MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA HILATURA DEL ALGODÓN Y SU PROYECCIÓN EN EL SECTOR TEXTIL, DESDE EL ENFOQUE DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EL LCA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE POSGRADOS

ALEXANDER MATEUS VARGAS

Administrador de Empresas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Maestría en Ingeniería – Ingeniería Industrial

Bogotá

2012

MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA HILATURA DEL ALGODÓN Y SU PROYECCIÓN EN EL SECTOR TEXTIL, DESDE EL ENFOQUE DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EL LCA

ALEXANDER MATEUS VARGAS

ADMINISTRADOR DE EMPRESAS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de

MAGISTER EN INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Director:

PAULO ANDRÉS ROMERO LARRAHONDO, MSc.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPATAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INDUSTRIAL

BOGOTÁ D. C., 2012

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Paulo Andrés Romero Larrahondo, docente de la Universidad Nacional de Colombia, por su paciencia y apoyo para desarrollar este trabajo de grado, pero más que nada por sus consejos, disciplina y dirección impartida, porque esos tres elementos aportaron a mi desarrollo académico y personal. A mi familia porque me brindaron apoyo incondicional y me dieron ánimo en momentos cuando más lo necesitaba. A mis amigos y compañeros de estudio porque estuvieron pendientes de mi labor o me ayudaron con sus observaciones y correcciones sobre el documento.

RESUMEN

Con el objetivo de alcanzar el desarrollo sostenible a partir de la visión que hace el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible destinado para el año 2050 y relacionándolo con el incremento del desempeño económico causado por un progreso ambiental, este trabajo de grado se centra en el mejoramiento de la productividad de la hilatura desde el enfoque de eco-eficiencia por medio de herramientas de Producción más Limpia, junto con una herramienta de control de calidad y seguimiento utilizada en Seis Sigma; se desarrolló un procedimiento apoyado y controlado por los planteamientos de un Sistema Integral de Gestión para la disminución y el aprovechamiento del desperdicio de algodón generado en la industria, creando un nuevo producto a partir del residuo de algodón que se utilizo en el mercado para sustituir otro producto a base de algodón 100%. El ciclo de vida de los dos productos fue comparado por criterios establecidos en el software utilizado para determinar los efectos ambientales, un producto que se ingresó a un mercado abastecido por otros bienes que prestan la misma función con otro tipo de características. Todo lo anterior se enmarco en la multi-metodología que asocio tres puntos de vista distintos (material, social y personal) en la problemática solucionada y analizada por las herramientas antes mencionadas. Los resultados muestran un mejoramiento de la productividad y disminución de efectos ambientales por la disminución del desperdicio en la fase productiva, reutilización del mismo en el proceso y comercialización del nuevo producto.

ABSTRACT

With the aim of achieving sustainable development from the vision that makes the World Business Council for Sustainable Development in 2050 and relating to the increase in economic performance caused by environmental progress, this work concentrates for improving the productivity of the spinning from the view on eco-efficiency through cleaner production tools, along with a tool for quality control and monitoring used in Six Sigma, a procedure was developed supported and controlled by approaches of a Integrated Management system for the reduction and utilization of waste generated in the cotton industry, creating a new product from cotton waste that was used in the market to substitute another product based on 100% cotton. The life cycle of the two products was compared by characteristics established in the software used to determine the environmental effects, a product that entered a market supplied by other products that provide the same function with other features. The multi-methodology that combines three different views (material, social and personal) in the problem solved and analyzed by the tools mentioned above. The results show an improvement in productivity and reduced environmental impact by decreasing waste in the production phase, reusing the same in the process and marketing the new product.

PALABRAS CLAVES: Productividad, Producción más Limpia, LCA, Hilatura y Algodón.

KEY WORDS: Productivity, Cleaner Production, LCA, Spinning and Cotton.

CONTENIDO

RESUMEN VII
LISTA DE TABLAS XIII
LISTA DE ILUSTRACIÓN XV
LISTA DE FIGURAS XVII
GLOSARIO XIX
INTRODUCCIÓN 1
1. JUSTIFICACIÓN 3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 9
3. OBJETIVOS 13
3.1. Objetivo general 13
3.2. Objetivos específicos 13
4. MARCO TEÓRICO 15
4.1. Desarrollo Sostenible 17
4.1.1. El Arribo de la Propuesta de Desarrollo Sostenible 18
4.1.2. Desarrollo sostenible hoy 19
4.2. Recursos eficientes y Producción más limpia (RECP) 20
4.2.1. Concepto de PML a RECP 20
4.2.2. Aplicación de RECP 21
4.2.3. Herramientas de RECP 22
4.2.4. Herramienta Análisis de Ciclo de Vida 22
4.2.5. Metodología de aplicación de RECP 24
4.3. Productividad 26
4.3.1. Productividad Total 26
4.3.2. Productividad Parcial 26
4.4. Innovación 27
4.4.1. Eco-innovación 27
4.4.2. Eco-eficiencia 28
4.5. Sistemas de Gestión 29
4.5.1. Kaizen 30
4.5.2. Ciclo Deming (PHVA) 34
4.5.3. Sistema de Gestión de Calidad (Norma ISO 9001/2008) (SGC) 34

4.5.4. Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) 35
4.5.5. Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001/2007) 37
4.5.6. Sistema Integral de Gestión 37
4.6. Análisis de Ciclo de Vida (LCA: *Life Cycle Assessment*) 40
4.6.1. Enfoque de "la cuna a la cuna" 40
4.6.2. Software LCA (GaBi 4) 41
4.7. La industria textil 42
4.7.1. Generalidades 42
4.7.2. Fibra textil Algodón 43
4.7.3. Producción textil 44
4.7.4. Proceso Hilatura de Algodón: 45
4.7.5. Título, Número o Densidad Lineal 46
4.7.6. Descripción de las Empresas 47
4.8. Desempeño ambiental y competitividad 48
5. METODOLOGÍA 51
6. DESARROLLO PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA HILATURA DE ALGODÓN 55
6.1. Algodón y Desarrollo Sostenible 56
6.2. Aplicación RECP en la Hilatura 58
6.2.1. Ecomapas 61
6.2.2. Ecobalances 66
6.2.3. Buenas Prácticas De Manufactura 67
6.2.4. Análisis de Riesgos 68
6.3. Uso de las Bases de un SIG para la Gestión de la Industria 69
6.3.1. Planteamientos Norma ISO 9001 69
6.3.2. Planteamientos Norma ISO 14001 70
6.3.3. Planteamientos Norma OHSAS 18001 71
6.3.4. Aplicación Sistema Integrado de Gestión (SIG) 71
6.4. Uso herramienta de control con Seis Sigma 74
6.5. Análisis de Ciclo de Vida del Algodón 84
6.6. Encuesta Agroinsumos sobre la Hilaza a partir de Desperdicio de Algodón 97
6.7. Productividad 101

6.7.1. Ficha Técnica Hilo 8/2 Algodón 103
6.7.2. Ficha Técnica Hilo 8/2 Desperdicio De Algodón 105
6.8. Eco-eficiencia VS Eco-efectividad 106
7. CONCLUSIONES 111
FUENTES DE INFORMACIÓN 117
Anexo 1: Comisiones antes de Río 123
Anexo 2: Río 1992 y Johannesburgo 2002 125
Anexo 3: Herramientas del RECP 129
Anexo 4: Seis Sigma como medida estadística de control 135
Anexo 5: Ciclo Deming 137
Anexo 6: Distintos Sistemas de Gestión Ambiental 139
Anexo 7: Requerimientos de un Sistema de Gestión Integral (en calidad ambiental, seguridad y salud ocupacional) 145
Anexo 8: Módulos de un Sistema Integral de Gestión 147
Anexo 9: Titulo, Número o Densidad Lineal 151
Anexo 10: Modelo de entrevista 155
Anexo 11: Comprobación normalidad de las observaciones para Seis Sigma 159
Anexo 12: Datos recolectados de control 167
Anexo 13: Tabla Sigmas de Seis Sigma 171
Anexo 14: Análisis especifico del ciclo de vida del algodón 173
Anexo 15: Modelo encuesta realizada 185
Anexo 16: Estados de Resultados 187

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1: Total exportaciones a nivel mundial de desperdicio de algodón en toneladas 10
Tabla No. 2: Algodón importado por Colombia en Toneladas 10
Tabla No. 3: Algunos hechos que evidencia la crisis ambiental (1972 – 1987)..... 18
Tabla No. 4: Prácticas de RECP 21
Tabla No. 5: Características y propiedades del algodón 44
Tabla No. 6: Marco para las metodologías y su asignación 52
Tabla No. 7: Marco de metodologías de la investigación 52
Tabla No. 8: Tabla comparativa del cultivo de algodón orgánico, años 2009 y 2008. 57
Tabla No. 9: Diagnóstico general. 60
Tabla No. 10: Revisión Ambiental Inicial 60
Tabla No. 11: Ecobalance Hilazas Mategam Ltda e Hilandería "A" 66
Tabla No. 12: Buenas prácticas de manufactura en la Hilatura 67
Tabla No. 13: Análisis de Riesgos en la Hilatura. 68
Tabla No. 14: Uso actual del desperdicio de algodón y su disposición. 68
Tabla No. 15: Niveles de Sigma antes de aplicar las mejoras. 79
Tabla No. 16: Niveles de Sigma de aplicando las mejoras. 82
Tabla No. 17: Actores e Intereses que interfieren en el ciclo comercial del algodón. 84
Tabla No. 18: Escenarios al uso del desperdicio de algodón 87
Tabla No. 19: Cuadro comparativo de productos usados por los agroinsumos. 101
Tabla No. 20: Comparación Productividades 102
Tabla No. 21: Delimitaciones de las normas 145
Tabla No. 22: Salud Humana, Efectos cancerígenos, Ciclo de Vida Algodón 177
Tabla No. 23: Salud Humana, Cambio Climático, Ciclo de Vida Algodón 177
Tabla No. 24: Salud Humana, Respiratorio (inorgánico), Ciclo de Vida Algodón 178
Tabla No. 25: Salud Humana, Respiratorio (orgánico), Ciclo de Vida Algodón 179
Tabla No. 26: Salud Humana, Efectos cancerígenos, Ciclo de Vida Algodón Propuesto 182
Tabla No. 27: Salud Humana, Cambio Climático, Ciclo de Vida Algodón Propuesto 183
Tabla No. 28: Salud Humana, Respiratorio (inorgánico), Ciclo de Vida Algodón Propuesto 183
Tabla No. 29: Salud Humana, Respiratorio (orgánico), Ciclo de Vida Algodón Propuesto 184

LISTA DE ILUSTRACIÓN

Ilustración No. 1: Proceso de Retorcido 45
Ilustración No. 2: Proceso Enconado 46
Ilustración No. 3: Hilazas Mategam Ltda 47
Ilustración No. 4: Desperdicio de algodón no recuperable 74
Ilustración No. 5: Generación de desperdicio. 74
Ilustración No. 6: Dobladora 75
Ilustración No. 7: Enconadora 75
Ilustración No. 8: Retorcedora 76
Ilustración No. 9: Presentación del producto 106

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1: Relación Economía Sostenible (Industria) con los ámbitos Ecológicos y Sociales Sostenibles 3
Figura No. 2: Relación ámbitos Económico, Social y Ecológico para el desarrollo sostenible 4
Figura No. 3: Relación entre producción más limpia y rendimiento empresarial 5
Figura No. 4: Camino al Desarrollo Sostenible 17
Figura No. 5: Desarrollo de RECP 21
Figura No. 6: Etapas de un análisis de ciclo de vida 23
Figura No. 7: Productividades parciales de una organización 27
Figura No. 8: Estadística Seis Sigma 31
Figura No. 9: Módulos de un SGI 39
Figura No. 10: Resumen de la industria textil 43
Figura No. 11: Proceso de Hilado 46
Figura No. 12: Tres dimensiones de las situaciones problemáticas 51
Figura No. 13: Orden de la Metodología en el desarrollo del trabajo. 54
Figura No. 14: Funcionamiento Multi-metodología 54
Figura No. 15: Toneladas de algodón orgánico por Año. 57
Figura No. 16: Mapa de procesos de Hilazas Mategam Ltda. 59
Figura No. 17: Organigrama Hilazas Mategam Ltda. 59
Figura No. 18: Desperdicio Retorcedora 77
Figura No. 19: Desperdicio Enconadora 77
Figura No. 20: Desperdicio Dobladora 78
Figura No. 21: Desperdicio Retorcedora 80
Figura No. 22: Desperdicio Enconadora 81
Figura No. 23: Desperdicio Dobladora 81
Figura No. 24: Esquema ciclo de vida algodón 86
Figura No. 25: Esquema ciclo de vida algodón propuesto 88
Figura No. 26: Indicadores de acidificación y ecotoxicidad por proceso. 89
Figura No. 27: Indicadores DALY por proceso. 90
Figura No. 28: Indicador de Acidificación por proceso comparado por los ciclos. 91
Figura No. 29: Indicador de Ecotoxicidad por proceso comparado por los ciclos. 92
Figura No. 30: Indicador DALY cambio climático por proceso comparado por los ciclos. 93
Figura No. 31: Indicador DALY respiratoria inorgánica por proceso comparado por los ciclos. 94
Figura No. 32: Indicador DALY respiratoria orgánica por proceso comparado por los ciclos. 95
Figura No. 33: Cliente que solicita la hilaza 8/2 algodón 100% 98
Figura No. 34: Características sobresalientes de la hilaza 8/2 algodón 100% 98
Figura No. 35. Pregunta sobre el precio de la hilaza 8/2 desperdicio 99
Figura No. 36: Pregunta sobre las características del producto a base de desperdicio 100
Figura No. 37: Pregunta sobre la posible compra del producto. 100
Figura No. 38: Esquema eco- eficiencia 106

Figura No. 39: Esquema eco-efectividad..... 107
Figura No. 40: Critica enfoque eco-eficiencia 108
Figura No. 41: Esquema combinación de enfoques en Hilazas Mategam Ltda. 108
Figura No. 42: Clasificación herramientas RECP 129
Figura No. 43: Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo (Norma ISO 14004). 141
Figura No. 44: Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. Requisitos del Ciclo de Vida (Norma ISO 14044)..... 141
Figura No. 45: Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco referencia (Norma ISO 14040). 142
Figura No. 46: Etiquetas y declaraciones ambientales. Principios Generales (Norma ISO 14020). 142
Figura No. 47. Acidificación Ciclo de Vida Algodón..... 173
Figura No. 48: Ecotoxicidad aire (pesticidas) Ciclo de Vida Algodón 174
Figura No. 49: Ecotoxicidad agua (pesticidas) Ciclo de Vida Algodón..... 176
Figura No. 50: Tierra Cultivada, Ciclo de Vida Algodón..... 179
Figura No. 51: Acidificación Ciclo de Vida Algodón Propuesto 181
Figura No. 52: Ecotoxicidad aire Ciclo de Vida Algodón Propuesto 181
Figura No. 53: Acidificación Ciclo de Vida Algodón Propuesto 182

GLOSARIO

AVAD: Año de Vida Ajustado por Discapacidad; (DALY= *disability adjusted life year*).

CIIU: Código Industrial Internacional Uniforme.

DDT: Dicloro Difenil Tricloroetano (Insecticida).

DMAMC: (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar).

GOTS: *Global Organic Textile Standards.*

ISO: *International Organization for Standardization* (Organización Internacional para la Estandarización).

LCA: *Life cycle assessment* (Análisis de Ciclo de Vida, ACV).

MED: Materiales, Energía y Desechos.

NMVOC: *Non-Methane Volatile Organic Compounds* (COVDM: Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano).

ONG: Organización no Gubernamental.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PDF: *Potentially Disappeared Fraction*; Fracción Potencial de Desaparecidos.

PHVA: Planear, Hacer, Actuar y Verificar.

PIB: Producto Interno Bruto.

PML: Producción más Limpia.

PNUMA: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

RECP: Recursos eficientes y Producción más limpia.

RIA: Revisión Inicial Ambiental.

SGA: Sistema de Gestión Ambiental.

SGC: Sistema de Gestión de Calidad.

SIG: Sistema Integrado de Gestión.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

VOC: V*olatile Organic Compounds* (Compuestos Orgánicos Volátiles).

WBCSD: *World Business Council for Sustainable Development* (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible).

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de grado se encuentra alineado con el objetivo de alcanzar el desarrollo sostenible en el aspecto económico, ecológico y social para la industria textil, en el proceso de hilatura, acordado en la Cumbre de Río de 1992 y apoyada por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible en el que están vinculadas más de 200 industrias a nivel mundial.

La industria textil, confección, diseño y moda se encuentra identificada por el Gobierno Colombiano como sector de clase mundial, la cual representa aproximadamente el 21% de la fuerza laboral generada en la industria manufacturera, con cerca de 450 fabricantes textiles y 10.000 en confecciones. Un sector que representa el 8 % del PIB (ANDI, 2011), este trabajo es el comienzo del objetivo a largo plazo del sector de ser uno de los más representativos en el mundo.

La etapa de hilatura donde se centran los esfuerzos para mejorar la eficiencia y eficacia del uso de las fibras textiles, dentro de la cuales se puede encontrar el algodón, el poliéster, el nylon, etc. Es fundamental para desarrollar mejores modelos de productividad. El trabajo de grado propone una solución del uso de los desperdicios de algodón generados durante el proceso para generar un producto dentro de la misma cadena de procesos que sea competitivamente sostenible.

Para el desarrollo de los objetivos propuestos, fue necesario comenzar con la elaboración de un recorrido histórico del concepto de "Desarrollo Sostenible" para conocer más de cerca los inicios de la propuesta realizada por Brundtland hasta hoy. El punto en el que se implementa Producción más Limpia (PML) y el LCA (*Life cycle assessment*; Análisis de Ciclo de Vida, ACV) en cualquier sector manufacturero, buscando la sostenibilidad de nuestro planeta.

La PML utiliza herramientas como Ecomapas, Ecobalances, Buenas prácticas de manufactura y análisis de riesgos para identificar los puntos cruciales donde se puede mejorar el rendimiento de la empresa, definiendo la táctica que deben seguir las organizaciones. La PML aterriza el desarrollo sostenible desde la parte técnica en las industrias, apoyándose en los sistemas de gestión más importantes para tener un medio de manejo en la organización, que en el documento se trabajó en un Sistema Integral de Gestión (SIG) para facilitar su implementación.

