◆ Vertimiento
Solución para proceso	Kg	0,80	Acido Acético (En baño neutralizado)		Acido Acético (En baño neutralizado)	0,80	Kg	◆ Vertimiento
Insumo	Kg	0,30	Suavizante		Suavizante (En baño neutralizado)	0,30	Kg	◆ Vertimiento

Fuente: Autores

## **6. CONCLUSIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES DEL TRABAJO**

- Una vez aplicadas las herramientas de producción más limpia para el diagnóstico se puede concluir que su uso de manera conjunta permite tener información complementaria del uso de los recursos. Los ecomapas son herramientas útiles para la visualización de los procesos sin embargo se requiere de otras herramientas con el RIA y el Ecobalance para obtener información cuantitativa.
- También se destaca que previo a la aplicación de las herramientas es necesario realizar el reconocimiento del proceso, principalmente la identificación de las etapas y operaciones unitarias.
- La metodología utilizada para estimar los niveles de consumo de energía eléctrica para cada etapa brindó a la compañía W la oportunidad de tener una manera indirecta de realizar estas mediciones.

### **6.2 CONCLUSIONES DEL PROCESO**

- Mediante la información recopilada a lo largo de este trabajo se logró identificar las etapas críticas del proceso en cuanto a consumo de recursos: la etapa de descrude y blanqueo respecto al uso del agua y energía, adicionalmente la etapa de secado para el recurso energía (energía eléctrica y gas natural).
- Al utilizar de manera paralela las herramientas de diagrama de flujo de sustancias y el Ecobalance se brinda la oportunidad de complementar la información y de facilitar la visualización del proceso. Gracias a estas herramientas se pudo obtener de manera cuantitativa detallada los datos de la etapa donde se consume el 90% del agua de todo el proceso de producción de algodón.
- Para los recursos agua y energía se presenta una debilidad en cuanto al conocimiento que la compañía W tiene de su entorno respecto a factores externos que afecten el uso del recurso, disponibilidad en el mercado de alternativas en nuevas tecnologías para las reducciones de los consumos y el tratamiento de los vertimientos. Adicional a esto se evidencia un gran

desconocimiento en cuanto al manejo de los riesgos relacionados con la contaminación interna del recurso hídrico que pudieran llegar a afectar el proceso productivo y por ende la calidad del producto terminado.

## 7. RECOMENDACIONES

### 7.1 RECOMENDACIONES PARA LA COMPAÑÍA W

- De acuerdo a la revisión realizada del porcentaje de asignación del costo del agua del proceso de algodón purificado sobre el total de la planta (numeral 5.1.2.1), se recomienda completar esta revisión con los valores de agua utilizada en las calderas y así ajustar dicho porcentaje para mayor exactitud en el costeo.
- Para el recurso hídrico de acuerdo a los resultados del RIA se debe fortalecer el conocimiento que la compañía W tiene respecto a:
  - Impactos y procedimientos en caso de contaminaciones accidentales del recurso hídrico.
  - Situaciones externas que afecten el uso del recurso, como por ejemplo situaciones medioambientales.
  - Explorar opciones de tecnologías para la reducción del consumo de agua en las etapas de mayor consumo.
  - Vertimientos, con el fin de evaluar las posibilidades de recuperación y reducción de los insumos utilizados y por ende reducción de contaminación. De acuerdo al ecomapa las etapas de generación de vertimientos son: prensado, descrude, blanqueo y centrifugado.
- De acuerdo a los resultados del RIA para el recurso energía se debe fortalecer el conocimiento que la compañía W tiene respecto a:
  - Emisiones generadas por el consumo de energía
  - Metodologías para calcular los consumos de energía.
  - Tecnologías limpias para la reducción en el consumo de energía y dispositivos para medir las emisiones,
- Para la etapa de descrude y blanqueo se recomienda evaluar la factibilidad técnica y financiera de:
  - La reutilización de los 11m<sup>3</sup> agua de enfriamiento utilizado para la fabricación de los 362 kilos de algodón blanqueado.
  - La reducción de los 31 kilos de sustancias químicas utilizadas en el proceso, con el fin de reducir contaminación, así como la disminución en alguna proporción del volumen de agua potable que se requieren para el enjuague de dichas sustancias.

## 7.2 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

- Al momento de intervenir el proceso en búsqueda de opciones de mejora en el consumo de energía eléctrica se debe iniciar por las etapas de descruce y blanqueo y secado; seguidos por los procesos realizados en las abridoras y en la centrifugas.
- Una vez realizado el diagnóstico, para estudios posteriores más específicos recomendamos la aplicación de otras herramientas de producción más limpia orientadas a la priorización y a la mejora como son los costos de ineficiencia y el benchmarking, ésta última para tener puntos de referencia de otras compañías o de otros procesos. La aplicación de la herramienta de costos de ineficiencia permitirá calcular los beneficios económicos para la compañía W de la ejecución de planes de acción originados de alternativas preventivas.

## BIBLIOGRAFIA

Balace de Materia y Energía Ecobalances [En línea]: Medellín: Corporación Empresarial del Oriente Antioqueño, Disponible en internet: <http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Memorias/Modulo2/EcobalancesCNPMLTA.pdf>

CASTELLS, Xavier y BORDAS, Santiago. Energía, agua, medioambiente territorialidad y sostenibilidad. España: Ediciones Díaz de Santos, 2011.

CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas. Tecnologías Energéticas e Impacto Ambiental. Madrid: McGraw-Hill, 2001.

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

Confederación Colombiana de Algodón CONALGODÓN [En línea]: Estadísticas - Precios de Fibra. Bogotá: CONALGODÓN, 2012. [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://conalgodon.com/estadisticas-fibrasemillas>

Corporación Distribuidora de Algodón Nacional DIAGONAL. [En línea]: Clasificación del Algodón. Medellín: DIAGONAL, 2009. [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.diagonal-colombia.com>.

Cotton Incorporated [En línea]: Recursos Técnicos de los productos No Tejidos de Algodón. Cotton Incorporated, 2012. [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://es.cottoninc.com/Cotton-Nonwoven-Technical-Guides/>

Ecomapping [En línea]: Our Tools & Methods. Bruselas: Ecomapping© Heinz Werner Engel, 2002 [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.ecomapping.com/en/tools-methodes/ecomapping.html>

Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) [En línea]: EMAS Toolkit for small organizations. Paris: European Commission. Septiembre 2012. [Consultado 03 de

octubre de 2012]. Disponible en internet:  
<http://ec.europa.eu/environment/emas/toolkit/>

Foresight for development [En línea]: World Water Resources and Regional Vulnerability: Impact of Future Changes. Junio 1993. [Consultado 29 de abril de 2013]. Disponible en internet: [www foresightfordevelopment.org](http://www foresightfordevelopment.org)

GRAEDEL, Thomas E, ALLENBY, Branden R. Industrial Ecology. New Jersey: Prentice Hall. Segunda edición. 2003.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica Colombiana. Industria Farmacéutica y de Cosméticos. Algodón Purificado para Uso Medicinal. Bogotá: ICONTEC, 1986, 5 p. (NTC 2209)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14001 Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Bogotá: ICONTEC, 2004, 27p. (NCT-ISO 14001)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Guía Técnica Colombiana. Guía Para La Ejecución De La Revisión Ambiental Inicial (RAI) y del Analisis de Diferencias (Gap Analysis), como Parte de la Implementación y Mejora de un Sistema de Gestión Ambiental.. Bogotá: ICONTEC, 2007, 23 p. (GTC 93)

PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [En línea]: Eficiencia de Recursos, Programas y Proyectos, Consumo y producción sostenibles. Ciudad de Panamá: PNUMA, 2009 [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet:  
<http://www.pnuma.org/eficienciarecursos/Consumo%20Sostenible.php>

Revista de Ingeniería No. 26 [En línea]: La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. Bogotá: Universidad de los Andes, Noviembre de 2007. [Consultado el 22 de octubre de 2012]. Disponible en internet:  
<https://revistainq.uniandes.edu.co/index.php?idr=28&ids=42&ida=374>

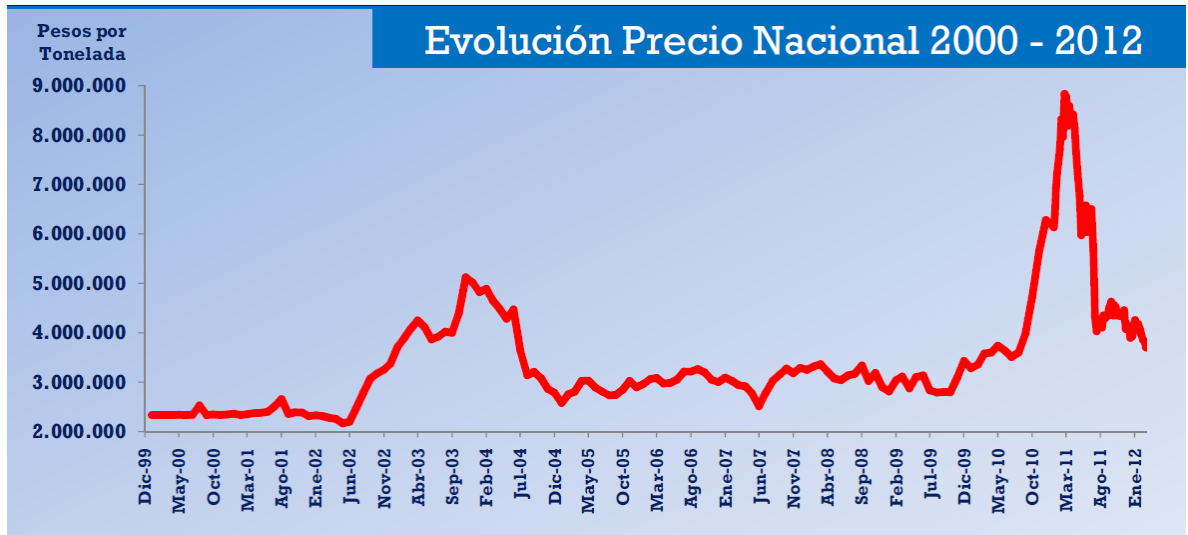
UNEP United Nations Environment Programme [En línea]: Usando Producción más Limpia para Facilitar la Implementación de los Acuerdos Ambientales Multilaterales 2012 [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet:  
<http://www.unep.fr/scp/>

VAN HOOFF, Bart; MONROY, Nestor y SAER, Alex. Producción más Limpia : Paradigma de gestión ambiental. Bogotá : Alfaomega Colombiana, Universidad de los Andes. Facultad de Administración, 2008.