Se usaron herramientas de manejo ambiental y técnico como el LCA en los que se identificaron efectos ambientales que produce la industria textil por la generación de desperdicio y uso de algodón, lo anterior con el objetivo de mejorar el ciclo de vida desde la hilatura haciendo un producto que cumpla con un ciclo de la cuna a la cuna; la herramienta se utilizó con un alcance limitado desde el cultivo del algodón de Estados Unidos hasta el regreso del producto como insumo biológico. Se complemento con una herramienta de control de Seis Sigma como ayuda para la estrategia en el mejoramiento de la competitividad, reduciendo la generación de desperdicio de algodón, utilizando el método DMAMC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar), mostrando los puntos en los que está fallando en la producción, las posibles

soluciones, los resultados obtenidos (incluyendo costos y ahorros generados) y las medidas de control para que no vuelvan a suceder las fallas.

Se analizó el algodón orgánico para mejorar ambientalmente a la industria, realizando una comparación de las ventas del algodón convencional y orgánico para determinar la factibilidad económica, la cual determinó que el uso de algodón orgánico no es factible por sus altos costos y su bajo cultivo, adicional a esto, se estudió la puesta en marcha del uso del desperdicio de algodón, teniendo en cuenta la posibilidad que tenia reproducirse en otras empresas, comercializarse, con aceptación por parte de los agricultores y realizando una exposición de los resultados obtenidos, por medio de la medición de productividad para determinar si se mejoró o se empeoró el rendimiento de la empresa, también se tuvo en cuenta la medición de los efectos ambientales al utilizar este tipo de material recuperado.

Todo lo anterior fue enmarcado en la multi-metodología de Mingers, la cual se divide en un espacio exploratorio de tres dimensiones necesarias para abarcar el trabajo: social porque se interactúa con personas que pueden ser influenciadas por los resultados obtenidos y afectadas por lo que está sucediendo a su alrededor, personal porque existen juicios propios sobre los acontecimientos que impulsan a un análisis y planteamiento de soluciones, y material porque se trabaja con un elemento que es transformado en un proceso industrial de manera adecuada o inadecuada según sea el caso.

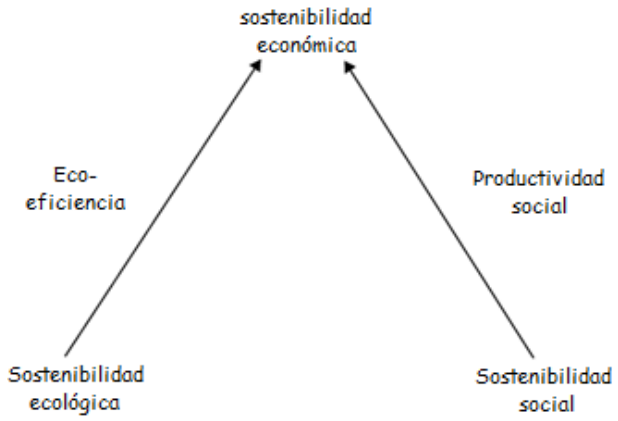
Todos los conceptos, explicaciones, procedimientos y objetivos pueden llegar a ser reproducibles en otros sectores de clase mundial o industrias manufactureras, para que el desempeño industrial Colombiano sea de fabricación competitiva sostenible y se logre el objetivo de las aspiraciones sectoriales a 2032, en el que la academia debe ser parte de su realización, por tal motivo el trabajo de grado se encuentra alineado con el estudio de la Ingeniería de la productividad para el mejoramiento de la competitividad de las industrias, incluyendo una variable ambiental que es fundamental para el futuro de la humanidad.

1. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de grado se desarrolló en el sector de clase mundial industria textil, confección, diseño y moda, más específicamente en el área textil en el proceso de hilatura, en el que Colombia ha puesto su esfuerzo para que el país sea referente comercial, este es un acercamiento académico y práctico para cumplir con el objetivo global de tener mercados sostenibles con el mejoramiento de la productividad y beneficiar al medio ambiente con un producto competitivamente sostenible.

En primer lugar, se deben definir los lineamientos en los que la industria textil se enlaza con la eco-eficiencia y la productividad social para relacionarse con su entorno y buscar el desarrollo sostenible, como lo muestra en la Figura No. 1, es importante conocer cuál es el objetivo del desarrollo sostenible y los factores para lograrlo (Bieker, Dyllick, Gminder, & Hockerts, 2001).

Figura No. 1: Relación Economía Sostenible (Industria) con los ámbitos Ecológicos y Sociales Sostenibles



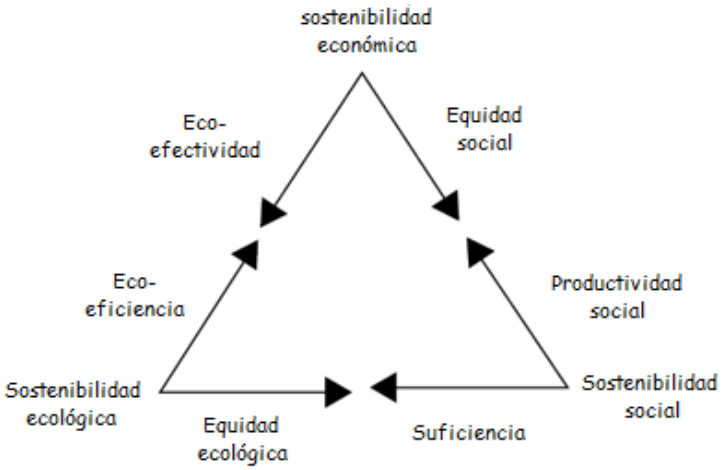
Fuente: (Bieker et al., 2001).

La anterior relación es el enlace económico de la sostenibilidad en el que debe trabajar la industria textil para lograr el desarrollo sostenible que se ha fijado como meta en el sector, al final el vínculo se completa en un triangulo cerrado como lo muestra la Figura No. 2 de la siguiente página (Bieker et al., 2001), donde los aspectos económicos, sociales y ecológicos se unen en pro del desarrollo sostenible.

Comenzar a desarrollar el nuevo paradigma de la Fabricación Competitiva Sostenible (Jovane et al., 2008) es una de las razones para generar productos sostenibles (enfocados al sector), aunque se limite a los países en vías hacia el desarrollo a los primeros niveles de conocimiento sobre el Desarrollo Sostenible, es importante fijar como objetivo alcanzar la implementación de la Fabricación Competitiva Sustentable de los países desarrollados (Jovane et al., 2008), un paso que

se hará en la hilatura y otras industrias para el 2050 según Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Figura No. 2: Relación ámbitos Económico, Social y Ecológico para el desarrollo sostenible



Fuente: (Bieker et al., 2001).

La importancia de este proyecto radica en que es un avance en la mejora del uso de los recursos, en este caso el algodón, intentando llegar a un objetivo intermedio del Consejo de generar menos desperdicios.

Producción más limpia e hilatura

Una de las estrategias que se emplearon en el trabajo es la Producción más limpia (PML) que posee características que ayudarán en la búsqueda de una industrialización sostenible(Dodić, Vučurović, Popov, Dodić, & Zavargo, 2010) las principales características son:

- El uso racional de las materias primas, agua y energía.
- La disminución de los costos de fabricación.
- La disminución de las cantidades de residuos y de emisiones.
- El aumento del grado de productividad y la mejora en la calidad de los productos.
- La disminución del grado de responsabilidad en el caso de las compensaciones (cumplimiento de las reclamaciones en las relaciones con la seguridad en el trabajo y las leyes en el ámbito de la protección del medio ambiente).
- Creación de empresas ''amigables con el medio ambiente”.

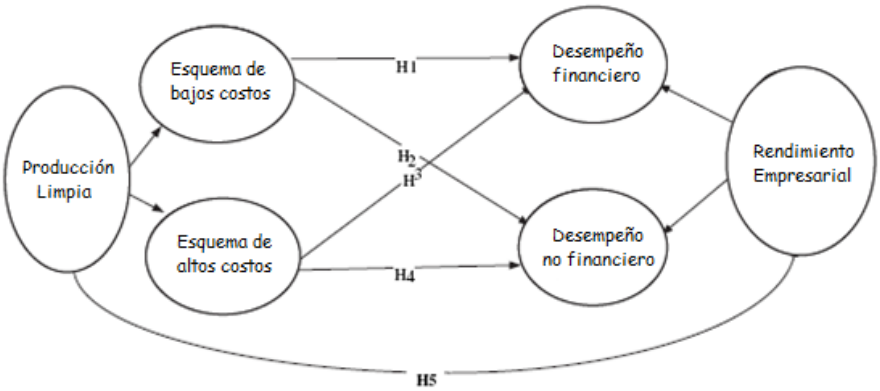
Lo anterior se encuentra alineado con el ideal de desarrollo sostenible para la conservación y protección del medio ambiente por parte de las industrias. A las anteriores características se les puede adicionar ciertas actividades que la industria textil debe llevar a cabo para implementar PML (Dodić et al., 2010) :

- La disminución de las cantidades de residuos: el objetivo es la disminución de las cantidades de residuos de todo tipo, especialmente de los residuos peligrosos, en otras palabras es la prevención de la creación de desechos (basura cero).
- Producción sin contaminación: el proceso ideal se realiza reciclando en el proceso y sin emisiones de contaminación.
- Ser energéticamente eficientes en la producción: se exige el más alto nivel posible de la eficiencia energética y el ahorro de los recursos energéticos.
- Seguridad en el trabajo: reducción al mínimo de condiciones a la posibilidad de ocurrencia de accidentes, garantizar condiciones seguras y saludables para las actividades humanas durante el proceso de producción.
- Producción para el medio ambiente: conexión de los productos y subproductos con el medio ambiente. Todos los problemas vinculados con los productos deben ser resueltos en los marcos del desarrollo y el diseño de un producto, teniendo en cuenta el ciclo de vida del producto.
- Empaquetado en armonía con el medio ambiente: los efectos de los envases en el medio ambiente deben minimizarse tanto como sea posible.

La aplicación de PML lleva al ahorro de materias primas, energía y materiales auxiliares, disminuyendo los costos de operación de la planta, aumentando la productividad e incrementando las ganancias futuras de las empresas (Dodić et al., 2010), ventajas que se alcanzarán en un futuro en el proceso de hilatura de la industria textil.

La relación entre PML y rendimiento financiero empresarial, que se puede resumir en la Figura No. 3, se identifica claramente en el estudio realizado en el artículo titulado "*Impact of cleaner production on business performance*" de la publicación "*Journal of Cleaner Production*" (Zeng, Meng, Yin, Tam, & Sun, 2010) :

Figura No. 3: Relación entre producción más limpia y rendimiento empresarial



Fuente: (Zeng et al., 2010).

Donde H1, H2, H3, H4 y H5 corresponden a:

H1: La producción más limpia del régimen de bajo costo tiene un impacto positivo sobre los resultados financieros.

H2: La producción más limpia del régimen de bajo costo tiene un impacto positivo en el desempeño no financiero.

H3: La producción más limpia del régimen de alto costo tiene un impacto positivo sobre los resultados financieros.

H4: La producción más limpia del régimen de alto costo tiene un impacto positivo en el desempeño no financiero.

H5: La Relación positiva entre producción más limpia y rendimiento empresarial.

Lo anterior demuestra lo importante que es para las empresas involucrarse en la implementación de PML para obtener beneficios, con ejemplos que fortalecen el anterior esquema (Wieszała & Gajdzik, 2010).

¿Desperdicio de algodón en la hilatura insostenible?

En el 2010, Colombia produjo 36.165 toneladas de algodón consumidas internamente (Conalgodón, 2011) e importó 50.315 toneladas (ITC, 2010) para un total de 86.480 toneladas procesadas. Nuestro país es el decimo sexto importador a nivel mundial representando el 0,7% del total; su principal y máximo proveedor es Estados Unidos (ITC, 2010).

El punto que se intervino es la hilatura, donde se realiza el proceso de producción de hilo de algodón en la industria textil, generando alrededor del 10% de desperdicio de fibra, en el que se ha encontrado un 50% de algodón en perfectas condiciones pero que han perdido propiedades de elongación (Halimi, 2008), desperdicio que puede ser útil en otro tipo de procesamiento.

Datos relevantes con respecto al desperdicio de algodón, a nivel mundial se exportaron 564.568 toneladas de desperdicio de algodón en el 2010 (ITC, 2010), mayor a la producción anual de algodón orgánico en el 2010 de 210.000 toneladas aproximadamente (Textile Exchange, 2010) (que es una alternativa en progreso para una industria sostenible), el uso común del desperdicio es la limpieza (químicos o pinturas) o el relleno de colchones, este ultimo usa el material que se encuentre en excelentes condiciones y no contenga ningún tipo de contaminante.

A lo anterior hay que sumarle que existen consecuencias negativas en los procesos de cultivo de algodón. Millones de cultivadores de algodón viven y trabajan en países en vías de desarrollo y sus plaguicidas constituyen la causa fundamental de efectos ambientales y sufrimiento humano, ya

sea por falta de las habilidades básicas, conocimientos o equipos necesarios para el manejo seguro de plaguicidas. Los trabajadores agrícolas se están causando daños importantes en su propia salud, su comunidad y el medio ambiente en el intento de cultivar algodón, una cadena productiva que tiene contacto directo con la mayoría de los productos agroquímicos más tóxicos en el mundo. En muchas regiones productoras de algodón, la intoxicación aguda se ha convertido en un fenómeno común, con familias enteras en situación de riesgo de contaminación a través de la dispersión de pesticidas afectando el agua potable y las fuentes de alimentos (EJF COLLABORATION WITH PESTICIDE ACTION, 2007).

Adicional a eso, desde ahora tenemos que comenzar a conservar nuestros recursos naturales, aunque el algodón sea una de las principales fibras para la confección a nivel mundial, la primera fibra utilizada en el comercio es el poliéster; sin embargo la vida útil de este ultimo será hasta el año 2045 aproximadamente, cuando el petróleo a nivel mundial no posea hallazgos importantes (Blackburn, 2005), por tal motivo a partir de esa época el algodón abarcará el mercado del poliéster, en ese orden de ideas este recurso natural debe usarse en forma sostenible pensando en un mejor procesamiento.

Relacionando todo lo anterior al área de este trabajo, el uso del desperdicio de algodón, se remonta a la labor más importante sobre el uso de basuras que se ha realizado, *Work from Waste* (Vogler, 1981), el objetivo de esta obra es crear trabajo de la basura (reciclaje) con materiales como tela, vidrio, plástico, madera, etc. Creando un amplio espectro de la basura generada por las industrias desde afuera, aprovechándola como fuente para crear nuevos productos.

Vogler no menciona el desperdicio generado dentro de la organización, sólo lo califica de basura, su obra no genera expectativas dentro de las empresas, deja el trabajo de los residuos desechados como un tema ajeno a la entidad para recicladores.

En Colombia se tomaron los principios y ejemplos de Vogler para desarrollar empresas de reciclaje, esos principios ayudaron en la creación de guías ambientales basándose en *Work from Waste*, realizando recomendaciones adecuadas a las empresas encargadas de la trasformación de las basuras (CAR, 2000)(DAMA, 2004).

En el sector Textil, el proceso productivo genera desechos sólidos; dentro de estos se encuentra el desperdicio de fibra (según la fibra que trabaje la organización puede ser: algodón, poliéster, lana, lino, etc.) y cartón (conos y cajas) (DAMA, 2004) (CAR, 2000).

Este trabajo buscó relacionar el proceso de hilatura con su desperdicio y poder sacar provecho de este mediante la generación de un producto que satisfaga las necesidades específicas de los posibles consumidores, apoyado por la estrategia de PML, eco-eficiencia y herramientas como el análisis de ciclo de vida para acercarse al desarrollo sostenible.

En investigaciones realizadas para mejorar el uso del desperdicio de algodón, se encontró que abarca tres grupos:

- La producción de biocombustibles a partir del desperdicio de algodón: esta se genera por una reacción anaeróbica por medio de la fermentación en la que da como resultado el combustible (Saravanan, Sendilvelan, Arul, & Raj, 2009)(Isci & Demirer, 2007).

- Desarrollo de sustratos para fertilizar los cultivos: se genera un sustrato especial a partir del algodón para la plántula de tomate (da Costa, Ramos, Sampaio, Guilherme, & Fernandes, 2007) y el uso del algodón para cultivar hongos comestibles (Peng, 2010)

- La reutilización de las fibras de alfombra para el soporte de las capas asfálticas reforzando la conexión del concreto con el suelo (Wang, 2006).

Como se puede analizar en los tres grupos se uso el desperdicio fuera de proceso productivo de la industria textil, este trabajo logró interiorizar el uso del desperdicio en el proceso de hilatura, a fin de que el uso del desperdicio de algodón ayude al medio ambiente y de paso sea una ventaja competitiva en el comercio. Se identificó el impacto ambiental por medio del análisis de ciclo de vida del nuevo producto, se realizó un análisis de mercado para la factibilidad económica del producto y se desarrolló una guía y estándar del proceso a seguir en la producción de hilo con desperdicio de algodón, logrando un producto competitivamente sostenible.

La metodología implementada en este trabajo fue la multi-metodología de Mingers, la cual se caracteriza por captar en primera instancia las percepciones (investigación descriptiva) del ámbito social, personal y material para analizar, diagnosticar y tomar medidas (investigación descriptiva y explicativa) para solucionar los posibles problemas de las percepciones obtenidas en la investigación. En la recolección de datos de las percepciones, tanto de la industria como de los consumidores, y la resolución del proceso se utilizó un método mixto (datos cualitativos y cuantitativos) por medio de entrevistas, cuestionarios, pruebas estadísticas del producto y análisis de ciclo de vida.

La resolución de la problemática beneficiará a la comunidad para que se reproduzca el conocimiento en otros sectores industriales (incluso en sectores de clase mundial), aportar las ideas adquiridas a las industrias para generar “Fabricación Competitiva Sostenible” y salir de la generación de productos amigables con el medio ambiente; el ideal es buscar el Desarrollo Sostenible abarcando todos los aspectos (Económico, Social y Ambiental).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el articulo "*Cotton waste recycling: Quantitative and qualitative assessment*" , se establece que en el proceso de hilatura de producción de fibra de algodón, se genera alrededor de 10% de desperdicio en algodón, en el cual se ha encontrado un 50% con fibras de algodón en condiciones para reutilizarse pero que han perdido propiedades de elongación (Halimi, 2008), desperdicio que puede ser útil en otro tipo de procesamiento para generación de otros productos.

Desde el punto de vista de la productividad, la hilandería refleja en el aprovechamiento de las materias primas el rendimiento económico, el cual se ve afectado por la generación de desperdicio. La Hilandería A se encuentra en un promedio de generación de desperdicio del 13% del total de su algodón procesado, desperdicio que se destina a la venta de productos para limpieza de químicos, pintura, mugre, etc. o relleno de productos como colchones y muñecos de peluche; Hilandería A vende el desperdicio a un precio inferior comparado con la materia prima original provocando un desbalance en los ingresos.

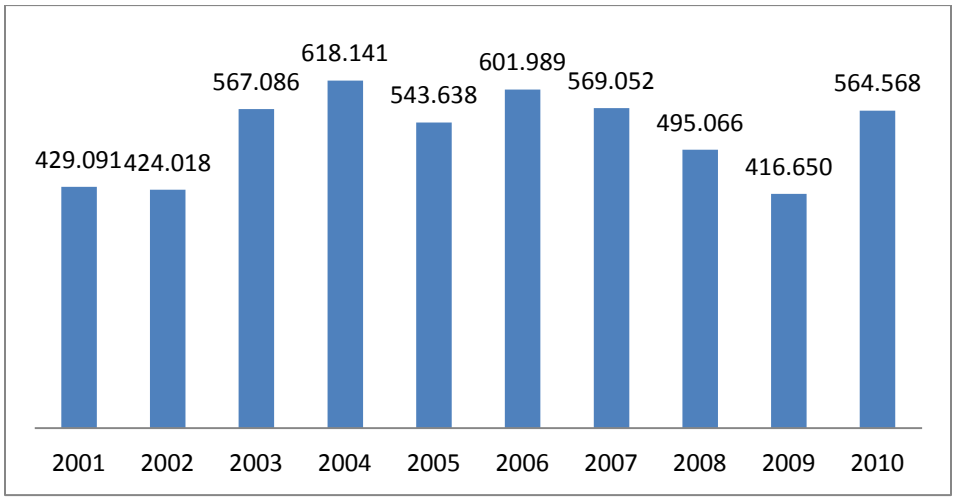
Hilazas Mategam Ltda es cliente de Hilandería A, al que le compra hilo para uso industrial, artesanal o agropecuario para retorcerlo según se requiera, la empresa en su parte productiva presenta un nivel moderado en la generación de desperdicio no recuperable (no se puede volver a procesar en la industria), sin embargo en el desperdicio generado por la Hilandería A ve una posibilidad en crear un producto para el sector agropecuario.

A los anteriores problemas, no solo justifican su solución para generar más ingresos resolviendo el tema de la generación de desperdicios y darle uso efectivo, también existe un beneficio ambiental y social detrás del uso del desperdicio, ya que afecta agentes ajenos a lo que sucede en la industria textil, conllevando así a un posible mejoramiento de la productividad de la industria reflejado por lo hecho en Hilazas Mategam Ltda específicamente.

Desde el punto de vista ambiental y relacionándolo con el artículo de Halimi, los residuos producidos en las fábricas de textiles de algodón son factor importante en la determinación del costo de operación y su influencia en los beneficios. Este trabajo de grado busca validar la afirmación de los beneficios económicos, también investigar que existe un beneficio ambiental en la reutilización del desperdicio de algodón en el proceso y su respectivo seguimiento a los productos (LCA) para medir su impacto ambiental.

Existen cifras de exportación a nivel mundial de 564.568 toneladas de desperdicio de algodón en el 2010 que se pueden ver en la siguiente página la Tabla No. 1 (ITC, 2010), el uso común de ese desperdicio es la limpieza de químicos o el relleno de colchones, muebles, muñecos, etc. Este trabajo de grado ofreció un mejor uso al desperdicio de algodón, buscando productos que se puedan fabricar en la industria que beneficien al medio ambiente y sean competitivos en el mercado.

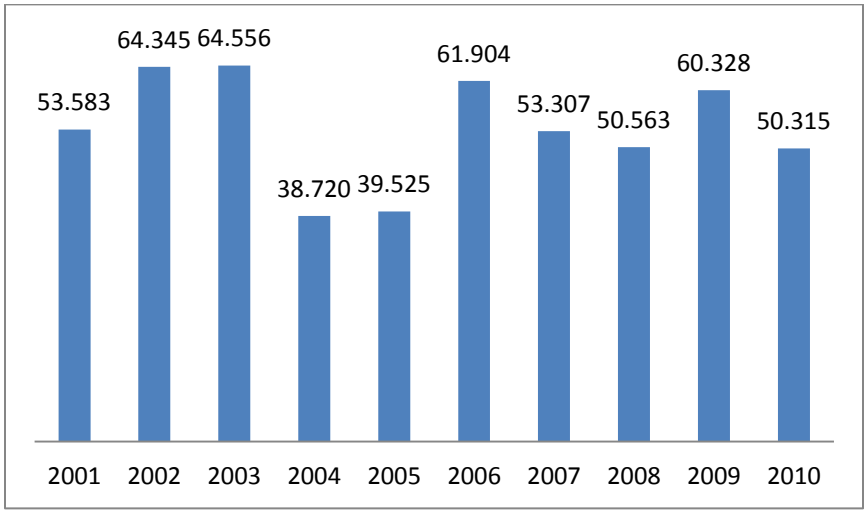
Tabla No. 1: Total exportaciones a nivel mundial de desperdicio de algodón en toneladas



Fuente: Trade Map, http://www.trademap.org/ (ITC, 2010) Elaboración propia.

En el 2010, Colombia produjo 36.165 toneladas de algodón fueron consumidas internamente (Conalgodón, 2011) e importó 50.315 toneladas, los datos se pueden observar en la Tabla No. 2 (ITC, 2010), para un total de 86.480 toneladas procesadas, nuestro país es el decimo sexto importador a nivel mundial representando el 0,7%, su principal proveedor es Estados Unidos (ITC, 2010).

Tabla No. 2: Algodón importado por Colombia en Toneladas



Fuente: Trade Map, http://www.trademap.org/ (ITC, 2010) Elaboración propia.

La reutilización de ese desperdicio puede ayudar a reducir las consecuencias negativas en los procesos de cultivo de algodón, millones de cultivadores de algodón viven y trabajan en países en vías de desarrollo y sus plaguicidas constituyen la causa fundamental de efectos ambientales y sufrimiento humano, ya sea por falta de las habilidades básicas o conocimientos y equipos necesarios para el manejo seguro de plaguicidas. Una cadena productiva que tiene contacto

directo con la mayoría de los productos agroquímicos más tóxicos en el mundo en muchas regiones productoras de algodón (EJF COLLABORATION WITH PESTICIDE ACTION, 2007). La solución más pronta para un cultivo de algodón sostenible es el algodón orgánico, pero en el 2009 solo alcanzaba el 1,1% (241.697 toneladas) de la producción mundial de algodón, un 81% de este algodón orgánico se produce en la India(Textile Exchange, 2010).

En resumen, el problema a tratar en el trabajo de grado es la búsqueda de mejora en la productividad de la hilatura en la industria textil, reutilizando el desperdicio de algodón en el proceso, demostrando las ventajas económicas y ambientales guiados por el objetivo del desarrollo sostenible logrando un avance, apoyados por estrategias como la producción más limpia y eco-eficiencia.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Establecer la factibilidad comercial, tecnológica y ecológica del uso del desperdicio de algodón, para la producción de hilaza[1] en la Industria Textil colombiana, con el fin de ofrecer alternativas comerciales y mejorar la productividad de la hilatura.

3.2. Objetivos específicos

- Verificar los impactos ambientales asociados con el uso de algodón, identificando las etapas del ciclo de vida (tomando como base la norma ISO 14040) para proponer un enfoque de "la cuna a la cuna" apoyado desde la hilatura.

- Establecer un estándar para la producción de la hilaza reciclada, desarrollando una ficha técnica del producto, con el fin, de ofrecer un modelo de reproducción para las otras hilanderías.

- Utilizar las herramientas de Producción más Limpia junto con una herramienta de control de Seis Sigma para complementar el mejoramiento de la productividad de la hilatura reduciendo la generación de desperdicios.

- Determinar los intereses económicos y ambientales de los agricultores, proponiendo el uso de la hilaza reciclada en sus cultivos, por medio de un análisis de mercado, que permita evaluar su factibilidad económica en la industria textil, conociendo su potencial en un segmento del mercado y teniendo en cuenta su impacto ambiental.

[1] Hilo que sale gordo y desigual. («Diccionario de la lengua española - Vigésima segunda edición», s.f.)

4. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico apoya el desarrollo de los objetivos económicos, tecnológicos y ecológicos propuestos, y sustenta el trabajo de grado siguiendo unos lineamientos específicos que abordan los temas más importantes para el mejoramiento sostenible de la productividad de la hilatura del algodón, desde el enfoque de la Producción más Limpia (PML) y el LCA para lograr una producción y producto sostenible que sea aceptado en un mercado competitivo de manera efectiva.

En primer lugar, se elabora una mención del concepto de "Desarrollo Sostenible" para conocer más de cerca la propuesta realizada por Brundtland, el cual es el punto de partida a alcanzar en la proyección del trabajo, es el objetivo que se quiere alcanzar al implementar producción más limpia y el LCA en cualquier sector manufacturero, buscando la sostenibilidad de nuestro planeta.

Posteriormente, se describió la estrategia de PML que define la táctica que deben seguir la organizaciones para cumplir con las legislaciones ambientales de cada país, impulsada por políticas como la Agenda 21, la PML aterriza el desarrollo sostenible desde la parte técnica en las industrias, junto con la eco-eficiencia, la PML complementa su función desde la perspectiva ambiental.

Luego, se elaboró un esbozo conceptual de los sistemas de gestión más importantes para tener un medio de manejo en la organización, esas normas son: sistema de gestión de calidad (norma ISO 9000), sistema de gestión ambiental (norma ISO 14000), sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional (norma OHSAS 18000), que uniremos para aplicar en un Sistema Integral de Gestión (SIG) para facilitar su implementación.

Después, se definieron las herramientas de manejo en el trabajo de grado como el análisis de ciclo de vida, incluyendo el control con una herramienta de Seis Sigma, apoyando la PML como ayuda en la estrategia para el mejoramiento de la competitividad enfocado hacia el desarrollo sostenible.

Por último, se desarrolló un bosquejo del estado actual de la industria textil en Colombia, incluyendo la explicación del proceso de hilado de algodón, con las características respectivas de la materia prima durante todos los estados de su procesamiento.

Con lo anterior, se pretende establecer las bases teóricas y prácticas para desarrollar la labor en el mejoramiento del proceso productivo de la hilatura del algodón en la industria textil y alcanzar los objetivos planteados en el trabajo de grado, guiando a la industria hacia el desarrollo sostenible y ser el punto de partido de otros trabajos relacionados.

4.1. Desarrollo Sostenible

El objetivo de este recorrido es realizar una reflexión sobre la importancia de la conciencia que deberían tener las industrias para vivir en armonía con nuestro planeta, afectado por los causantes de la contaminación a nivel global, el ideal es la unión de todos los actores del comercio a las metas del desarrollo sostenible, aquí parte un avance del desarrollo de la solución de productividad dando una ventaja ambiental al problema de la hilatura. Este recorrido comienza desde las propuestas realizadas por Brundtland y las conferencias que dieron paso a la divulgación del término.

Desarrollo Sostenible es el objetivo que las organizaciones deben alcanzar para que no afecten al medio ambiente creando desarrollo económico, es la punta de una pirámide que guía en todos sus niveles los pasos que se deben seguir. Después del objetivo, se debe conocer los programas macro y los conceptos que se refieren a la punta de la pirámide para aterrizar el desarrollo sostenible a las organizaciones, luego en el tercer nivel aparecen las estrategias empresariales (Eco-eficiencia, Producción más limpia), en el cuarto nivel, aparecen los sistemas de manejo de para gestionar los procedimientos y por último, las herramientas de manejo que son los instrumentos que ayudaran en el proceso de implementación para que las empresas sean amigables con el medio ambiente, se puede ver mejor lo anterior en la Figura No. 4.

Figura No. 4: Camino al Desarrollo Sostenible

Fuente (Hoof, Monroy, & Saer, 2008) Elaboración propia.

4.1.1. El Arribo de la Propuesta de Desarrollo Sostenible

Entre los años 1972 y 1987 (respectivamente las reuniones de Estocolmo y Brundtland) (Ver Anexo 1), se desarrolló un clima apropiado para reanimar la problemática ambiental y obtener resultados, lo que se realizo bajo el desarrollo sostenible porque se encuentran elementos de diferente orden que animan a la concientización de la crisis ambiental a nivel global, y a los fundamentos teóricos, la conveniencia económica y la oportunidad política de la idea de desarrollo sostenible.

Entre los acontecimientos que demostraron la crisis ambiental global, problemas energéticos y los altos niveles de incidencia de catástrofes desde locales hasta planetarias, se puede resumir en el Tabla No. 3.

Tabla No. 3: Algunos hechos que evidencia la crisis ambiental (1972 – 1987)

Años	Hechos
1976	Catástrofe químico-ecológica en Seveso, Italia: una nube de dioxina contamina a todos los seres vivos de la región.
1978	Segunda crisis del petróleo (entre Octubre de 1973 y Noviembre de 1981 el precio de un barril pasó de 3 a 34 dólares).
1981	Científicos británicos anuncian que desde 1970 todos los años, en la primavera, se viene produciendo un agujero en la capa de ozono estratosférico, situada sobre la Antártida, exponiendo más a los seres vivos a las radiaciones ultavioletas solares. En los Estados Unidos se autoriza la construcción de la bomba de neutrones, que mata las personas y deja intactos los objetos.
1984	Escape en la fábrica de plaguicidas Union Carbide (multinacional estadounidense) provocó la muerte de 2.000 personas, y cequera y diversas lesiones en otras 200.000.
1985	El arsenal atómico acumulado es suficiente para matar a 58.000 millones de personas, doce veces a cada ser humano del planeta.
1986	Estalla un reactor en la central nuclear de Chernobyl, liberando una gran nube de agentes radioactivos contaminantes que se extiende sobre la Unión Soviética y Europa occidental. Hubos sólo 34 muertos directos, pero se estima que en los proximos 70 años morirá medio millón de personas a causa del accidente.

FUENTE (Foladori & Pierri, 2001, pág. 54).

A raíz de esos eventos como la desinversión productiva, estancamiento, desocupación, baja salarial, especulación y una gran inflación, inicio una desestructuración del Estado de bienestar, por tal motivo se realizó un proceso progresivo de neoliberalización, desde el norte hasta el sur, que procura disminuir los compromisos sociales del Estado, dando mayor protagonismo al "libre juego" del mercado (Foladori & Pierri, 2001) afectando a los consumidores por los efectos ambientales o de salud de las empresas en competencia, por tal motivo se impulsó el desarrollo sostenible como parte fundamental en las empresas.

En 1992 se realizó la conferencia de Río donde se aceptó el término desarrollo sostenible y Johannesburgo 2002 donde se confirmaron los compromisos de Río (Ver Anexo 2).

4.1.2. Desarrollo sostenible hoy

El WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*, Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible) publicó en Febrero de 2010 "Visión 2050, una nueva agenda para los negocios" en la que plasma la hoja de ruta del cambio de las estructuras de gobierno, las reglas económicas, los negocios y el comportamiento de las empresas y los ciudadanos para alcanzar un mundo sostenible, y justifican su plan ya que dentro de 40 años en el planeta vivirán 30% más de personas, que existirá una gran oportunidad de negocios con ese crecimiento (miles de millones de nuevos consumidores, que querrán viviendas, coches y televisores), el aspecto negativo es que los recursos son escasos y los potenciales cambios del clima limitarán la capacidad de que esos 9.000 millones de habitantes alcancen o mantengan un nivel de consumo acorde con la riqueza existente en los mercados desarrollados de hoy (WBCSD, 2010).

Los factores claves que se deben intervenir para alcanzar el desarrollo sostenible deseado equivalente a los recursos ecológicos de un solo planeta, en lugar de los recursos de 2,3 planetas si seguimos con las mismas políticas de ahora son (WBCSD, 2010):

- Abordar el desarrollo de miles de millones de personas, proporcionándoles acceso a la educación y a un mayor nivel económico.
- Incorporar el costo de las externalidades, comenzando por el carbono, los servicios de los ecosistemas y el agua.
- Duplicar la producción agrícola sin incrementar la cantidad de suelo o de agua utilizada para ello.
- Detener la deforestación y mejorar el rendimiento de los bosques gestionados por el hombre.
- Reducir a la mitad las emisiones mundiales de carbono.
- Proporcionar acceso universal a una movilidad baja en carbono.
- Multiplicar por cuatro la eficiencia en el uso de los recursos y por diez la de los materiales.

"El viaje empieza hoy", con esta frase concluye el informe del WBCSD, un viaje que debe cumplir una ruta señalada por el informe que es la primera escala de 40 años, este trabajo de grado quiere ir de la mano de la meta de este proyecto por un mundo sostenible en el año 2050.

4.2. Recursos eficientes y Producción más limpia (RECP)

En esta parte se presenta la estrategia de RECP que ayudó en las empresas de hilatura para la prevención de la generación de contaminación. El objetivo es que dentro de la organización se desarrollen técnicas con ayuda de herramientas, para minimizar los efectos de la contaminación producida por las empresas, en este caso de las hilanderías minimizar la generación de desperdicio, lo anterior se encuentra muy ligado al desarrollo sostenible, si observamos que su objetivo se alinea con el beneficio ambiental sin afectar el desarrollo económico de las industrias.

RECP es una estrategia aplicable en la industria textil, si se identifican las fuentes de contaminación, se dan soluciones y se implementan los correctivos correspondientes para enfocarse en la reducción de residuos y generar mayores beneficios económicos por el mejoramiento de la calidad integral de los productos.

4.2.1. Concepto de PML a RECP

La PML es una estrategia que previene la generación de los contaminantes desde las fuentes de origen, en vez de controlarlos al final del proceso, la PML está orientada a la disminución de costos de ineficiencia relacionados con desperdicios de materia prima, de insumos, de material en proceso, de subproductos y de producto terminado, etc.(Hoof et al., 2008).

Esta es una estrategia que utiliza un enfoque más proactivo en la solución de los problemas, además se encuentra relacionada con los principios de desarrollo sostenible porque no reduce la economía, sino que, optimizan la industria y reduce la contaminación(Hoof et al., 2008).