VERA SMITH, Fernando; JIMENEZ MUÑOZ, Esther del Rocío. Diagramas de flujo. México: Editorial Trillas S.A. 2002.

## 8. ANEXOS

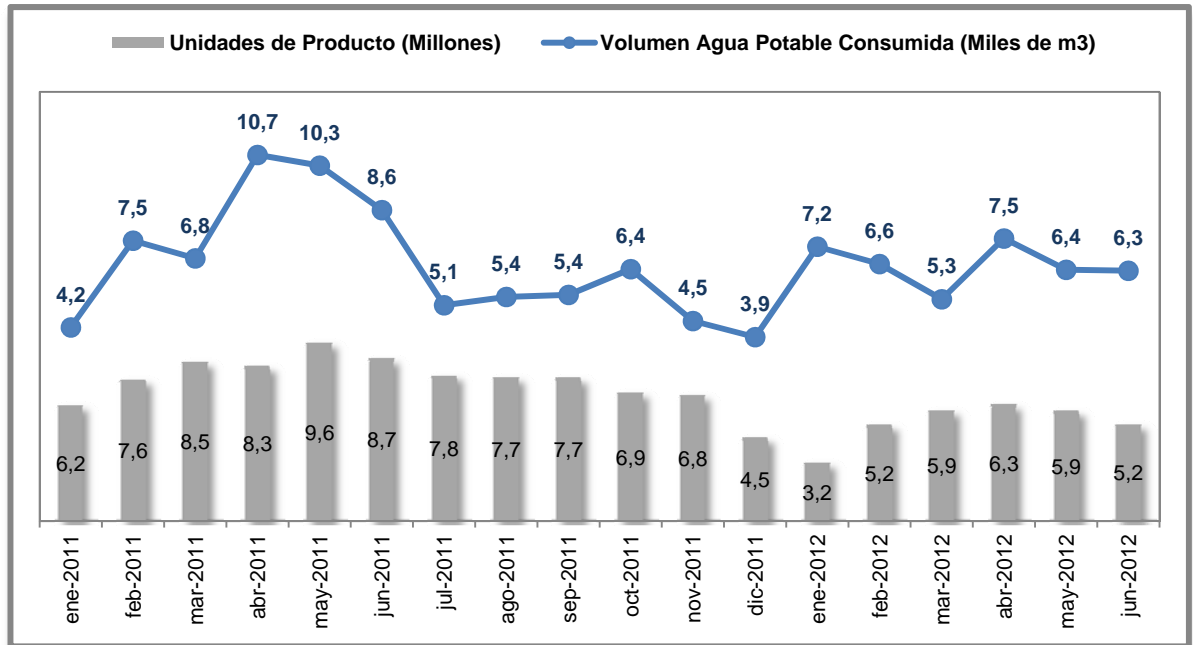
### Anexo A. Evolución Precio Nacional del Algodón 2000 – 2012



Fuente: Confederación Colombiana de Algodón CONALGODÓN [En línea]: Estadísticas - Precios de Fibra. Bogotá: CONALGODÓN, 2012. [Consultado 01 de octubre de 2012]. Disponible en internet: <http://conalgodon.com/estadisticas-fibrasemillas>

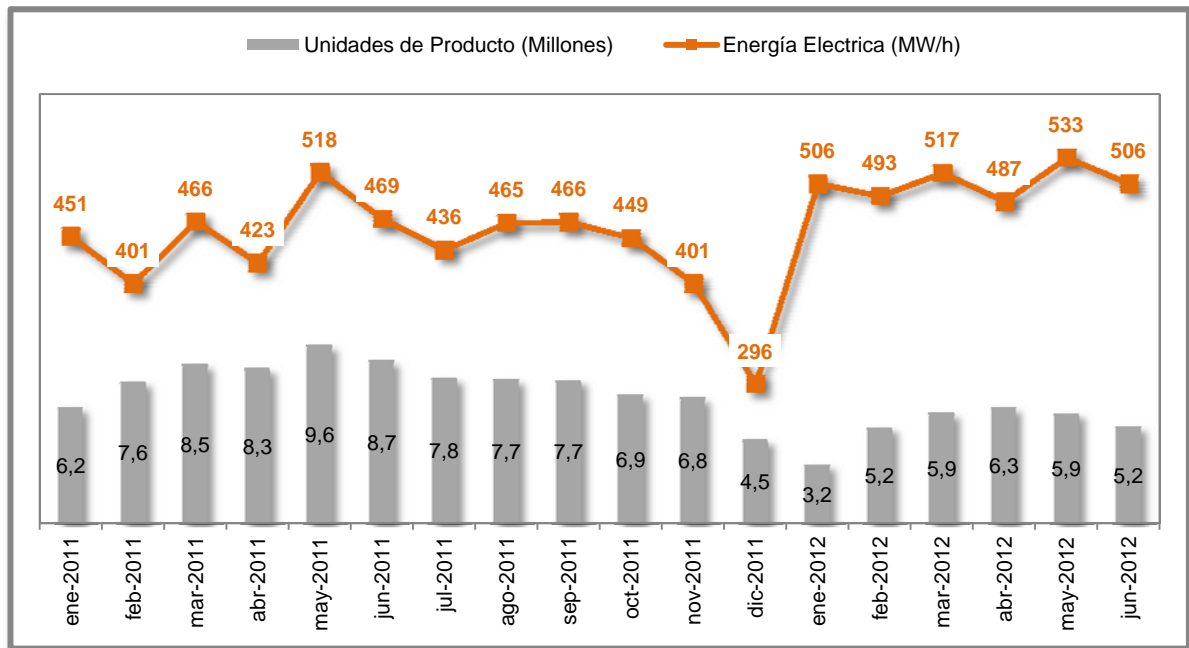


Anexo B. Consumo de Agua Potable en la planta de la Compañía W. Enero 2011 – Junio 2012