La UNEP (*United Nations Environment Programme*) identifica cuatro técnicas para comenzar a implementar la PML que son (Fussler & James, 1999):

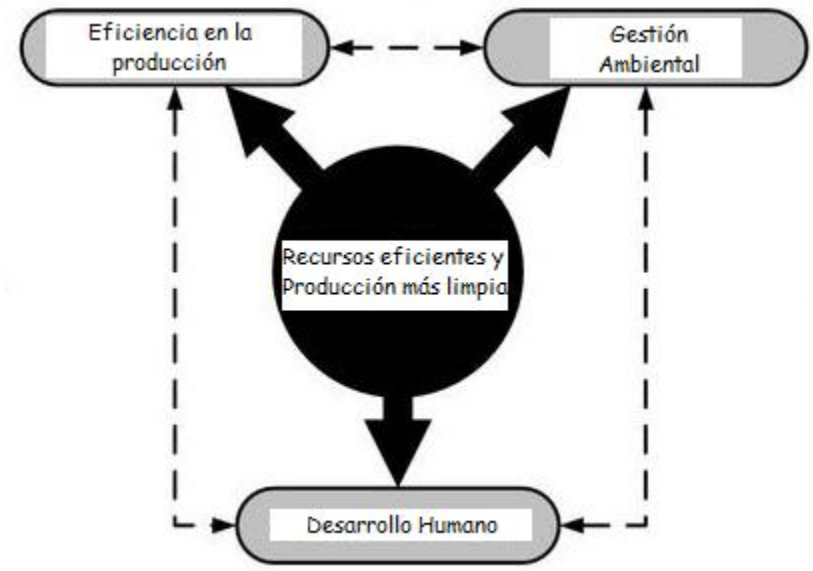
- Cambios en los procesos o en la tecnología de fabricación.
- Cambios en las materias primas utilizadas.
- Cambios en el producto final.
- Reutilización de materiales, preferiblemente en el mismo proceso.

Actualmente la UNEP a causa de la crisis económica mundial y del medio ambiente, consolidó un nuevo esfuerzo internacional para promover la transición hacia sistemas más sostenibles de la industria hacia una industria verde. Lo anterior requirió la ampliación de la definición de la producción más limpia incluyendo la eficiencia de los recursos, un elemento clave en la transición hacia la industria ecológica y economía verde(UNEP, 2008).

Recursos eficientes y Producción más limpia (RECP – *Resource Efficient and Cleaner Production*) tiene como objetivo contribuir al desarrollo industrial sostenible, el consumo sostenible y la producción en las economías participantes en desarrollo, a través del mayor uso de RECP por

empresas, gobiernos, instituciones financieras y otras partes interesadas, se puede observar en la Figura No. 5 el desarrollo de RECP (UNEP, 2008).

Figura No. 5: Desarrollo de RECP



Fuente: (UNIDO, 2008).

4.2.2. Aplicación de RECP

La RECP se puede aplicar en procesos, productos y servicios, para el caso de Hilazas Mategam Ltda se utilizo el RECP en los procesos, se puede aplicar mediante las siguientes prácticas que se presentan en la Tabla No. 4:

Tabla No. 4: Prácticas de RECP

ASPECTO	MEDIDAS
Buenas prácticas	- Minimizar desechos en cambios de operaciones. - Programación de la producción. - Conservación de la materia prima y la energía. - Eliminación de materias primas tóxicas.
Mantenimiento tecnológico	- Limpieza mecánica en vez de limpieza con solventes. - Verter químicos en un proceso de forma automática y no manualmente.
Reciclaje o reuso de desperdicios	- Reciclaje interno del agua empleada en el proceso. - Reciclaje interno de desechos del proceso. - Separación de empaques obsoletos. - Reuso como subproductos en otros procesos productivos.

Fuente: (CNPML, 2007) (Hoof et al., 2008)

La administración de los procesos de producción busca el ahorro de insumos, como energía, agua y materia prima, el cambio tecnológico intenta renovar parte de las máquinas o mejorar su

mantenimiento y el aprovechamiento de residuos reintegra los desechos al proceso.(Centro Nacional de PML, 2007)

4.2.3. Herramientas de RECP

La estrategia de la RECP es implementar acciones o alternativas concretas que contribuyan a la competitividad de la empresa, lo anterior depende del tipo de empresa que se esté analizando, por tal motivo existen diferentes herramientas para definir las soluciones correctas, son instrumentos que dejan observar el estado ambiental y económico de un producto o proceso, con base en su aplicación se pueden establecer los objetivos de las alternativas preventivas a implementar (Hoof et al., 2008).

Las herramientas se aplican según objetivos que se quieran alcanzar, se utilizan según la etapa en la que se quiera trabajar (planeación, implementación, evaluación y revisión), como se puede observar esas etapas hacen parte de un SGA y se complementa con el RECP. La aplicación de las herramientas debe ser sistemática (unas herramientas ayudan a otras para poder realizarlas).

Clasificación herramientas de RECP

Las distintas herramientas se pueden clasificar en tres grupos, dependiendo de su función, de la parte del proceso productivo que se analiza y el tipo de resultados que proveen (Hoof et al., 2008). En el Anexo 3 se describe brevemente la clasificación y las herramientas que utiliza la RECP para poderse desarrollar.

4.2.4. Herramienta Análisis de Ciclo de Vida

En general el ciclo de vida tiene cinco fases en las que se analiza el impacto ambiental del producto, las fases se tuvieron en cuanta para el análisis del algodón, las fases son (Hoof et al., 2008):

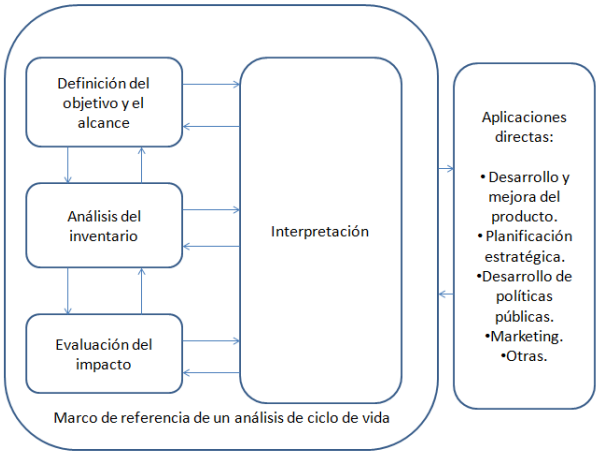
- Fase de extracción de materia prima: origen del material, si es no renovable su impacto es mayor, también se debe hacer un análisis de energía utilizada en su extracción.
- Fase de producción: la efectividad y la cantidad de insumos como energía y agua, la producción de residuos y emisiones.
- Fase de distribución: transporte, distancia y empaques.
- Fase de uso: sobretodo para productos que necesiten insumos de energía o agua para su funcionamiento.
- Fase de disposición final: impacto ambiental en su tratamiento.

- ***Estructura de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ISO 14040)***

En la detección del impacto ambiental por medio de un LCA se debe tener en cuenta el inventario de ciclo de vida (*Life Cycle Inventory*) que determina todos los parámetros que causan efectos en el medio ambiente, y la asignación de impactos (*Assesment Method*) que se relacionan los parámetros a categorías ambientales previamente establecidas (ISO, 2007a).

Un LCA consta de cuatro pasos que se tuvieron en cuenta en el análisis del ciclo de vida del algodón que se pueden ver en la Figura No. 6, para su desarrollo:

Figura No. 6: Etapas de un análisis de ciclo de vida



Fuente: (ISO, 2007a).

1. Definición del objetivo y el alcance:

   Se debe tener claro el motivo del LCA, para poder elaborar el objetivo y el alcance del estudio (el objetivo "hasta donde llegar" para "satisfacer" el motivo), para definir bien la unidad funcional se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

   - Identificar las funciones del producto.
   - Seleccionar una función.
   - Determinar la unidad funcional.
   - Identificar el desarrollo del producto.
   - Determinar el flujo de referencia.

2. El inventario del ciclo de vida (LCI: *Life Cycle Inventory*):

   Es la recolección y procesamiento de los datos relacionados con la producción y uso del producto, esta parte es fundamental porque la calidad del resultado dependerá de la exactitud y transparencia de los datos recolectados.

3. Asignación de datos o evaluación de impactos:

   La función es traducir los diferentes impactos calculados en la fase de inventario, en unos eco-indicadores integrales. Al interpretar los impactos ambientales se pueden clasificar los problemas para obtener una unidad de expresión de los impactos con el objetivo de aproximarlo a los problemas reales.

   Existen diferentes modelos para la asignación de datos en diferentes categorías como el de la Universidad de Leiden que utiliza 11 categorías (Deterioro de recursos bióticos, abióticos, efecto invernadero, deterioro de la capa de ozono, acidificación eutroficación, smog de verano e invierno, toxicidad humana, ecotoxicidad y olores).

4. Interpretación de los resultados:

   Se interpreta toda la información obtenida en los pasos anteriores del LCA para concluir al respecto, el LCA es un apoyo en la toma de decisiones y según lo encontrado se tendrán que utilizar otras herramientas para tomar una decisión:

   - Las conclusiones deben estar enmarcadas con respecto a los límites establecidos para el sistema, fuentes de datos y categorías de impactos escogidas.
   - Los resultados del LCA muestran impactos potenciales.
   - El tiempo y el alcance del estudio dependen del personal y los recursos financieros disponibles.
   - La interpretación incluye criterios subjetivos y no científicos.

4.2.5. Metodología de aplicación de RECP

RECP es un proceso donde cada etapa tiene objetivos específicos que permiten el desarrollo y continuación de las etapas posteriores; el proceso se define de la siguiente manera (Hoof et al., 2008):

1. Sensibilización:

   La falta de compromiso de los directores de las empresas es una barrera importante en la implementación de la RECP, porque es el centro vital donde se tomaran las decisiones para cambios relevantes de tecnología o practicas. Por las anteriores razones es necesario sensibilizar a la organización con exposiciones de casos de aplicación exitosos en empresas del mismo sector o de otros sectores y reuniones con el personal para transmitirlos objetivos y alcances del proyecto, resaltando los beneficios de la metodología en términos de competitividad y sostenibilidad.

2. Diagnostico empresarial integral :

   Se permite definir desde el comienzo las alternativas de RECP identificadas para que sean apropiadas al contexto de la empresa, este diagnóstico se puede desarrollar desde lo general hasta lo particular de la siguiente forma:

- Generalidades de la empresa: actividad principal, organigrama, historia, productos y tecnología.
- Entorno de la empresa: factores exógenos que pueden influir en la competitividad y desempeño de la organización (valoración de mercados, competencia)
- Capacidad interna de la empresa: relación de la empresa con la gestión ambiental.

Se puede seguir diagnosticando a la empresa por medio de análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) y por medio de preguntas de tipo cualitativo que nos aporta un conocimiento integral de la empresa (encuestas y entrevistas).

3. Identificación de puntos críticos y alternativas:

   Para la identificación de puntos críticos debemos comenzar por una Revisión inicial ambiental (RIA) explicada anteriormente, para observar los aspectos de gestión ambiental como técnicos que tienen relación con el desempeño ambiental y competitivo de la empresa.

   Como se mencionó antes, existen muchas herramientas para identificar los puntos críticos, pero de ellas hay una combinación que puede analizar cualquier tipo de estrategia como el uso de RIA, ecomapas, ecoblances y costos de ineficiencia.

4. Planteamiento de proyectos:

   El diseño y presentación del proyecto de RECP le da un toque de medición a las acciones y a los resultados de las alternativas propuestas; los resultados deben reflejar las ventajas económicas, ambientales, funcionalidad de las alternativas y relacionarlo a la vez con la competitividad de la empresa, el planteamiento debe considerar los siguientes aspectos:

   - Justificación: nacimiento por necesidad de la empresa.
   - Objetivo: el resultado que se quiere con su aplicación.
   - Cronograma de actividades: definir los pasos que se van a seguir en el tiempo.
   - Presupuesto de implementación: costos en los que se incurrirá y retorno de la inversión
   - Definición de indicadores: medición por indicadores de gestión y de resultados.
   - Mecanismos de seguimientos: mecanismo de vigilancia para que el proceso se cumpla y sea continuo.

5. Implementación y Seguimiento.

4.3. Productividad

Los índices de productividad se calculan sobre bases anuales, semestrales, mensuales, etc. Para determinar efectos de tendencias y precisar el comportamiento de cada factor en la estructura general a través del tiempo (Biasca, 1984), la productividad de una empresa se puede dividir en productividad total o parcial para medir específicamente algunas entradas de la organización o de forma general.

4.3.1. Productividad Total

La productividad total involucra todas las entradas utilizadas por la organización; es decir es el cociente entre la salida y la agregación del conjunto de entradas.

$$Productividad\ Total = \frac{Salida\ Total}{Entrada\ Total}$$

$$\frac{Bienes\ o\ Servicios\ producidos}{Mano\ de\ obra + Capital + Materias\ primas + Energía + Otros}$$

El cálculo de la productividad total es indispensable para comprender el comportamiento de los diferentes insumos utilizados, ya que el análisis de las productividades parciales pueden conducir a interpretaciones erróneas (Biasca, 1984).

4.3.2. Productividad Parcial

La productividad parcial es aquella que relaciona lo producido por una empresa con una de las entradas utilizadas.

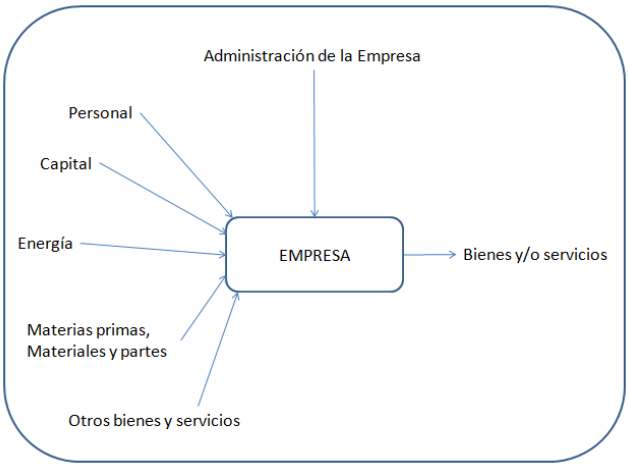
$$Productividad\ Parcial = \frac{Salida\ Total}{Una\ Entrada}$$

Ejemplo:

$$Productividad\ de\ Materias\ Primas = \frac{Bienes\ o\ Servicios\ producidos}{Materias\ Primas} = \frac{Ventas\ (V)}{MP}$$

En la siguiente página, en la Figura No. 7 se puede observar las posibles productividades parciales que se pueden extraer de la anterior formula.

Figura No. 7: Productividades parciales de una organización



Fuente: (Biasca, 1984).

4.4. Innovación

Según el Manual de Oslo innovación es: "la introducción de un nuevo, o significantemente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores" (OCDE & EUROESTAT, 2005), que se complementa al desarrollo de nuevos procesos y productos con nuevas formas de comercialización y métodos organizativos.

El Sistema Nacional de Innovación define este término en forma estratégica de la siguiente manera: desarrollo de nuevos productos y procesos, adquisición y adaptación de nuevas tecnologías, cambios en prácticas gerenciales o en aspectos organizacionales que permiten incrementar la productividad y la competitividad (Colciencias, 1997).

En esta parte se referirá a la innovación de producto y de proceso, enfocados en la parte ambiental hacia el desarrollo sostenible, por tal motivo definiremos eco-eficiencia, que se encuentra relacionada con los procesos productivos y eco-innovación en el que se identificará la importancia de impartirle atributos ecológicos a los productos que se comercialicen para que los consumidores se alineen por un mundo sostenible.

4.4.1. Eco-innovación

Existen diferentes definiciones de eco-innovación, por un lado se le considera eco-innovación cuando se determinan los aspectos ambientales desde las primeras fases del desarrollo de nuevos productos, también innovación para el desarrollo sostenible relacionándolo con la investigación y el desarrollo, desarrollo ambiental de nuevos productos y diseño medioambiental de productos innovadores (Justel, 2008).

La innovación para la sostenibilidad hace referencia a la seguridad ecológica, seguridad en provisión de recursos y seguridad socioeconómica; el primero quiere mantener en continuo funcionamiento los sistemas naturales, el segundo que haya disponibilidad de alimentos, energía, materias primas, etc. Y el ultimo quiere disminuir los niveles de pobreza (mejorar los niveles de riqueza, educacional, acceso de recursos, etc.) (Fussler & James, 1999).

El objetivo de la eco-innovación es ayudar a las empresas que quieran ser sostenibles a suministrar bienes y servicios eficientes en la utilización de recursos, que tengan un mínimo impacto ambiental y contribuyan en lo posible a la calidad de vida de sus clientes (Fussler & James, 1999),

Se puede concluir que eco-innovación hace referencia al diseño y funcionalidad del producto, quiere hacer un impacto positivo hacia el cliente con funciones en el producto que sean eco-eficientes, que es el siguiente término que explicaremos en esta parte de innovación ecológica.

4.4.2. Eco-eficiencia

El WBCSD fue fundado en 1992 con la participación de varias empresas a nivel mundial que hoy en día tiene unos 200 miembros procedentes de más de 35 países y 20 sectores industriales, en el que participan unos 1.000 líderes de negocios a nivel mundial(WBCSD, 2011). El Consejo definió y invento el termino Eco-eficiencia: “La distribución de bienes y servicios, a precios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y mejoran la calidad de vida al tiempo que reducen los impactos ecológicos y la intensidad de recursos a lo largo de su ciclo de vida a un nivel al menos igual a la capacidad de carga estimada del planeta” (Fussler & James, 1999).

Lo anterior se puede resumir en “producir más con menos”, muy similar a la PML pero el objetivo de la Eco-eficiencia es la creación de valor para los clientes a través de acciones ambientales, el énfasis de la Eco-eficiencia se encuentra en cuatro factores para obtener éxito (Fussler & James, 1999):

- Énfasis en el servicio al cliente
- Énfasis en la calidad de vida
- Perspectiva del ciclo de vida
- El imperativo de la eco-capacidad

Otros autores apuntan a que el concepto de eco-eficiencia se impulsa como una estrategia de negocios que une el desempeño financiero y el desempeño ambiental de la organización para crear el mayor valor agregado con el menor impacto ambiental, lo anterior se alcanza por medio de los siguientes aspectos (Boada & Mont, 2005):

- Desmaterialización: las empresas sustituyen los flujos de materia por flujos de conocimiento.
- Cerramiento de ciclos de producción: diseños biológicos de reciclaje de materiales.
- Extensión de servicio: economía orientada a la demanda.
- Extensión funcional: manufactura de productos más inteligentes (valor agregado).

La desmaterialización tiene cuatro principales agentes que son: cambios en la estructura de la demanda final, incrementos en la eficiencia del uso de materia, sustitución de materiales y fuentes energéticas, y estimación de las capacidades de asimilación y carga. Este enfoque debe estar soportado por normas y límites gubernamentales (limites en términos de tasas de extracción de recursos, especificación de entradas y salidas en el proceso productivo e instrumentos para la reducción de la contaminación (Boada & Mont, 2005).