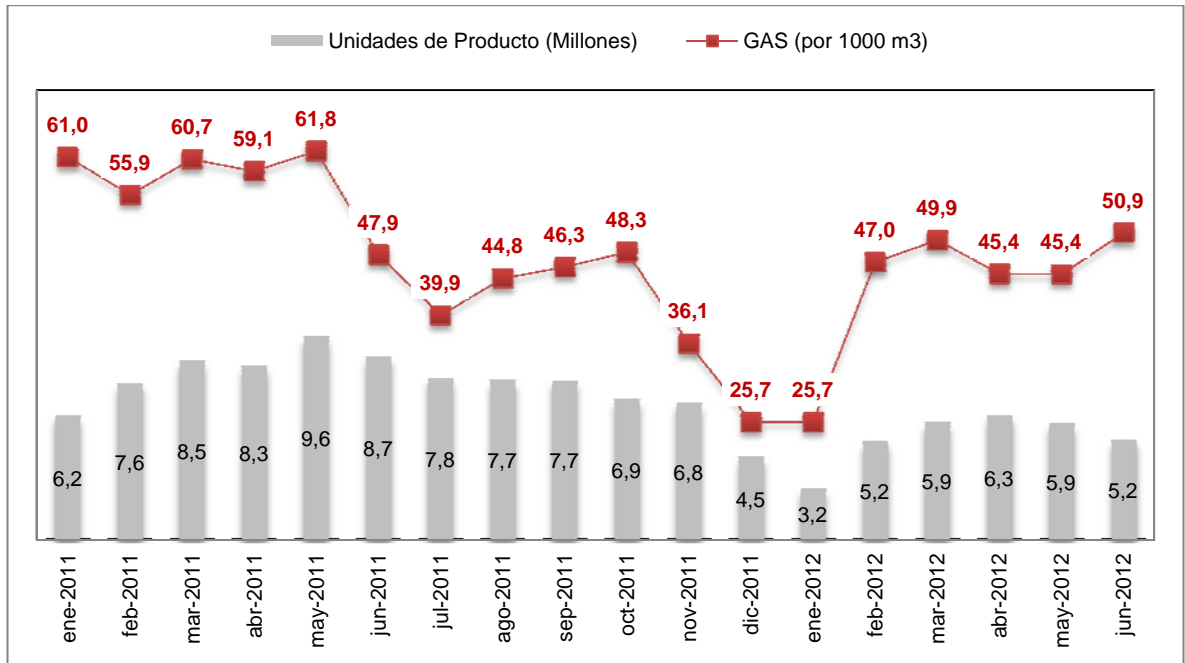
Fuente: Valores tomados de registros de la Compañía W.

Anexo C. Consumo de Energía Eléctrica en la planta de la Compañía W. Enero 2011 - Junio 2012



Fuente: Valores tomados de registros de la Compañía W

Anexo D. Consumo de Gas Natural en la planta de la Compañía W. Enero 2011 - Junio 2012