Los objetivos de una política de desmaterialización son los siguientes (Boada & Mont, 2005):

- Reducción del flujo de masa.
- Información sobre el estrés ambiental causado por los productos (LCA).
- Políticas para administrar flujos (mejoras en los procesos).

En conclusión, la Eco-eficiencia intenta integrar el desarrollo sostenible en el ambiente industrial, con una visión a corto plazo para solucionar los problemas ecológicos de las empresas y que no se conviertan en disyuntivas fundamentales que puedan generar descontento con los stakeholders.

4.5. Sistemas de Gestión

Un sistema de gestión es un "Conjunto de procesos, comportamientos y herramientas que se emplea para garantizar que la organización realiza todas las tareas necesarias para alcanzar sus objetivos" (Ogalla Segura, 2006). El sistema de gestión es la herramienta que logra controlar los efectos dentro de la industria (económicos, sociales, ambientales, etc.); ese control se manifiesta por medio de conocimientos ciertos y reales de lo que está pasando en la empresa, a nivel externo como interno y permite planificar lo que pasará en el futuro. Mide el aprovechamiento eficaz y permanente de los recursos que posee la empresa para el lograr su visión (Ogalla Segura, 2006).

En esta parte se conoce Kaizen como filosofía de mejoramiento continuo para la aplicación en el ciclo de Deming que es la base de todos los sistemas de gestión direccionado al mejoramiento continuo. Se abarco el Sistema de Gestión de Calidad propuesto por la norma ISO 9001, que interviene en la parte productiva para que todos los procesos sean eficaces y eficientes, también el Sistema de Gestión Ambiental. Se conocen varias opciones de gestión pero se hace énfasis en la familia ISO 14000 que propone una gestión amigable con el medio ambiente, luego se habla del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001) para controlar el ambiente laboral de la organización para que los empleados no corran ningún tipo de riesgo, por último se realizará un breve recorrido por los conceptos básicos y beneficios de la implementación de un Sistema de Gestión Integrado que abarca todos los anteriores sistemas de gestión en uno solo para su final aplicación en el desarrollo de Trabajo de Grado en la empresa Hilazas Mategam Ltda.

4.5.1. Kaizen

KAIZEN es importante en la administración japonesa, el cual significa “mejoramiento”, pero es un mejoramiento distinto al que se maneja en los países occidentales, ya que Kaizen busca un mejoramiento continuo involucrando a todos los actores internos de las empresas (desde la alta administración hasta los trabajadores), Kaizen no hace mucha referencia a la innovación y a los resultados como si lo hace occidente(Imai, 2001).

Kaizen es una filosofía que plantea una forma de vida (laboral, social o familiar) debe ser mejorada de forma constante. El mensaje es que todos los días se debe realizar alguna clase de mejoramiento en algún lugar de la organización, sobretodo en la parte que está orientada al proceso, el cual tiene que mejorar los resultados(Imai, 2001), es importante tener claro todo lo anterior para comenzar a trabajar con el ciclo Deming, en el que se fijan las actividades del mejoramiento continuo.

La organización orientada al proceso se interesa por los siguientes criterios (se direcciona más a las personas)(Imai, 2001):

- Disciplina
- Administración del tiempo
- Participación y compromiso
- Moral
- Desarrollo de la habilidad
- Comunicación

4.5.1.1. 5 – S

Teniendo en cuenta la filosofía Kaizen, el movimiento de 5 – S da un inicio de trabajo para el mejoramiento continuo; se denomina 5 – S por las siguientes palabras: seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, que se explican a continuación(Imai, 2001):

- Seiri (enderezar): se refiere a corregir los trabajos de proceso, la inutilización de herramientas innecesarias, maquinaria no ocupada, evitar productos defectuosos, etc. Desechar lo innecesario.
- Seiton (poner las cosas en orden): las cosas deben estar en su lugar y listas para ser utilizadas cuando se requieran.
- Seiso (limpieza): mantener limpio el lugar de trabajo.
- Seiketsu (aseo personal): el aseo y la pulcritud debe ser un hábito, comenzando por las propias personas.
- Shitsuke (disciplina): seguir los procedimientos de la organización.

4.5.1.2. Seis Sigma

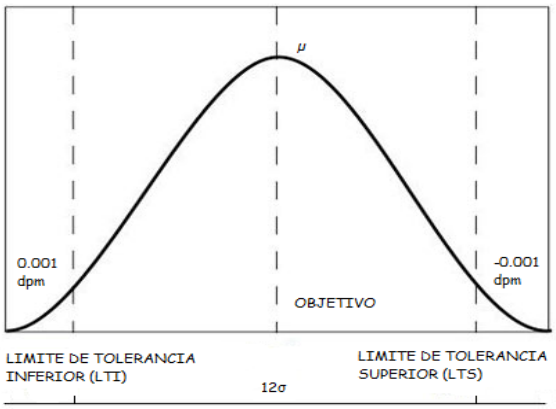
Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, impulsada por la reducción de la variabilidad de los mismos, como resultado se obtiene la disminución o eliminación de los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente, el objetivo del uso de Seis sigma es relacionar su funcionamiento con el apoyo al desarrollo sostenible por sus herramientas que intentan reducir al máximo la generación de residuos por medio de los defectos o errores , en el caso de medición de desperdicios de Hilazas Mategam se define por medio de la eficiencia de producción realizados durante el procesos de elaboración de productos.

Seis Sigma es un sistema de calidad que mejora la satisfacción del cliente, reduciendo los defectos y el tiempo total de los procesos. Seis Sigma también es una medida estadística para lograr un objetivo con una dirección conjunta de toda la organización. La medida estadística (ver Anexo 4) mide el nivel de desempeño de un proceso o producto. El objetivo de estas medidas es lograr la casi perfección de los procesos mediante la mejora continua del desempeño (Lefcovich, 2009).

La estrategia competitiva de Seis Sigma se encuentra en todos los niveles de la empresa por medio de análisis estadísticos de la organización, con el fin de determinar las acciones oportunas para lograr una calidad que represente un índice final de defectos del producto de sólo 3,4 defectos por millón de oportunidades (dpm), La Figura No. 8 muestra lo que se quiere con Seis Sigma (Lefcovich, 2009).

La meta de Seis Sigma es ayudar a la gente y a los procesos a que logren entregar productos y servicios libres de defectos. Seis Sigma tiene en cuenta que hay siempre lugar para los defectos, inclusive en los mejores procesos o en el mejor producto, pero debe haber un nivel de funcionamiento correcto del 99,9997%, Seis Sigma se fija un objetivo defectos inexistentes (Lefcovich, 2009).

Figura No. 8: Estadística Seis Sigma



Fuente: (Kumar, 2009) Elaboración propia.

4.5.1.2.1. Dirigir Seis Sigma

Con Seis Sigma se puede monitorear los siguientes segmentos (Lefcovich, 2009):

- Satisfacción del cliente.
- Desempeño de los Procesos Claves.
- Métricas de Cuadro de Control.
- Cuentas de Pérdidas y Ganancias.
- Actitud de los empleados.

Lo anterior suministra retroalimentación sobre el desempeño de los procesos, productos y servicios de la organización. La dirección de Seis Sigma no es solo responsabilidad de la gerencia, ni impulsado por los mandos medios; para dirigir a la empresa se debe enmarcar una filosofía en toda la organización, la cual es unir el poder de la gente con el poder del proceso, esforzarse por no cometer errores, concentrar todo el esfuerzo en no malgastar tiempo y materiales, evitar al máximo los errores de producción y de entrega, Seis Sigma busca calidad, pero no sólo en el producto final; busca calidad en el servicio al cliente y en la manufactura (Lefcovich, 2009).

4.5.1.2.2. Método DMAMC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar) para resolución de problemas.

En la resolución de problemas se utiliza el método DMAMC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar) (Kumar, 2009), el objetivo de este método es dar solución a un problema de producción o servicio de forma cíclica para tener un control continuo, a continuación se explica brevemente cada fase de DMAMC (Kumar, 2009):

- **Definir el problema**

Primero se debe definir claramente en que problema se trabajará e identificar los clientes y sus requerimientos, también se debe conocer cómo se desarrolla el trabajo en la actualidad para definir los posibles beneficios de realizar una mejora. Es importante definir correctamente un problema ya que implica un 50% de la solución. Un problema mal definido desarrollará soluciones para falsos problemas.

- **Medir**

El medir tiene dos objetivos fundamentales, recordemos que "*La calidad no se mejora, a no ser que se la mida*":

1. Tomar datos para validar y cuantificar el problema. Esta información es crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
2. Permite y facilita identificar las causas reales del problema.

- **Analizar**

El análisis permite descubrir la razón del problema. Para desarrollar este punto se utilizarán las herramientas de Seis Sigma que más adelante se enuncian. Estas herramientas se emplean para determinar dónde se encuentra la empresa, no para justificar los errores.

- **Mejorar**

En esta etapa es importante la participación de todos los que fueron parte del proceso, como la capacidad creativa. La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. La fase de diseño utiliza mucho el benchmarking para detectar en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas procesos más efectivos e implementarlos.

- **Controlar**

Se Deben definir los indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto. Los indicadores son necesarios para tener una vigilancia activa en el proceso ya que nos muestran los puntos conflictivos de la empresa y ayudan a caracterizar, comprender y confirmar los procesos.

Entre los indicadores a monitorear se encuentran:

  - Indicadores de costo (costos de operaciones, materias primas, despilfarro y reciclaje, comercialización, desarrollo de productos).
  - Indicadores de tiempo (los ciclos productivos, comerciales, respuestas).
  - Indicadores de prestaciones (cuota de mercado, cotización de acciones, imagen de la empresa, niveles de satisfacción de los clientes y consumidores, y participación de los empleados).

4.5.1.2.3. Herramientas de Seis Sigma

Existen cuatro tipos de herramientas que se utilizan en Seis Sigma para su implementación (Lefcovich, 2009):

- Herramientas destinadas a la generación de ideas y organización de la información: tormenta de ideas, diagrama de afinidad, estructura en árbol, mapa de proceso a primer nivel, diagrama de flujo de proceso y diagramas de causa-efecto (espina de pez).

- Herramientas para la obtención de datos: muestreo estadístico, VDC (métodos para obtener la voz del cliente), hojas y gráficos de control, análisis del sistema de medida.

- Herramientas para el análisis del proceso y de los datos: análisis del flujo del proceso, análisis del valor añadido, diagrama y gráficos, diagrama de Pareto, histogramas, gráfico de tendencias y diagrama de dispersión.

- Herramientas para el análisis estadístico, y las herramientas para la implementación y gestión de los procesos: Métodos de Gestión de Proyectos, el Análisis de Problemas Potenciales , el Análisis del Modo de Fallo y sus Efectos (AMFE), Análisis de los grupos afectados, Diagramas de Campo de Fuerzas, Documentación del proceso, Cuadro de Mando Integral e indicadores del proceso.

4.5.2. Ciclo Deming (PHVA)

El concepto de PHVA (Planear, Hacer, Actuar y Verificar) se encuentra presente en el área profesional y personal, su uso es continuo aunque sea formal o informal, consciente o subconsciente, simple o complejo es un ciclo interminable. Para cualquier sistema de gestión, el ciclo PHVA es dinámico y se puede desarrollar en cualquier proceso de la organización uniéndolos como un todo, se encuentra muy ligado con la planificación, implementación, control y mejora continua (Pardo, 2008).

La ISO 9001/2008 describe al ciclo PHVA de la siguiente forma (ISO, 2008):

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

La metodología para establecer un Sistema de Gestión se basa en el “Modelo Deming” o ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) de administración, establecido en la ISO 9000 y aplicable en todos los sistemas de gestión, ese modelo se puede observar en el Anexo 5.

4.5.3. Sistema de Gestión de Calidad (Norma ISO 9001/2008) (SGC)

La globalización condujo a la estandarización de los procesos productivos, lo anterior generó que cualquier compañía competitiva para poder participar en el mercado mundial tenía que cumplir con los estándares y además contar con la certificación ISO. Las normas ISO 9000 se definen como un conjunto de normas de aseguramiento de la calidad, las cuales han sido formuladas por la Comunidad Europea (ISO, 2011).

El principal objetivo de la ISO es estandarizar las normas a nivel de producción y seguridad para Empresas y Entidades a nivel internacional. Además se debe destacar que las normas ISO fueron redactadas con el objetivo de que los controles eficientes no dan nacimiento a la calidad de un producto, sino más bien de un proceso productivo y de soportes que funcionen de manera eficiente (ISO, 2011).

- ***Implementación de un SGC***

La implementación de un sistema de gestión de calidad tipo ISO debe ser una decisión estratégica para las empresas, según las necesidades de la organización, los objetivos son los siguientes (ISO, 2008):

a) Demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.
b) Aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.

Con los objetivos claros se puede comenzar a estandarizar los procesos para disminuir las fallas y detección temprana de los problemas, de tal forma que se pueda controlar y dirigir a la organización por medio de 8 principios estipulados en la ISO 9000 como base de las normas de la familia 9000 (ISO, 2005a):

- Enfoque al cliente
- Liderazgo
- Participación del personal
- Enfoque basado en procesos
- Enfoque de sistema para la gestión
- Mejora continua
- Enfoque basado en hechos para la toma de decisión
- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

En Hilazas Mategam Ltda se tuvieron en cuenta los principios del SGC para aplicarlos en el Sistema de Integral de Gestión.

4.5.4. Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)

En esta parte se conoce los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) que constituyen un mecanismo de gestión para manejar los aspectos y las herramientas ambientales en los negocios ya sea a corto o a largo plazo, además tiene una estrecha relación con la producción más limpia (PML) la cual necesita un sistema de gestión que impulse esta estrategia empresarial para alcanzar el desarrollo sostenible. En otras palabras; lo anterior es importante porque las estrategias ambientales necesitan diseñar o aplicar un sistema de gestión que facilite la planeación, coordinación y seguimiento de la aplicación de las herramientas para cumplir el objetivo de un desarrollo sostenible con mejora continua de un ciclo Deming (Planeación, Hacer, Actuar y Verificar) por medio de la gestión ambiental que se aplicó en Hilazas Mategam Ltda por medio del Sistema Integral de Gestión.

4.5.4.1. Definición y conceptos de los SGA

Los sistemas de gestión ambiental son parte del sistema de gestión global que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las practicas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implementar, realizar, revisar y mantener la política ambiental (Pardo, 2008).

Según el PNUMA, la Cámara de Comercio Internacional y la Federación Internacional de Ingenieros Consultores define al SGA como: "un conjunto planeado y coordinado de acciones administrativas, procedimientos operativos, documentación y registros, implementados por una estructura organizacional especifica con competencias, responsabilidad y recursos definidos, con el fin de prevenir efectos ambientales adversos, así como promover acciones y actividades que preservan y /o mejoran la calidad ambiental" según cita (Hoof et al., 2008, pág. 105).

Los objetivos que se intentan alcanzar dentro de las organizaciones al implementar un SGA son los siguientes (Hoof et al., 2008):

- Identificar y controlar los aspectos
- Definir un conjunto de principios que orienten las responsabilidades ambientales de la organización en el futuro.
- Establecer metas
- Determinar cuáles recursos son necesarios para lograr las metas.
- Definir y documentar tareas, responsabilidades y procedimientos en toda la organización
- Capacitar a las personas para que cumplan su rol de manera eficiente.
- Medir el desempeño de la empresa frente a las metas.

Todo lo anterior se puede ver reflejado en la reducción de generación de residuos y disminución de la contaminación, además, se incrementa la calidad y la confiablidad de los productos en el mercado, la satisfacción y la seguridad del cliente, disminución de riesgos, eficiencia en los procesos, reducción de costos, mejor relación con la autoridad ambiental e incrementación de la imagen pública (Hoof et al., 2008).

4.5.4.2. Diferentes SGA

Existen diferentes Sistemas de Gestión Ambiental que se diferencian por la forma en la que abarcan a las empresas como el EMAS, que son la base de una certificación ISO 14001 pero se especializa en PYMES (Pequeñas y Medianas empresas), o la Responsabilidad Integral que comprende empresas agremiadas que se comprometen a cumplir ciertas metas a favor del medio ambiente. En el Anexo 6 se pueden observar los diferentes sistemas de gestión ambiental.

4.5.5. Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001/2007)

Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) establece un modelo de gestión de la prevención de riesgos laborales y su publicación fue realizada por el *British Standards Institute* en 1999, con el objetivo de integrar esos requisitos con los de calidad (norma ISO 9000) y de gestión ambiental (norma ISO 14000).

El objetivo de la norma es identificar y evaluar los posibles riesgos laborales, definiendo responsables, funciones, actividades, procesos, recursos, etc. Basada en el ciclo de mejoramiento continuo (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) (BSI, 2007).

La norma OHSAS 18001 surge como una necesidad tanto de empleadores como de empleados, para realizar los trabajos de forma segura, fomentando una buena salud en los empleados; esta norma establece los requisitos para un sistema de administración de seguridad y salud ocupacional que permite a las organizaciones controlar sus riesgos y mejorar su desempeño, se pretende que la empresas realicen las siguientes actividades (Pardo, 2008):

- Establecer un sistema que elimine o minimice los riesgos para los empleados y otras partes expuestas a riesgos de seguridad y salud ocupacional asociados.
- Implementar, mantener y mejorar continuamente este sistema de gestión.
- Asegurar su conformidad con la política declarada por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional.

Esta última norma complementa el Sistema Integral de Gestión que comprendía el SGC y el SGA.

4.5.6. Sistema Integral de Gestión

Los sistemas de gestión permiten el desarrollo de tecnologías y de productividad en las organizaciones en forma ordenada y metódica, por tal motivo los países y entidades internacionales impulsan el desarrollo de sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud ocupacional, aunque las normas ISO 9001 (compromiso con la calidad), ISO 14001 (cumplimiento de las regulaciones ambientales) y OHSAS 18001 (bienestar de los empleados, prevención de accidentes y cumplimiento de la legislación laboral) son voluntarias, la competencia, las buenas prácticas, la calidad, el cumplimiento de la legislación, etc. Obligarán a las empresas a implementar un sistema de gestión integral (Pardo, 2008).

Implementar cada sistema requiere de recursos e incremento de auditorías externas por tal motivo implementar un Sistema de Integrado de Gestión es una decisión estratégica, ya que evita varias visitas, documentación duplicada, reduce desperdicios, motiva a los empleados y crea eficiencia y eficacia (Pardo, 2008), en el desarrollo del trabajo de grado se usó el SIG para unir todos los sistemas de gestión y aplicarlos en Hilazas Mategam Ltda.