Fuente: Valores tomados de registros de la Compañía W

## Anexo E. Información Técnica de los Equipos del Proceso de Producción de Algodón Purificado

PROCESO	EQUIPO	COMPONENTES (Motores, etc.)	POTENCIA (KW)	HORAS DE TRABAJO POR TURNO	CONSUMO POR TURNO (kW/h)
<b>Alumbrado</b>	Lámparas Alumbrado	Tubo T8 32 W x 56 Unidades	1,80	8	14,4
<b>Apertura 1</b>	Abridora 1	Motor Succionador de Transporte	5,50	5	27,5
		Motor Abridor	3,00	5	15,0
		Motor Brazo	0,60	5	3,0
		Motor Carro Desplazante	0,10	5	0,5
	Prensa 1	Motor de Brazos Prensa	7,50	5	37,5
		Motor C	2,20	5	11,0
		Motor de Ajuste de Prensa	1,10	5	5,5
		Motor de Canasta Giratoria	0,18	5	0,9
	Prensa 2	Motor de Brazos Prensa	5,50	5	27,5
		Motor C	2,20	5	11,0
		Motor de Ajuste de Prensa	1,10	5	5,5
		Motor de Canasta Giratoria	0,18	5	0,9
Puente Grúa 1	Motor Desplazamiento Vertical	7,10	2	14,2	
	Motor de Conducción	2,00	2	4,0	
<b>Descruce y blanqueo</b>	Centrifuga 1	Motor Principal	30,00	6	180,0
	Centrifuga 2	Motor Principal	30,00	6	180,0
	Marmita 1	Motor Principal	30,00	6	180,0
	Marmita 2	Motor Principal	30,00	6	180,0
	Marmita 3	Motor Principal	32,00	6	192,0
	Puente Grúa 2	Motor de Conducción	2,00	2	4,0
		Motor Desplazamiento Lateral	1,50	2	3,0
	Tanque de Agua	Motor 1 ( Bomba )	11,10	6	66,6
Motor 2 ( Bomba )		8,90	6	53,4	
<b>Apertura 2</b>	Abridora 2	Motor Banda Alimentadora	0,75	5	3,8
		Motor Banda Salida	0,75	5	3,8
		Motor Banda Salida a Fleissner	0,75	5	3,8
		Motor Rotor de Tambores	0,37	5	1,9
<b>Secado</b>	Horno de Secado	Motor Unidad de Ventilación 1	15,00	8	120,0
		Motor Unidad de Ventilación 2	15,00	8	120,0
		Motor Unidad de Ventilación 3	15,00	8	120,0
		Motor Unidad de Ventilación 4	15,00	8	120,0
		Motor de Rodillos	15,00	8	120,0
		Motor de Tambor	3,00	8	24,0
		Motor Desilachador de Algodón	0,90	8	7,2
		Motorreductor de Tambor	0,01	8	0,1
<b>Apertura 3</b>	Abridora 3	Motor Banda	7,50	8	60,0
		Motor Peine	5,50	8	44,0
		Motor de Estera N°1	3,00	8	24,0
		Motor de Estera N°2	1,50	8	12,0
<b>Empaque</b>	Cortadora Rollo	Motor Principal	0,10	4	0,4
	Enrolladora	Motor Principal	0,20	4	0,8
	Formadora cordón	Motor Principal	0,20	4	0,8

PROCESO	EQUIPO	COMPONENTES (Motores, etc.)	POTENCIA (KW)	HORAS DE TRABAJO POR TURNO	CONSUMO POR TURNO (kW/h)
	Formadora Pomos	Motor Principal	0,18	2	0,4
	Formadora Zigzag 1	Motor Principal	0,30	8	2,4
	Formadora Zigzag 2	Motor Principal	0,30	8	2,4
	Selladora 1	Motor Principal	0,25	8	2,0
	Selladora 2	Motor Principal	0,25	8	2,0
	Selladora 3	Motor Principal	0,25	8	2,0
	Selladora 4	Motor Principal	0,25	8	2,0
	Torre Formadora Lona 1	Motor Principal	1,10	4	4,4
	Torre Formadora Lona 2	Motor Principal	1,10	4	4,4
	Torre Formadora Lona 3	Motor Principal	1,10	4	4,4

Fuente: Tomada del área de Mantenimiento de la compañía W

Anexo F. Revisión Inicial Ambiental del Proceso de Producción de Algodón Purificado en la Compañía W para los Recursos Agua y Energía.

☺ Resultado Positivo

☹ Resultado Negativo.

No.	PUNTOS EVALUADOS	ENFOQUE	HALLAZGO	CLASIFICACIÓN	
				☺	☹
<b>AGUA</b>					
	<b>Consumo</b>				
1	Se conoce de donde es el suministro de agua y sus diferentes fuentes	Conocimiento entorno	Es agua potable que proviene de dos plantas de tratamiento de la empresa de acueducto y alcantarillado de la ciudad.	●	
2	Se han analizado situaciones externas medioambientales que puedan ocasionar restricciones debidas a condiciones climáticas específicas, por ejemplo, la sequía, las inundaciones?	Conocimiento entorno	No hay evidencias que se analicen este tipo de situaciones de manera sistemática		●
3	¿Se llevan registros para conocer cuánta agua consume la compañía (m <sup>3</sup> por año)?	Medición	Se llevan registros, para el 2011 el agua consumida fue 78.500 m <sup>3</sup> por año (Ver Anexo 2)	●	
4	¿Se llevan registros para conocer cuánta agua consume el proceso de <b>producción de algodón</b> (m <sup>3</sup> por año)?	Medición	A partir de junio del 2011 se instaló un contador de agua a la entrada del proceso, el consumo promedio para el segundo semestre de este año fue de 2.331 m <sup>3</sup> .	●	
5	¿Para el proceso de producción de algodón se puede identificar el consumo de agua de acuerdo al uso, es decir, volumen utilizado para el procesamiento, limpieza, refrigeración etc., y el % del volumen total que esto representa?	Medición	No se puede hacer esta cuantificación y diferenciación.		●
6	¿Para el proceso de producción de algodón se mide y registra los niveles de consumo de agua de forma regular?	Medición	Se tienen un medidor instalado a la entrada del proceso de algodón desde el mes de junio de 2011.	●	

No.	PUNTOS EVALUADOS	ENFOQUE	HALLAZGO	CLASIFICACIÓN	
				☺	☹
7	¿Se conocen que sustancias contaminantes entran en contacto con agua durante su uso en el proceso de algodón?	Conocimiento interno	Se informa que corresponden a las siguientes sustancias: Detergentes Ácidos Bases Secuestrantes Blanqueadores Ópticos Suavizantes	●	
8	Se han desarrollado procedimientos para la manipulación de las sustancias contaminantes del agua?	Riesgo	No se han desarrollado.		●
9	¿Se reutiliza agua en el proceso de algodón?	Iniciativas Ambientales	No se reutiliza		●
10	¿Se han identificado medidas que se podrían implementar para reducir el consumo de agua?	Iniciativas Ambientales	Sí, pero se suspendieron porque afectaron la calidad del producto terminado.		●
11	Se han evaluado tecnologías limpias para la reducción del consumo de agua?	Conocimiento entorno	No se han evaluado.		●
<b>Vertimientos</b>					
12	¿Se tienen registros de los volúmenes de vertimientos (m <sup>3</sup> al año) y los tipos de aguas residuales vertidas?	Conocimiento interno	No se llevan estos registros		●
13	¿Puedes localizar todos los puntos físicos en el que descargan las aguas residuales?	Conocimiento interno	Sí, se conocen los sitios de descargas al alcantarillado.	●	
14	¿Se conocen cuáles son las actividades del proceso de algodón que generan descargas por ejemplo, refrigeración, limpieza?	Conocimiento interno	Del proceso de blanqueo, de refrigeración, del lavado de los equipos.	●	
15	¿Se conocen las propiedades físicas, químicas y biológicas que deben ser monitoreados regularmente en las aguas residuales?	Conocimiento interno	No se tiene claridad de esta información		●
16	¿Se monitorean los vertimientos antes de ser descargados?	Iniciativas Ambientales	No se monitorean		●
17	¿Se conocen los diferentes tipos de métodos y dispositivos para la medición de la contaminación de aguas	Conocimiento entorno	No se conocen		●

No.	PUNTOS EVALUADOS	ENFOQUE	HALLAZGO	CLASIFICACIÓN	
				☺	☹
	residuales?				
18	¿Se han identificado medidas que reduzcan la cantidad de aguas residuales generadas por sus actividades, y reducir y / o eliminar la contaminación de aguas residuales? Si es así, eran las mejores prácticas y tecnologías limpias en cuenta cuando las medidas se identificaron?	Conocimiento entorno	No se han identificado		●
19	¿Se tiene tratamiento de aguas residuales? Si es así, ¿qué volumen se trata (m <sup>3</sup> al año) y qué % de las aguas residuales en general no representa esto?	Iniciativas Ambientales	No se tiene		●
20	¿Se conocen opciones de tecnología limpia para el tratamiento de aguas residuales?	Conocimiento entorno	No se conocen		●
21	Se realiza tratamiento de aguas residuales para ser reutilizadas en el proceso? Si es así a que % corresponde	Iniciativas Ambientales	No se realiza		●
<b>Accidentes</b>					
22	Se tiene definido cuál sería el impacto de una descarga accidental de materiales utilizados en el proceso en el sistema de agua o en el entorno?	Riesgo	No se tienen.		●
23	¿Se tienen procedimientos de emergencia el caso de contaminación accidental del agua?	Riesgo	No se tienen.		●
<b>Costos</b>					
24	Se conocen los costos asociados con el consumo de agua, por ejemplo, tarifas?	Medición	Si se conocen.	●	
25	Se conocen los costos asociados con vertimientos de las aguas?	Medición	No se conocen		●
<b>ENERGIA</b>					
<b>Consumo</b>					
26	¿Tiene registros históricos de la cantidad de energía consumida por cada una de las actividades del proceso de algodón?	Medición	No se tiene, esta información se construye para realizar el ecomapa.		●



No.	PUNTOS EVALUADOS	ENFOQUE	HALLAZGO	CLASIFICACIÓN	
				☺	☹
27	¿Puede identificar los puntos en el área en el cual se consume energía?	Conocimiento interno	El área de Mantenimiento maneja esta información	●	
28	¿Se conoce qué tipos de y cantidades de energía se utilizan en la empresa?	Medición	De acuerdo a los consumos reportados en las facturas para el año 2011 fueron: Energía Eléctrica = 5.241 MW Gas Natural = 500 mil m <sup>3</sup>	●	
29	Se conoce cuánta energía se consume en el proceso de producción de algodón (kWh al año)?	Medición	No se tiene con precisión esta información.		●
30	¿Se conoce cuánta energía se consume por unidad de producción y por empleado?	Medición	No se tiene esta información		●
31	¿Se conoce cuál es el nivel de consumo de energía para cada fuente como un % del consumo total de energía, por ejemplo, 75% de gas natural, un 25% de electricidad?	Medición	No se tiene esta información		●
32	¿Se puede demostrar claramente el consumo de energía de acuerdo con el uso, por ejemplo, cantidad utilizada para el procesamiento, calefacción, etc. y el % que representa el consumo total de energía?	Medición	No se tiene esta información		●
33	¿El nivel de consumo de energía es medido y registrado de forma regular?	Medición	Solo se realiza a través de la información de las facturas, no se tienen medidores.		●
34	¿Se han evaluado opciones para recuperación de calor?	Iniciativas Ambientales	No se han evaluado.		●
35	Han sido identificadas las medidas para reducir el consumo de energía?	Iniciativas Ambientales	Si, en el área de algodón se han instalado motores de alta eficiencia	●	
36	Se han considerado tecnologías limpias para la reducción del consumo de energía?	Conocimiento entorno	No se han evaluado.		●
	<b>Impacto</b>				