El certificado de SIG se denomina PAS 99 del BSI, es la primera especificación de requisitos del mundo para sistemas de gestión integrada, desarrollada para alinear los procesos y procedimientos en una estructura holística que permite operar con mayor eficacia. Cualquier organización puede integrar dos o más sistemas de gestión en un solo sistema como un conjunto uniendo la documentación, políticas, procedimientos y procesos (BSI, 2011).

4.5.6.1. Requerimientos para establecer un SIG

Los requerimientos que debe cumplir un sistema de gestión integral en los temas de calidad, ambiente, seguridad y salud ocupacional se pueden ver en el Anexo 7 , la empresa debe tener claridad de cómo trasladar o traducir lo que dice el documento genérico y teórico, como son las normas, a la realidad de la organización porque de lo anterior depende que el sistema no sea una carga sino una estrategia de mejora continua de viabilidad del negocio a corto, mediano y largo plazo, los trabajadores no deben ver las normas como actividades de más labor sino herramientas que facilitan su trabajo (Pardo, 2008).

Requisitos Generales:

- Mapa de procesos: Identifica y define los procesos estratégicos de producción y de apoyo o mantenimiento y su aplicación e interacción en la organización.
- Distribución de planta: Es un plano o mapa donde se identifican las áreas o sitios críticos para la calidad del producto o servicio (atención al cliente o control de calidad), la seguridad o eventual enfermedad ocupacional (trabajos de alto riesgo) y ambiental (sitios de generación de residuos).
- Organigrama: Define las responsabilidades y la autoridad dentro de la organización y especialmente en los sistemas de gestión, es importante analizar los procesos y no las áreas funcionales.

Gestión por procesos:

Los procesos de la gestión se deben diseñar orientados por objetivos para aprovechar el potencial de los trabajadores involucrados (generan participación y mejora continua), lo anterior se ve reflejado en el ahorro de costos, optimización de operaciones, y mejora de los productos (Pardo, 2008).

La dirección de la empresa debe tener claro los siguientes objetivos (Pardo, 2008):

- Hacer entendibles las estrategias para cada sector.
- Fomentar el estándar de calidad en su área de responsabilidad.
- Apoyar el clima laboral y la cooperación.
- Elevar el nivel de formación y competencia de los empleados.
- Implementar mejoras en la producción de valor agregado.

- Brindar un aporte medible al éxito de la empresa.
- Fomentar la satisfacción de empleados y clientes.

Los siguientes son los procesos que se deben tener en cuenta dentro de la organización (Pardo, 2008):

- **Procesos de dirección, estratégicos o de control:** se maneja por la gerencia o dirección, se relaciona con la planeación estratégica.
- **Procesos operativos, de realización, de servicio o de valor:** se involucra el ciclo de producto o servicio para generar valor; procesos de ventas, compras, diseño, producción, despachos, etc.
- **Procesos de apoyo, de soporte o de recursos:** se enfoca en los resultados de SGI, contribuyendo a la gestión de los procesos de realización del producto o prestación de servicio; se encuentran procesos de infraestructura, mantenimiento, control de calidad y conformidades.
- **Procesos de contingencia:** su objetivo es dar tratamiento a las desviaciones, definiendo acciones encaminadas al mejoramiento del SIG y la eliminación de fallas.

4.5.6.2. Módulos de un SIG

Configurando el SGI se pueden identificar módulos comunes para los sistemas de calidad, ambiental, seguridad y salud ocupacional como se puede observar en la
Figura No. **9**, de acuerdo al análisis del ciclo PHVA y los criterios de las normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, se puede observar el Anexo 8 para detallar cada uno de los módulos.

Figura No. 9: Módulos de un SGI

Fuente: (Pardo, 2008, pág. 52).

4.6. Análisis de Ciclo de Vida (LCA: *Life Cycle Assessment*)

El análisis de ciclo de vida es un procedimiento para evaluar las cargas ambientales que se generan por un producto, proceso o actividad. Los LCA identifican y cuantifican los usuarios de energía y materiales y las descargas de contaminantes al ambiente. Se evalúa el ciclo completo de un producto de la siguiente forma. Se incluye la extracción y procesamiento de materias primas, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso del producto, la reutilización, el mantenimiento, el reciclado y la disposición final de los residuos (Martín & Santamaría, 2004).

Para profundizar en el uso de la herramienta y los lineamientos de la Norma ISO 14040, en el numeral **4.2.4** se encuentra más especificado, en esta parte se hace énfasis en el enfoque de "la cuna a la cuna" de Braungart y McDonough, el cual se relaciona con el desarrollo sostenible al darle un mejor uso o diseño a los producto y subproductos para solucionar la problemática planteada en el trabajo de grado, al final se explica las funciones y utilidad del software GaBi 4 utilizado en el desarrollo del trabajo.

4.6.1. Enfoque de "la cuna a la cuna"

La economía industrial se ha convertido en la primera fuerza geológica, biológica y química del planeta tierra, la respuesta medio ambiental más próxima por los daños realizados es que por lo menos 80% de los gastos en tecnología medioambiental se ha destinado a soluciones "de final de tubo", algo que no es ecológicamente sostenible (Michael Braungart & McDonough, 2005).

El ideal de la industria que buscan Michael Braungart y William McDonough es: "Un mundo movido por energías renovables, completado con productos intrínsecamente saludables y seguros, que son distribuidos de forma económica, ecológica, equitativa y estética" (Michael Braungart & McDonough, 2005).

Hoy en día muchas de las industrias tiene un enfoque "De la cuna a la tumba": se extraen los recursos, se transforman en productos, se venden y al final, se los arroja a algún tipo de "tumba", normalmente un basurero o una planta incineradora, además, que el paradigma actual de la producción y el desarrollo, considera a la diversidad una fuerza hostil que amenaza a los objetivos del diseño (fuerza bruta – diseño universal) (Michael Braungart & McDonough, 2005); en otras palabras se tiene que conseguir el producto sin importar los efectos posterior a su consumo y hacerlo único y sin variaciones.

- **Elementos del enfoque "de la cuna a la cuna"**

Las regulaciones ambientales pueden ayudar, pero por lo general solo requieren soluciones "de final de tubo", en lugar de buscar respuestas que afecten el diseño y que sean más creativas, las regulaciones se les puede llamar en este sentido "licencias para dañar"; un permiso emitido por el gobierno a favor de la industria para contaminar en una tasa "aceptable"(Michael Braungart & McDonough, 2005).

Como se observa, la naturaleza utiliza un ciclo “de la cuna a la cuna” por el manejo de los nutrientes en el cual los desperdicios no existen, eliminar el concepto desperdicio en la industria es un reto que comienza desde el diseño del producto hasta su final (aunque no es un final sino un nuevo comienzo). El enfoque “de la cuna a la cuna” utiliza dos metabolismos para su funcionamiento: biológico y técnico. El primero, es un material que puede ser utilizado por microorganismos u otros animales, en otras palabras, materiales biodegradables, el segundo, es un material que se puede volver a utilizar en la industria. (Michael Braungart & McDonough, 2005).

4.6.2. Software LCA (GaBi 4)

GaBi 4 es un software de LCA desarrollado por *PE International*, una empresa de consultoría con sede en Leinfelden-Echterdingen, Alemania, que posee un grupo de trabajo en el campo de Análisis de Ciclo de vida (LCA). PE Internacional es una organización mundial con filiales. La versión utilizada en el trabajo de grado es la 4, aunque *PE International* está anunciando la versión GaBi 5 que posee datos actualizados a 2011 aunque a la fecha no ha sido lanzado al mercado.

Características (ITENE, 2009)(PE Int, 2011):

- Permite crear procesos simples.
- Adecuado para sistemas de gran complejidad.
- Permite asociar costes económicos y aspectos sociales a los flujos.
- Se pueden introducir planes, los pasos de los procesos y la dirección de los flujos.
- Se pueden ampliar las bases de datos.
- Se pueden realizar análisis de escenarios, variación de parámetros, análisis de sensibilidad, etc.
- Múltiples métodos de evaluación de impacto.
- Alimentar el desarrollo de productos con información esencial sobre el comportamiento medioambiental de los materiales y procesos.
- Identificar los puntos críticos del medio ambiente y los potenciales de optimización en el suministro.
- Apoyo de vigilancia ambiental y análisis de riesgos.
- Información para toma de decisiones sobre reducción de costos variables y realizar inversiones estratégicas.
- Ayuda a presentar argumentos convincentes y complementarios para la comunicación con clientes, autoridades y partes interesadas.
- Estratégicamente puede diferenciar los materiales, productos, servicios y procesos de los competidores con la presentación de informes ambientales y de comercialización basados en el análisis transparente y completo.

4.7. La industria textil

La industria textil se ubica en el código industrial internacional uniforme (CIIU) en la letra D identificada por Industria manufactureras en la división 17 de fabricación de productos textiles y 1710 preparación e hilatura de fibras textiles donde se centra este trabajo de grado.

En esta parte se aborda la Industria Textil desde los procesos, los materiales y la familiarización de términos que se manejan en este, con el objetivo de dar conocimiento de la industria junto con el contexto Colombiano, dando prioridad al algodón como materia prima a trabajar.

Es necesario identificar las fuentes de generación de desperdicio en la industria textil para relacionarla con Producción más limpia, las cuales son la generación de residuos sólidos en los que se encuentran material sobrante (retazos), hilos, al igual que aceites de lubricación en el uso de la maquinaria (Hoof et al., 2008).

Cuando se trabaja en la parte de tintorería se producen residuos líquidos que se destinan a vertimientos de detergentes, solventes colorantes, soda, ácidos, etc. También se generan emisiones atmosféricas por las maquinas utilizadas y gases de combustión (Hoof et al., 2008), Sin embargo el trabajo se centra en la parte de hilatura, por tal motivo trabajo con los residuos sólidos.

4.7.1. Generalidades

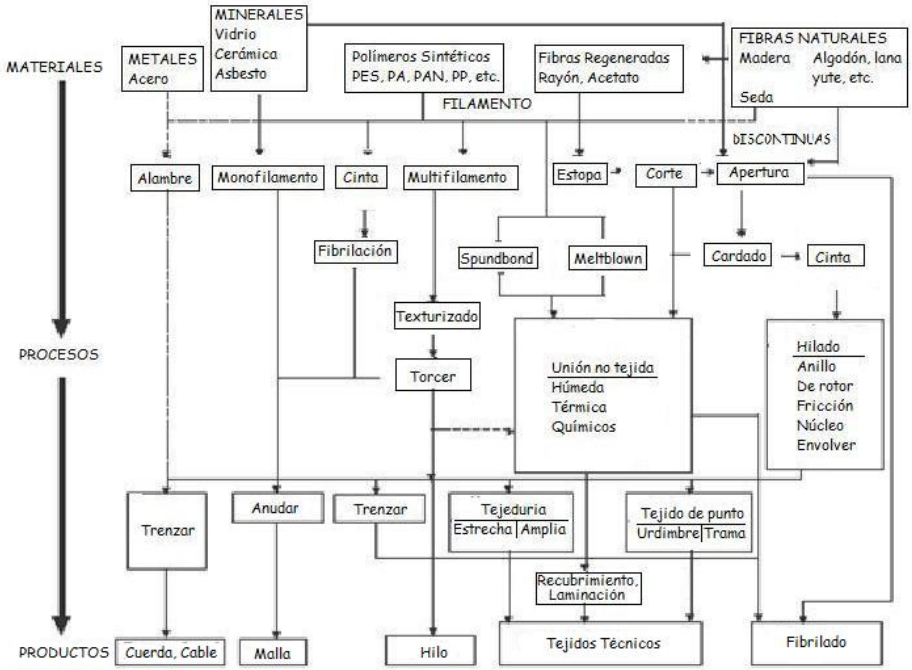
La industria textil es la encargada de desarrollar tejidos a partir de fibras, para eso, necesita varios procesos para convertirse en hilo o hilaza y al final convertirse en un tejido. Las fibras actualmente se dividen en naturales y artificiales; las naturales como el algodón, el lino, el yute y el sisal se utilizan desde hace muchos siglos (y todavía se utilizan) en aplicaciones que van desde tiendas de campaña, cuerdas, lona y ropa. Existen pruebas de tejidos que se utilizaban en la época romana para estabilizar un terreno pantanoso, con el fin de construir carreteras - los primeros ejemplos de lo que ahora se denomina geotextiles y geomallas (Horrocks & Anand, 2000).

El término genérico de textil deriva del latín *texere*, que significa tejer, se utilizaba para referirse a las telas tejidas, pero que hoy se utiliza para los filamentos, hilazas e hilos sintéticos, materiales tejidos, hilados, trenzados, bordados que se fabrican a partir de las fibras.

En la siguiente página, la Figura No. 10 resume los principales materiales, procesos y productos que se consideran dentro de la industria textil. Con la advertencia de que algunos de los procedimientos no son exactamente de fibras, pero por su técnica se considera textil.

El término `fibras textiles' hace referencia a las fibras que se pueden hilar o utilizar para fabricar telas mediante operaciones como tejido o trenzado.

Figura No. 10: Resumen de la industria textil



PES = Poliéster, PA = Poliamida, PAN = Poliacrilonitrilo

Fuente: (Horrocks & Anand, 2000).

4.7.2. Fibra textil Algodón

Se le denomina algodón (del árabe "*alcoton*") a la materia de filamentos que recubre las semillas de las especies de plantas del género *Gossypium*, su cultivo puede ser anual o bienal. Cuando las semillas maduran, salen de las capsulas el algodón que creció en las semillas. En la fibra, puede retorcerse con una longitud de 13 a 42 milímetros (Neri, 2005).

La recolección del algodón se realiza a máquina o a mano (manualmente tiene mayor calidad y menos contaminantes), después de su recolección, se lleva a las desmotadoras para separar las fibras de las semillas, en esa separación el 37% corresponde a fibras (algodón bruto) y el 63% a semilla (Zaragoza, 2004).

El algodón es agradable al tacto y no irrita la piel, resistente, poder de absorción y buen comportamiento en el lavado, aunque su capacidad de conservar el calor corporal es regular y se arruga con facilidad, en la Tabla No. 5 de la siguiente página se observan características y propiedades.

Tabla No. 5: Características y propiedades del algodón

Resistencia	En húmedo: 100 a 120 En seco: igual que en húmedo
Resistencia al nudo	91%
Resistencia al lazo	65 a 75%
Elongación	En húmedo: 100 a 110% En seco: igual que en húmedo
Arrugado	Fácil
Planchado	180 y 220 °C
Abrasión	Aceptable
Absorción humedad	14 a 18%
Teñido	Fácil
Lavado	Resistente repetitivo

Fuente: (Zaragoza, 2004).

4.7.3. Producción textil

La producción de textiles es ardua. Según el tipo de tela, la materia prima (las fibras vegetales o animales como los productos químicos) puede prepararse o como etapa inicial en la fabricación de la tela; por lo tanto, el número de procesos distintos implicados en la producción varía según el material de cada producto textil.

La primera etapa en la fabricación de textiles es la producción de la materia prima, ya sea el cultivo de algodón, lino u otras plantas, la cría de ovejas o gusanos de seda, o la producción química de fibras; después, la fibra se hila y posteriormente se usa el hilo para tejer las telas. Luego del teñido y el acabado, el material puede suministrarse directamente a un fabricante de productos textiles o a un minorista que lo vende a particulares para confeccionar prendas de vestir o ropa.

- **Procesado de la fibra:** El algodón en bruto se procesa con la desmotadora, que elimina las semillas y otras impurezas, antes de ser transportado en balas a la hilatura. Para obtener a partir del lino una fibra susceptible de ser hilada se utilizan diversas operaciones mecánicas y químicas. Los filamentos continuos se agrupan y se tuercen para formar hilos de varias hebras; los filamentos rotos y el material de desecho se hilan de forma similar a la empleada para las fibras de algodón, lana o lino.

- **Hilado:** Para obtener hilo a partir de filamentos continuos basta torcerlos, pero en el caso de las fibras cortas hay que cardarlas para combinar las fibras en una estructura continua semejante a la de una cuerda, peinarlas para estirar las fibras largas y torcer las hebras continuas resultantes. En la Ilustración No. 1 de la siguiente página se ve el retorcido de los hilos.

- **Tejido:** Para tejer se utiliza el telar y dos conjuntos de hilos, denominados respectivamente urdimbre (o pie) y trama. Los hilos de la urdimbre van a lo largo del telar, mientras que los de la trama van en dirección transversal. La urdimbre está arrollada en enormes bobinas llamadas enjulios, situadas a los pies del telar, y se enhebra en el telar formando una serie de hilos paralelos. La trama se suministra por los lados del telar desde

unas bobinas que se cambian automática o manualmente cuando se acaba el hilo. La lanzadera del telar hace pasar los hilos de la trama a través del telar, entrelazándolos perpendicularmente con la urdimbre.

Ilustración No. 1: Proceso de Retorcido

- **Teñido:** Los textiles pueden teñirse de distintas formas: las telas pueden colorearse una vez tejidas (tinte en la pieza), pueden teñirse las fibras sueltas en una cuba (tinte en bruto) y, por último, puede teñirse el hilo o filamento antes de tejerlo (tinte en el hilo).

4.7.4. Proceso Hilatura de Algodón:

El proceso de Hilado comienza con la recepción de las pacas de algodón al la máquina que se denomina Batan, la función de esta es abrir y limpiar el algodón, para entregarlo al final en una capa de algodón, parecido a una tela extendida compactada en un rollo.

La siguiente maquina es la Carda, encargada de seguir limpiando el algodón por medio de púas que retienen fibras enredadas y elementos extraños, al final el algodón termina en forma de cinta que se va enrollando en un tambor en forma de espiral.

Después viene el Manuar, responsable de la unión de las cintas de algodón para darle mayor densidad a la cinta para prepararla al procedimiento de estiramiento de la fibra, esto con el fin de paralelizar las fibras y darles más resistencia.

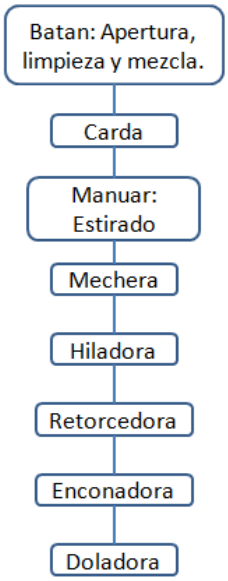
El objetivo de la Mechera es dar un adelgazamiento a la masa de fibras, hasta convertir la cinta de manuar en una mecha o pabilo, con una pequeña torsión para que resista la envoltura y manipulación del siguiente proceso.