No.	PUNTOS EVALUADOS	ENFOQUE	HALLAZGO	CLASIFICACIÓN	
				☺	☹
37	¿Se conocen cuáles son las emisiones atmosféricas generadas por el consumo de energía?	Conocimiento interno	Anualmente se realizan mediciones para cumplimientos regulatorios, pero no se analiza esta información		●
38	¿Son estas las emisiones medidas y registrados en una base regular?	Medición	No se lleva este registro		●
39	¿Se conocen los diferentes tipos de dispositivos que se pueden utilizar para medir las emisiones generadas por el consumo de energía?	Conocimiento entorno	No se conocen		●
<b>Accidentes</b>					
40	¿Tiene un registro de los accidentes relacionados con sus instalaciones de energía, por ejemplo, termostato roto con el consiguiente recalentamiento y explosión de la caldera?	Riesgo	Se llevan registros de los accidentes y no se han presentado accidentes por esta causa	●	
41	¿Existen procedimientos para casos de accidentes relacionados con sus instalaciones de energía?	Riesgo	Existen procedimientos de accidentes en general	●	
<b>Costos</b>					
42	¿Se conoce cuánto paga por la compañía durante un año por su consumo de energía para toda la planta?	Medición	Para el 2011: Energía Eléctrica = \$ 1.400 millones Gas Natural = \$ 500 millones	●	
43	¿Se conoce cuánto paga por la compañía durante un año por su consumo de energía para el proceso de algodón?	Medición	Del valor total se asigna un porcentaje, pero esta valor no está justificado cuantitativamente		●
44	¿Se puede rastrear los cambios en las facturas de energía a través del tiempo, y las razones de los cambios?	Medición	El área de Mantenimiento realiza este análisis	●	
45	¿Conoce los costos asociados con la reducción del consumo de energía, por ejemplo, la instalación de un nuevo sistema de calefacción?	Conocimiento entorno	No se tiene cuantificado		●

Fuente: Autores

Anexo G. Características de las calderas usadas en el proceso de elaboración de algodón purificado.

CARACTERISTICA	CALDERA 1	CALDERA 2	CALDERA 3
Combustible	Gas Natural	Gas Natural	Gas Natural
Consumo (m <sup>3</sup> /hora)	12.6 m <sup>3</sup> /h	12.6 m <sup>3</sup> /h	12.6 m <sup>3</sup> /h
Capacidad Max.	125 H.P	100 H.P	125 H.P
Poder calorífico del combustible	1096.73 MBtu/m <sup>3</sup>	1096.73 MBtu/m <sup>3</sup>	1096.73 MBtu/m <sup>3</sup>
Altura total (mts)	15 mts.	15 mts.	15 mts.

Fuente: Autores

## Anexo H. Protocolo Elaboración de la Revisión Inicial Ambiental

### PASO 1. DEFINIR EL OBJETIVO Y EL ALCANCE

- Definir el objetivo con las partes interesadas .
- Definir el alcance: a que procesos? a que líneas? a qué áreas? qué elementos (agua, energía, residuos)?

### PASO 2. RECONOCIMIENTO INICIAL DEL PROCESO

- Identificar y contextualizar el proceso a revisar según el alcance.

### PASO 3. CONSTRUIR LAS LISTAS DE CHEQUEO

- De acuerdo al alcance, construir las preguntas o puntos a revisar. Como punto de partida se sugiere utilizar las preguntas del Cuestionario para Revisión Ambiental (Environmental Review Questionnaire) de Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) de la Comisión Europea .
- Se deben definir los requisitos legales y reglamentarios que aplican según el alcance.
- Agrupar las preguntas o puntos por temas que permita realizar estadísticas.
- Definir como realizar la calificación de los hallazgos:
  - Cumplido / No cumplido.
  - Positivo / Negativo.
  - Conformidad / No conformidad / Observación
  - O definir niveles según la necesidad
- Definir si se incluyen preguntas necesarias para la recopilación de datos de otras herramientas de Producción más Limpia , como información para ecomapas.

### PASO 4. PLANEAR LA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Según el alcance de la revisión: identificar a que personas se entrevistarán y planear las visitas de campo.
- Definir si la información se registrará manualmente (imprimir las listas de chequeo) ó digitalmente (preparar archivo en equipo portátil)
- Definir si se permite la toma de fotografía.

### PASO 5. RECOPIAR LA INFORMACIÓN

- Realizar las visitas, entrevistas y revisión de los registros (físicos y digitales).
- Tomar las fotografías de soporte que se requieran .

### PASO 6. GENERAR EL REPORTE DE LOS DATOS PRIMARIOS

- Registrar los hallazgos para cada uno de los puntos definidos, indicando las evidencias encontradas y realizar su clasificación.

### PASO 7. ANALIZAR LA INFORMACIÓN

- Consolidar la información y realizar estadísticas generando conclusiones.
- Utilizar gráficas que permitan realizar comparaciones más adelante y hallar similitudes ó diferencias.

### PASO 8. GENERAR INFORME FINAL

- Generar el documento final, el cual contenga los datos primarios, las estadísticas, análisis y conclusiones que permitan a la compañía definir planes de acción y prioridades.

## Anexo I. Protocolo Elaboración de Ecomapas

### PASO 1. DEFINIR OBJETIVO Y ALCANCE

- Definir el objetivo con las partes interesadas
- Definir el alcance: área, proceso, elemento
- De acuerdo al alcance definir el tipo de ecomapa: agua, energía, residuos.