La Hiladora consiste en dar el último estiraje al material, hasta obtener un hilo con un título determinado, aplicándole una torsión según el uso final y seguidamente devanarlo en una bobina.

Y la Enconadora reúne todas las bobinas de la hiladora y las compacta en un cono para que ocupen un mejor espacio un ensamblaje en el proceso, se puede ver en la Ilustración No. 2 la enconadora en su proceso, en la Figura No. 11 se observa de manera lineal lo mencionado anteriormente.

Ilustración No. 2: Proceso Enconado

Figura No. 11: Proceso de Hilado



Fuente: (De Larrañaga, 1991).

4.7.5. Título, Número o Densidad Lineal

En la hilatura es importante medir el diámetro de fibras, cintas, pabilos e hilos, para determinar su calibre. Pero, no es tan fácil debido a su poca rigidez y a que su forma no es uniforme, porque obtiene un agrupamiento perfecto de las fibras, por tal motivo se debe calificar a los materiales textiles mediante una relación de peso y longitud. A esta relación se le llama Título, Número o

Densidad Lineal, existen dos sistemas básicos de numeración: peso constante y longitud constante (Ver Anexo 9)(De Larrañaga, 1991).

4.7.6. Descripción de las Empresas

A continuación se describirán brevemente las hilanderías que fueron objeto de estudio y que fueron intervenidas para el desarrollo del trabajo de grado.

Hilazas Mategam Ltda

Es una empresa que fue creada en el año 1990, su actividad principal es el retorcido, enconado y doblado de hilo algodón o poliéster, productos que son utilizados para la agricultura, artesanías u otros procesos industriales. Esta empresa tiene 16 trabajadores entre operarios y administrativos, dentro de su maquinaria existen cuatro retorcedoras, una enconadora y una dobladora.

En el trabajo de grado Hilazas Mategam Ltda será el punto de referencia para desarrollar las herramientas de producción más limpia, el control con la herramienta en Seis Sigma y medición de productividad para mejorar la productividad de la misma. Además comercializa el producto a base de desperdicio de algodón que está desarrollando Hilandería "A", en la

Ilustración No. 3 se ve parte de la zona productiva de la empresa.

Ilustración No. 3: Hilazas Mategam Ltda

Hilandería "A"

Es una gran empresa de hilatura en Colombia, una de las líderes en este segmento que tiene alrededor de 40 años de experiencia en el mercado de hilos de algodón y poliéster. Esta empresa se encuentra en un proyecto de usar el desperdicio de algodón dentro de su proceso productivo para generar un nuevo producto que satisfaga algún nicho de mercado.

En el trabajo de grado Hilandería "A" es parte del análisis de ciclo de vida del algodón a partir de los datos aportados por medio de la entrevista que se realizo y su concepto sobre su uso sostenible (modelo de la entrevista ver Anexo 10).

4.8. Desempeño ambiental y competitividad

Existen estudios que muestran el mejoramiento ambiental junto con el desarrollo económico, muchos autores que estudiaron la relación ambiental y económica parten de enunciados como: Si se mejora el rendimiento del medio ambiente, se aumenta el desempeño en el mercado; y viceversa, si se empeora el rendimiento del medio ambiente, se disminuye el desempeño en el mercado. Tomando como referencia la revisión literaria de (Nishitani, Kaneko, Fujii, & Komatsu, 2011) se encontraron los siguientes ejemplos de lo antes mencionado para mostrar el desempeño ambiental obtenido y la mejora de la competitividad en esas empresas estudiadas:

En el estudio de (Hamilton, 1995) sobre el empleó de datos en empresas de los EE.UU. con el Inventario de Emisiones Toxicas (TRI = *Toxic Release Inventory*), se encontró una relación entre el TRI y anuncios negativos de retornos anormales, eso significa que todo lo malo que se hallaba en el TRI se veía reflejado en el desempeño financiero de la organización, se puede citar incluso las empresas que fueron objeto de estudios empíricos que encuentran una relación positiva entre el desempeño ambiental y económico (Porter & van der Linde, 1995).

(Hart & Ahuja, 1996) utilizaron un análisis de regresión múltiple con datos de los años 1989 a 1992 de empresas *Investor Responsibility Research Center Corporate Environmental Profiles*, y se encontró una relación positiva entre el contenido total de reducción de sustancias químicas y de emisiones junto con una mejora en el rendimiento de las ventas (ROS = *Return On Sales*) y aumento en la rentabilidad sobre activos (ROA = *Return On Assets*) y rendimiento de las acciones durante los años 1 y 2 que se desarrolló en el estudio.

Al igual que los anteriores, (Klassen & McLaughlin, 1996) usaron un estudio de caso entre los años 1989 y 1990, pero con datos de servicios de noticias, las cuales relacionaron con empresas que habían resultado ser ganadoras de premios por el cuidado y desarrollo del medio ambiente, mostrando a la vez rentabilidad positiva de valores sobre todo entre crisis ambientales y rendimientos negativos de valores.

En otro trabajo, (Russo & Fouts, 1997) analizaron datos combinados con datos de 243 empresas entre los años 1991 y 1992, se encontró una relación positiva entre los puntajes de calificación ambiental por parte de *Franklin Research and Development Corporation* y el ROA de cada una de las empresas analizadas.

(Thomas, 2001) utilizó un análisis combinado con datos de empresas del Reino Unido en el período de 1985 y 1997, y encontró que la adopción de una política ambiental tuvo un efecto significativamente positivo sobre Sociedades con retornos excesivos, mientras que el juzgamiento o imposición de multas por el incumplimiento de las normas ambientales tuvo un efecto significativamente negativo en los retornos.

(Darnall, Jolley, & Ytterhus, 2007) utilizaron un modelo probit bivariado con datos de la encuesta de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), fueron alrededor de 4.200 plantas de fabricación en Canadá, Francia, Alemania, Hungría, Japón, Noruega y EE.UU. en

2003. Los resultados indicaron una relación positiva entre varias medidas de desempeño ambiental, incluyendo una disminución de la contaminación de efluentes de aguas residuales y el aire, y el su respectivo beneficio económico.

(Nakao, Amano, Matsumura, Gemba, & Nakano, 2007) analizaron datos combinados con datos de 121 empresas entre 2002 y 2003, y encontraron una relación positiva entre los puntajes de calificación ambiental por Nikkei Inc (índice de la Bolsa Japonesa).

Todos los anteriores trabajados demuestran lo que (Zeng et al., 2010) quería mostrar de una manera más clara partiendo de un modelo de ecuaciones que se estructuraba con datos de 125 empresas manufactureras en el *Directory of Audited Enterprises of Cleaner Production* en China, y encontraron que las actividades de producción más limpia influyen positivamente en los resultados financieros y no financieros, como lo muestra la Figura No. 3 en la sección de justificación del trabajo de grado.

A partir de la justificación y relación con el trabajo de grado de todos los anteriores estudios, se generó una estrategia ambiental para mejorar la productividad de Hilazas Mategam Ltda, utilizando Producción más Limpia junto con el LCA para que al final por medio de la productividad demostrar el beneficio económico de la empresa, a su vez la ayuda ambiental al disminuir la generación de desperdicio y el uso de desperdicio de algodón para disminuir los efectos del LCA del algodón.

5. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en este proyecto es la multi-metodología de Mingers, en la que se divide el espacio exploratorio en tres partes: social, personal y material. En la parte social, se encuentra la intersubjetividad y nuestra participación, en la parte personal, se encuentra la subjetividad y la experiencia propia (investigación), y en la parte material, se encuentra la objetividad y lo que se observa, en la Figura No. 12 se ve lo antes expuesto.

Figura No. 12: Tres dimensiones de las situaciones problemáticas

Fuente: (Mingers & Brocklesby, 1997).

En el mundo social del trabajo se encuentran todas las empresas del área textil y consumidores de este sector (la forma de adquirir información fue por medio de entrevistas o cuestionarios), el mundo material, se refiere al algodón y todo el proceso que requiere la fibra para convertirse en hilo (Análisis de ciclo de vida y estadísticas de proceso) y en el mundo personal, es la investigación que se ha realizado hasta el momento sobre la problemática que estamos analizando (entrevistas, cuestionarios, investigación de artículos y análisis financiero).

Los tres espacios exploratorios se dividen en 4 secciones para su análisis después de identificar el problema: Apreciación, Análisis (¿por qué está pasando?), Evaluación o Diagnostico y Acción o toma de medidas para solucionar el problema, en la Tabla No. 6 de la siguiente página se muestra como se debe desarrollar el marco para las metodologías.

Tabla No. 6: Marco para las metodologías y su asignación

	Apreciación de	**Análisis de**	**Diagnostico de**	**Medidas para**
Social	Social	Distorsiones	Formas de alterar	Generar empoderamiento e ilustración
	Practicas	Conflictos		
	Relaciones de poder	Intereses	Actual	
			Estructuras	
Personal	Individual	Diferentes percepciones	Conceptualizaciones alternativas	Generar alojamiento y consenso
	Creencias			
	Significados	Racionalidad personal	Construcciones	
	Emociones			
Material	Circunstancias físicas	Estructura causal subyacente	Alternativa física	Seleccionar e implementar las mejores alternativas
			Arreglos estructurales	

Fuente: (Mingers & Brocklesby, 1997).

Con lo anterior, se puede proponer un marco de metodologías con sus respectivos métodos y herramientas para desarrollar la investigación que se pueden ver en Tabla No. 7.

Tabla No. 7: Marco de metodologías de la investigación

Mejoramiento de la productividad en la hilatura del algodón por medio del LCA y la PML.

	APRECIACIÓN DE	ANÁLISIS DE	DIAGNÓSTICO DE	MEDIDAS PARA
SOCIAL	El algodón es una de las fibras más utilizada para crear tejidos ¿Qué uso adecuado en el aparato productivo tiene el algodón en la Hilandería A e Hilazas Mategam Ltda para que sea sostenible? (ENTREVISTAS)	En el 2009 se produjeron 21.9 millones de toneladas de algodón, cifra que afecta al medio ambiente por los pesticidas y el desperdicio mal usado. (ANÁLISIS LCA, SEIS SIGMA)	Demostrar la necesidad de utilizar mejorar los recursos del algodón para que genere menos desperdicio e impactos negativos al medio ambiente. (RESULTADOS LCA, PML, SEIS SIGMA)	Concientizar a la industria textil y la sociedad de los beneficios económicos y los riesgos ecológicos del mal uso de la fibra de algodón (INTERPRETACIÓN LCA, PML)
PERSONAL	El desperdicio de algodón está siendo mal utilizado por parte de la industria textil, generando contaminación o productos que no benefician al medio ambiente ¿Qué uso se le da al desperdicio de algodón? (ENTREVISTAS)	El algodón reciclado debería ser usado como una fibra que busque la sostenibilidad que beneficie a la industria y al medio ambiente, también disminuir la generación de	Desarrollar una alternativa para el uso de fibra de algodón reciclado o de desperdicio que beneficie al medio ambiente (plantear una solución). ¿Cuál es su factibilidad económica, técnica	Encaminar la industria textil y a sus usuarios a una conciencia a favor del medio ambiente y mejorar el futuro de la humanidad (desarrollo sostenible). (RESULTADOS)

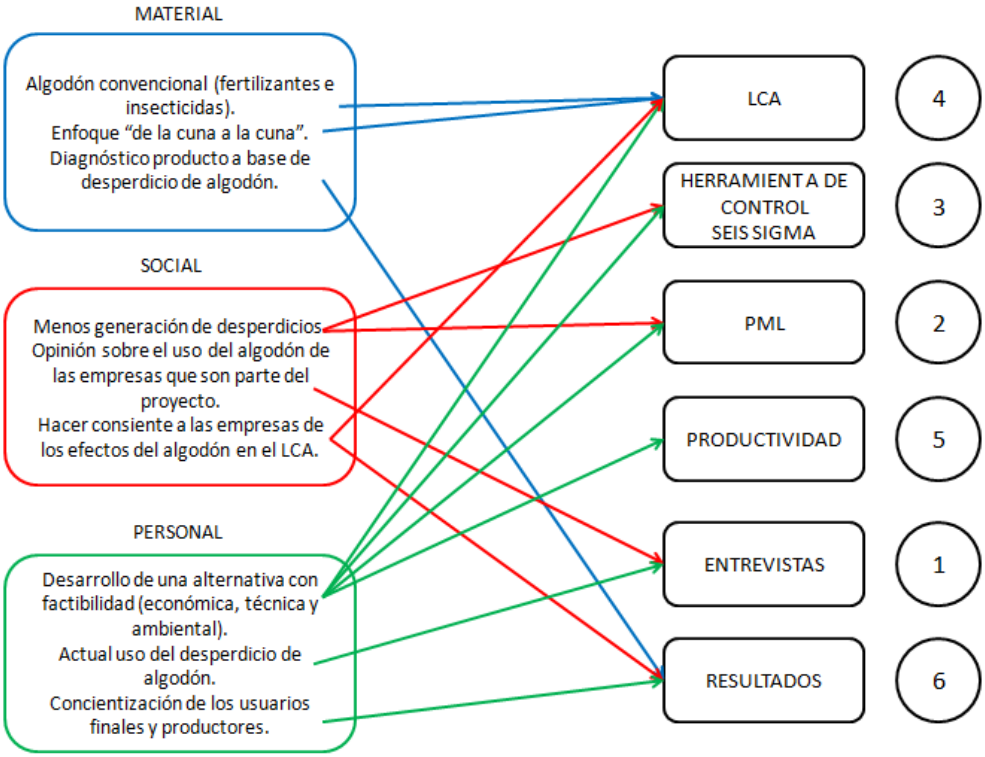
Mejoramiento de la productividad en la hilatura del algodón por medio del LCA y la PML.

	APRECIACIÓN DE	ANÁLISIS DE	DIAGNÓSTICO DE	MEDIDAS PARA
		desperdicio (LCA, SEIS SIGMA)	y ambiental? (LCA,ANÁLISIS FINANCIERO, SEIS SIGMA, PML, PROCESO)	
MATERIAL	La planta de algodón es fumigada por pesticidas que afectan la salud de las personas. Se busca el uso del algodón orgánico generalizado, pero con los costos y el desperdicio generado no beneficia al medio ambiente. El producto como tal debería completar su ciclo de vida en la tierra ¿Como relacionar el ciclo de vida del desperdicio del algodón para que sea un producto sostenible? (DEFINICIÓN OBJETIVO Y ALCANCE LCA, SEIS SIGMA, PML)	La fibra de algodón debe tener un ciclo de vida " de la cuna a la cuna". Si es un producto biodegradable debería beneficiar al medio ambiente al final de su ciclo. ¿Cómo se relaciona el enfoque de "la cuna a la cuna" y el desperdicio de algodón? (ANÁLISIS DE INVENTARIO LCA).	Encontrar un producto que vuelva a los orígenes del algodón (la tierra) por ejemplo en la agricultura como nutriente o abono. (EVALUACIÓN DE IMPACTO LCA)	Analizar la solución para desarrollarla de tal manera que se pueda reproducir en el sector y tenga demanda por los posibles consumidores. (INTERPRETACIÓN LCA, RESULTADOS)

La anterior tabla traza las metodologías a desarrollar, caracterizadas por captar las percepciones (investigación descriptiva) del ámbito social, personal y material para analizar, diagnosticar y tomar medidas (investigación descriptiva y explicativa) para solucionar los problemas, de manera gráfica en la siguiente página en la Figura No. 13 se puede observar el orden lógico de la metodología y su desarrollo en el trabajo de grado según la numeración que aparece a mano izquierda, cabe aclarar que la implementación de SIG se encuentra entre RECP y el control con la herramienta de Seis Sigma porque a raíz de lo identificado en RECP se puede enfocar el SIG para gestionar las acciones en la empresa teniendo en cuenta lo observado y después se realizaron las demás herramientas.

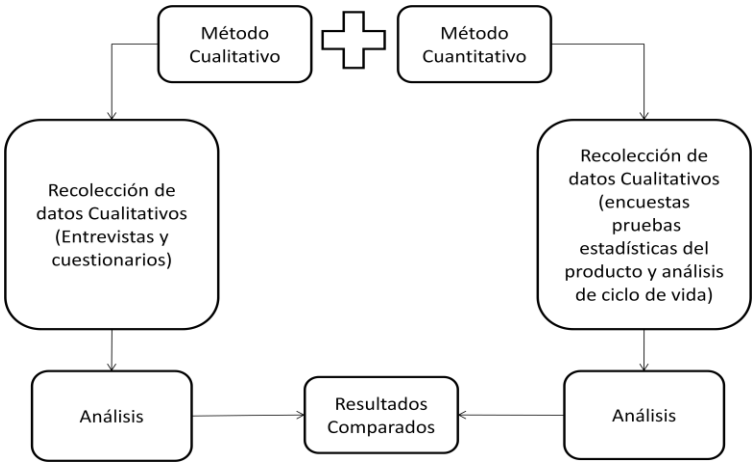
En la recolección de datos de las percepciones, tanto de la industria como de los consumidores, y la resolución del proceso se utilizó un método mixto (datos cualitativos y cuantitativos) por medio de entrevistas, cuestionarios, pruebas estadísticas del producto y análisis de ciclo de vida, con el fin de realizar una triangulación concurrente buscando respuestas como se puede observar en la siguiente pagina la Figura No. 14 .

Figura No. 13: Orden de la Metodología en el desarrollo del trabajo.



Fuente: elaboración propia.

Figura No. 14: Funcionamiento Multi-metodología.



Fuente: (Creswell, 2003)

6. DESARROLLO PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA HILATURA DE ALGODÓN

Para el desarrollo del mejoramiento de la productividad en la hilatura del algodón, se tomaron las herramientas y procedimientos descritos en el marco teórico que se adecuarán al contexto de las empresas para cumplir con los objetivos propuestos, de esta forma se describe brevemente el contenido de este capítulo.

Primero se realizó un análisis sobre el algodón orgánico para mejorar ambientalmente a la industria y alcanzar el desarrollo sostenible, se desarrollo una comparación de las ventas del algodón convencional y orgánico para determinar la factibilidad económica o si sigue siendo un mercado exclusivo por los altos costos de su cultivo.

En segundo lugar se aplicaron las herramientas de la producción más limpia (Ecomapas, Ecobalances, Buenas prácticas de manufactura y Análisis de riesgos) en Hilazas Mategam Ltda para identificar los puntos cruciales donde se puede mejorar el rendimiento de la empresa, también para conocer el espacio donde se está desarrollando la actividad y los problemas que posee en la parte productiva.