### PASO 2. RECONOCIMIENTO INICIAL DEL PROCESO

- Contextualizar el proceso ó área de acuerdo al alcance.
- Definir si el área tiene un plano general que se pueda utilizar como punto de partida.
- Identificar el flujo del proceso.

### PASO 3. PLANEAR LA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Definir la simbología y niveles (alto, medio, bajo) de acuerdo al tipo de ecomapa.
- Planear el recorrido al área y entrevistas con el personal técnico, el cual se debe realizar cuando el área esté activa.
- Revisar el inventario de equipos para luego identificarlos durante la visita.

### PASO 4. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Realizar el recorrido al área siguiendo el flujo del proceso.
- Identificar los puntos de interés de acuerdo al tipo de mapa.
- Revisar los registros que permitan definir cuantitativamente los niveles en los consumos.

### PASO 5. CONSTRUCCIÓN DEL ECOMAPA

- A partir del plano general construir el ecomapa registrando la información recolectada: ubicación de equipos, puntos de interés de acuerdo al tipo de ecomapa y al alcance,

### PASO 6. GENERAR INFORME Y CONCLUSIONES

- El informe debe contener el ecomapa construido y las conclusiones que permitan a la compañía generar planes de acción o que sirva de punto de referencia para discusiones de mejora del proceso.

## Anexo J. Protocolo Elaboración de Diagrama de Flujo de Sustancias

### PASO 1. DEFINIR OBJETIVO Y ALCANCE

- Definir el objetivo con las partes interesadas
- Definir el alcance: área, proceso, elemento
- De acuerdo al alcance definir la etapa del proceso a analizar

### PASO 2. RECONOCIMIENTO INICIAL DEL PROCESO

- Contextualizar el proceso ó área de acuerdo al alcance.
- Identificar el flujo del proceso.
- Identificar las operaciones unitarias que componen la etapa a analizar
- Identificar con el personal técnico el inventario de materiales, recursos e insumos que intervienen en la operación a analizar.

### PASO 3. PLANEAR LA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Planear el recorrido al área y entrevistas con el personal técnico, el cual se debe realizar cuando el área esté activa.
- Identificar los posibles registros que pudieran contener la información cuantitativa de las entradas y salidas de los materiales, recursos e insumos a analizar de acuerdo al alcance (órdenes de producción, bitácoras, controles en proceso)
- Revisar el inventario de equipos para luego identificarlos durante la visita.
- Definir si se requieren equipos de medición para tomar datos durante el recorrido.

### PASO 4. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Realizar el recorrido siguiendo el flujo del proceso puntualmente en la etapa a analizar.
- Realizar las entrevistas y revisar los registros que contengan la información cuantitativa del proceso.

### PASO 5. CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO

- Realizar un diagrama de flujo general con las operaciones unitarias que componen la etapa a analizar.
- Para cada operación registrar las entradas y salidas.

### PASO 6. GENERAR INFORME Y CONCLUSIONES

- El informe debe contener el diagrama construido y las conclusiones que permitan a la compañía generar planes de acción o que sirva de punto de referencia para discusiones de mejora de esa etapa del proceso.

## Anexo K. Protocolo Elaboración de Ecobalances

### PASO 1. DEFINIR OBJETIVO Y ALCANCE

- Definir el objetivo con las partes interesadas
- Definir el alcance: área, proceso, elemento
- De acuerdo al alcance definir la etapa del proceso a analizar

### PASO 2. RECONOCIMIENTO INICIAL DEL PROCESO

- Contextualizar el proceso ó área de acuerdo al alcance.
- Identificar el flujo del proceso.
- Identificar las operaciones unitarias que componen la etapa a analizar
- Identificar con el personal técnico el inventario de materiales, recursos e insumos que intervienen en la operación a analizar.

### PASO 3. PLANEAR LA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Planear el recorrido al área y entrevistas con el personal técnico, el cual se debe realizar cuando el área esté activa.
- Identificar los posibles registros que pudieran contener la información cuantitativa de las entradas y salidas de los materiales, recursos e insumos a analizar de acuerdo al alcance (órdenes de producción, bitácoras, controles en proceso)
- Revisar el inventario de equipos para luego identificarlos durante la visita.
- Definir si se requieren equipos de medición para tomar datos durante el recorrido.
- Diseñar una hoja en excel para la recopilación de la información, que permita hacer el balance a lo largo de todas las operaciones.
- La información de entrada para cada operación es: *Tipo de entrada (Insumo, materia prima, recurso), entrada (nombre compuesto), unidad de medida (kilos, gramos, litros), cantidad*
- La información de salida para cada operación es: *Tipo de salida (producto, producto en proceso, producto intermedio, residuo, vertimiento), salida (nombre del compuesto), unidad de medida (kilos, gramos, litros), cantidad*

### PASO 4. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Realizar el recorrido siguiendo el flujo del proceso puntualmente en la etapa a analizar.
- Realizar las entrevistas y revisar los registros que contengan la información cuantitativa del proceso.

### PASO 5. CONSTRUCCIÓN DEL ECOBALANCE

- Para cada operación registrar las entradas y salidas.
- Verificar el balance entre las entradas y salidas.

### PASO 6. GENERAR INFORME Y CONCLUSIONES

- El informe debe contener el ecobalance construido y las conclusiones que permitan a la compañía generar planes de acción o que sirva de punto de referencia para discusiones de mejora de esa etapa del proceso.