Después se describió la forma de implementación del Sistema de Gestión Integral en Hilazas Mategam Ltda, partiendo desde el Sistema de Gestión de Calidad, Sistema de Gestión Ambiental y Sistema de Gestión en Salud y Seguridad Ocupacional, terminado con la inclusión de los tres sistemas y nombrar las ventajas que se obtuvieron y observaciones acerca del SIG.

Luego se aplicó la herramienta de control de Seis Sigma al proceso industrial del algodón en Hilazas Mategam Ltda, utilizando el método DMAMC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar), mostrando los puntos en los que está fallando la producción generando desperdicio no recuperable, las posibles soluciones, los resultados obtenidos (incluyendo costos y ahorros generados) y las medidas de control para que no vuelvan a ocurrir las falencias.

El análisis de ciclo de vida del algodón se desarrolló por los datos aportados por la empresa Hilandería “A”, en los que se van a identificar los principales efectos ambientales que produce la industria textil por la producción de algodón y por la generación de desperdicio dentro de la industria, para finalizar con el análisis de la puesta en marcha del uso del desperdicio de algodón y exposición de los resultados obtenidos al evitar la generación de desperdicio (comparación de ciclos de vida).

Para aprovechar el producto de hilaza a base de desperdicio de algodón, se realizó una encuesta a diez agroinsumos que compran el producto de 100% algodón a Hilazas Mategam Ltda aprovechando un reemplazo del producto que puede tener similares características y para su uso final sea apropiado.

Por último se realizó la respectiva medición de productividad de Hilazas Mategam después de haber realizado todo lo anterior para determinar si se mejoró o se empeoró el rendimiento de la

empresa, comparando dos meses con y sin la implementación de las herramientas antes mencionadas, además de la comercialización del producto a base de desperdicio y la definición de la ficha técnica del producto para su reproducibilidad en otras empresas.

6.1. Algodón y Desarrollo Sostenible

El algodón es la segunda fibra textil a nivel mundial (Wang, 2006) y los cultivos de algodón convencional son de los más contaminantes por el uso de químicos (fertilizantes y pesticidas) (EJF COLLABORATION WITH PESTICIDE ACTION, 2007), además en el análisis de ciclo de vida del cultivo se identifica que tiene un alto impacto de eco-toxicidad, eutrofización, uso de agua y uso de la tierra (Shen, Worrell, & Patel, 2010).

Una de las soluciones planteadas actualmente es el uso de cultivos de algodón orgánico que evitan el uso de fertilizantes y pesticidas, al igual que su método de recolección que es manual; ya se han redactado recientemente las normas *Global Organic Textile Standards* (GOTS), que fueron lanzadas el 1º de octubre de 2006 para apoyar el cultivo, las normas GOTS permiten a los fabricantes de productos textiles distinguir las telas y prendas orgánicas con un certificado que es reconocido en todos los mercados mundiales, que es un importante paso hacia la armonización y la transparencia de las etiquetas de los productos textiles.

Ya existen análisis de cadena de valor del algodón orgánico (Rieple & Singh, 2010) en los que se hace énfasis en la primera barrera para favorecer el desarrollo sostenible con algodón orgánico que es la falta de demanda por el producto, ya que por sus altos precios el acceso a la materia prima es muy exclusiva a comparación del algodón convencional.

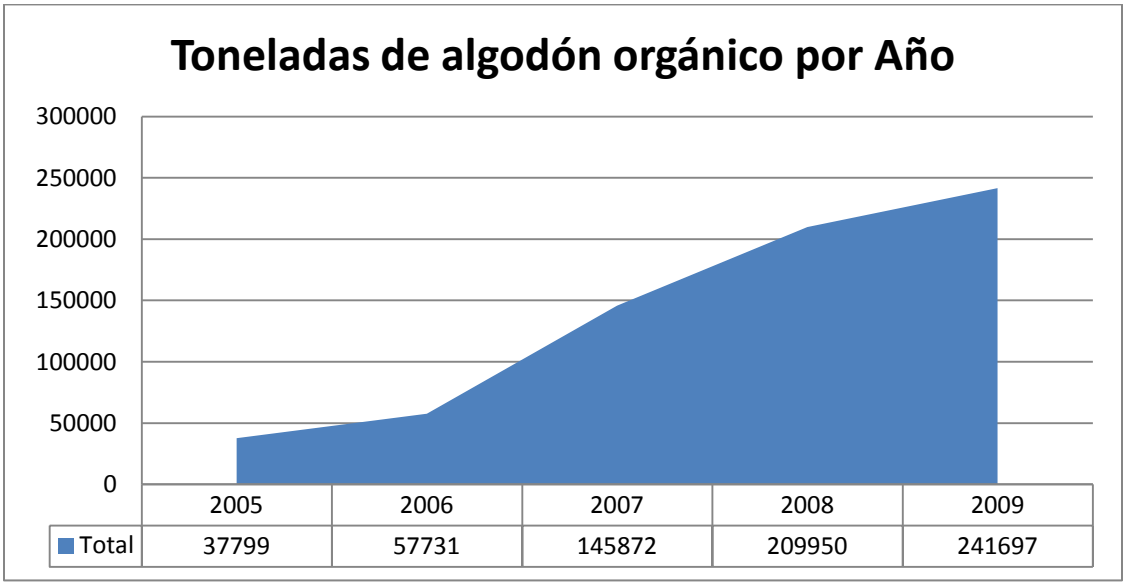
A lo anterior hay que sumarle que muchas empresas manufactureras de algodón no ven el valor positivo de trabajar con este material ya que no observan los efectos ambientales y el único interés es el monetario, algo en lo que el consumidor tiene que ayudar a impulsar y pedir productos orgánicos para que la industria se vea en la necesidad de empezar a procesar con algodón orgánico.

Los grandes apoyos para el crecimiento de los cultivos de algodón orgánico para el uso en la industria son los consumidores y los distintos medios de comunicación que han desempeñado el papel más importante en el aumento de las expectativas éticas de los negocios y en el logro de la visibilidad pública de la responsabilidad social de las empresas (Rieple & Singh, 2010).

Textile Exchange es un organismo que trabaja en la promoción del algodón orgánico en la industria textil; Ellos proponen un mayor apoyo por parte de los gobiernos de los países cultivadores para que los consumidores tomen conciencia al beneficiar al medio ambiente con el consumo de este tipo de algodón, también promueven el cultivo en regiones como Latinoamérica por medio de proyectos pilotos que ayuden en la investigación y mejoramiento del rendimiento de la fibra (Textile Exchange, 2010).

A continuación se mostrarán estadísticas sobre el crecimiento del cultivo del algodón orgánico y su relevancia en el mercado como se muestra en la Figura No. 15 en la siguiente página.

Figura No. 15: Toneladas de algodón orgánico por Año.



Fuente: Elaboración propia con datos de (Textile Exchange, 2010).

La solución para alcanzar el desarrollo sostenible en la industria del algodón se encuentra con el uso de algodón orgánico pero como se puede ver en Tabla No. 8, el 1,1% de todo el algodón es orgánico y los altos costos no permiten que se expanda al mercado para reemplazar al algodón convencional, por tal motivo en el momento, este trabajo de grado intenta dar solución al mejoramiento del uso del desperdicio y evitar en lo posible su generación, mejorando la productividad, el medio ambiente y el ámbito social para que sea el primer paso a la reflexión por parte de la industria textil.

Tabla No. 8: Tabla comparativa del cultivo de algodón orgánico, años 2009 y 2008.

	2008	2009
Toneladas por año	209.950	241.697
Incremento producción	20%	15%
Comparación producción algodón convencional	0.9% del global	1.1% del global
Número de países cultivadores	22	23
Número de agricultores	220.000	275.300
Hectáreas certificadas como orgánicas	253.000	461.000
Del total	68% fue producido en la India	81% fue producido en la India

Fuente: Elaboración propia con datos de (Textile Exchange, 2010)

6.2. Aplicación RECP en la Hilatura

Se implementó la metodología descrita en el marco teórico para desarrollar el RECP en Hilazas Mategam Ltda, con la finalidad de encontrar los puntos frágiles en la parte productiva de la organización y plantear soluciones.

Sensibilización:

Primero se trabajó en la sensibilización de la organización, comenzando desde las directivas y el gerente general para que colocaran de su parte en la medición y observación del proceso productivo, también para que informaran a todos los empleados sobre las futuras nuevas medidas o cambios en la forma como venían trabajando en la empresa.

Teniendo a toda la empresa sintonizada con lo que se realizó, se puede decir que todo el recurso humano estaba preparado para mejorar o aceptar las indicaciones para mejorar la productividad.

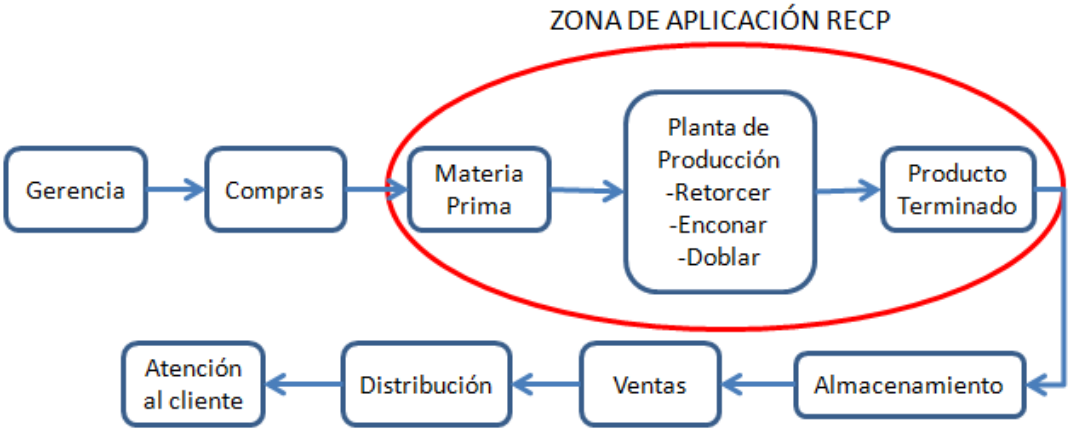
Diagnóstico empresarial integral:

Generalidades y capacidad interna de la empresa:

Hilazas MATEGAM LTDA, fue constituida en 1993 con el objetivo de fabricar y comercializar hilazas de algodón y poliéster. La planta de producción está ubicada al noroccidente de Bogotá, en la localidad de Fontibón en la carrera 103 a # 32 – 83 las instalaciones cuentan con un área de 1000 m2 en donde se encuentra la parte administrativa, el área de retorcido o producción, el área de almacenamiento y el área de carga y distribución.

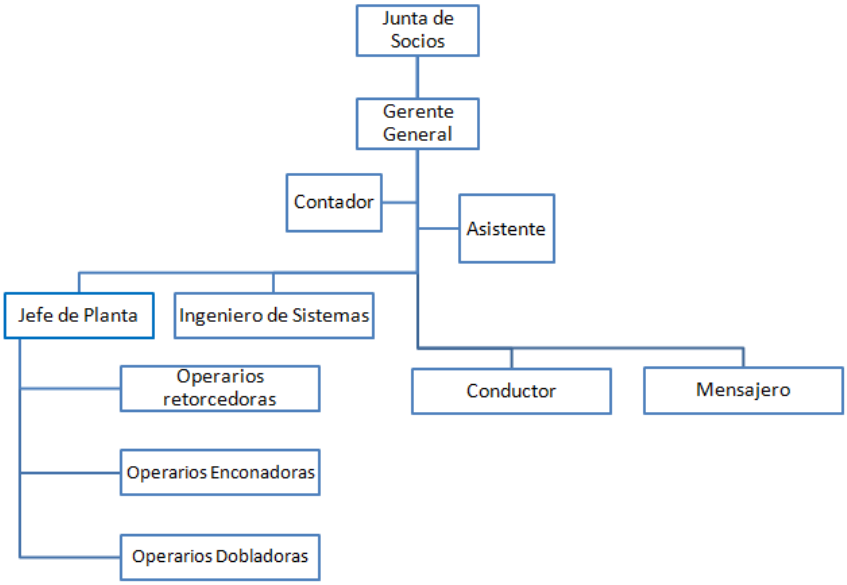
El área de producción está compuesta por tres máquinas retorcedoras, una enconadora y una dobladora. En la siguiente página, en la Figura No. 16 se puede observar el mapa de procesos de la empresa; En rojo está involucrada el área que se intervino en el RECP para mejora de la productividad y ambiental a partir del producto a base de desperdicio de algodón, también en la siguiente página en el organigrama de la empresa de la Figura No. 17 se visualiza el orden jerárquico que fue parte de la sensibilización y que está más relacionado con la parte productiva.

Figura No. 16: Mapa de procesos de Hilazas Mategam Ltda.



Fuente: Hilazas Mategam Ltda, elaboración propia.

Figura No. 17: Organigrama Hilazas Mategam Ltda.



Fuente: Hilazas Mategam Ltda, elaboración propia.

Identificación de puntos críticos y alternativas:

Se realizó un Diagnóstico general, una Revisión Ambiental Inicial, ecomapas y ecoblances, para reconocer los puntos críticos donde se generaba desperdicio o malas prácticas laborales.

Primero se hizo un diagnóstico de la empresa Hilazas Mategam Ltda que se puede ver en la Tabla No. 9 para definir los puntos en los que se va enfocar el mejoramiento de la productividad utilizando las herramientas de la producción más limpia:

Tabla No. 9: Diagnóstico general.

Aspecto	**Observaciones**
Buenas prácticas	Existe la generación de desechos En la producción se generan los desperdicios continuamente
Mantenimiento tecnológico	No hay limpieza de la maquinaria
Reciclaje o reutilización de desperdicios	No hay separación de desechos No hay reutilización de desechos

Fuente: Elaboración propia.

A lo anterior se le suma la Revisión Ambiental Inicial de la Tabla No. 10 para comenzar a definir aspectos estratégicos que son importantes para tener en cuenta de cómo está la empresa actualmente:

Tabla No. 10: Revisión Ambiental Inicial

GESTIÓN AMBIENTAL	MUY MAL	MAL	BIEN	EXCELENTE
Uso de materias primas			X	
Uso y elección de energía			X	
Uso de agua y vertimientos				X
Prevención y reducción de desperdicio	X			
Reciclaje y separación selectiva de residuos	X			
Contaminación del aire, polvo y olores		X		
Almacenamiento de los productos			X	
Reducción y control de ruidos y vibraciones		X		
Salud y seguridad en el lugar de trabajo		X		
Movilidad y transporte de los empleados y los bienes			X	
Prevención de accidentes ambientales				X
Información ambiental (interna y externa)		X		
Comunicación con proveedores y subcontratistas			X	
Planificación verde de bienes y servicios	X			
Vecinos			X	
Motivación de los directivos			X	
Motivación de los empleados		X		
Situación administrativa			X	
Situación General	3	5	8	2

Fuente: Elaboración propia (SBA, 2002)

Por lo que se puede observar de las anteriores tablas, no existe un buen manejo de desperdicio de algodón y separación de los residuos, no existe una planificación verde en la producción lo cual motiva aun más la intervención en estos aspectos, otros puntos relevantes a tener en cuenta son: contaminación del aire por polvo, ruido, salud y seguridad de los trabajadores, información ambiental y la motivación de los trabajadores al cambio.

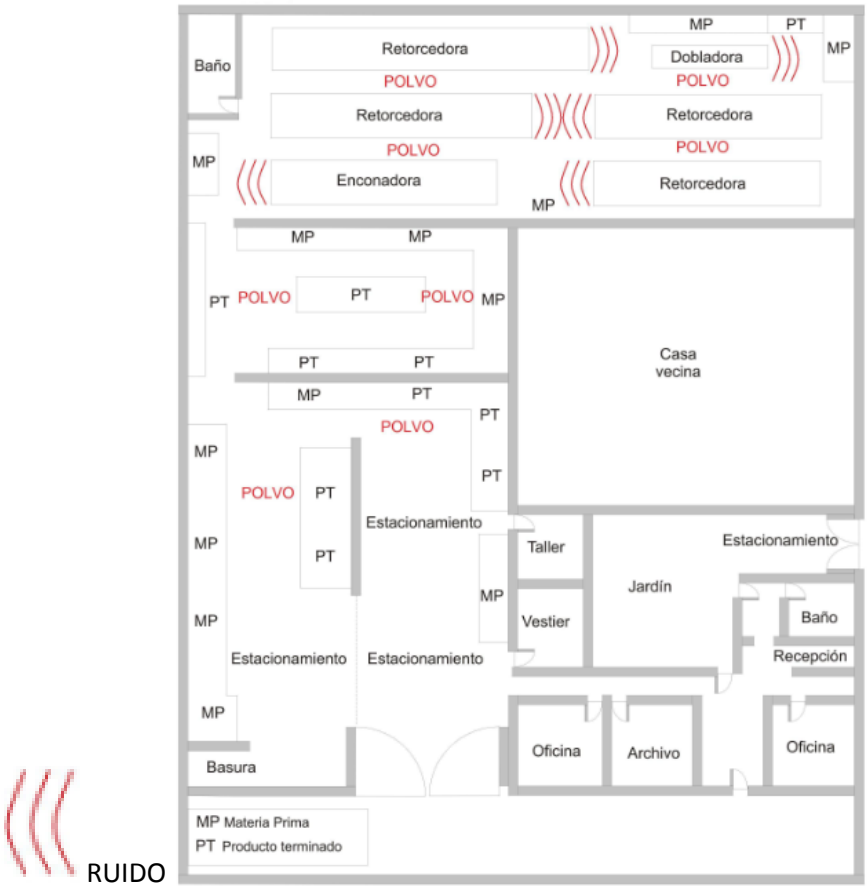
La siguiente herramienta a utilizar para seguir con el planteamiento de la producción más limpia es el ecomapa para identificar los lugares y zonas donde existe un impacto ambiental importante, los ecomapas que se realizaron son: Aire, ruido y polvo, energía, generación de residuos, riesgos, agua y situación urbana.

6.2.1. Ecomapas

Los ecomapas se realizaron tomando en cuenta los datos que la empresa aportó para realizar el análisis respectivo y las visitas realizadas para observar la organización, cada ecomapa utiliza un recurso distinto que influye en el funcionamiento de la empresa, sin embargo se hizo énfasis en aquellos que intervienen más en la parte productiva.

A continuación, en las próximas páginas se muestran los distintos ecomapas que pueden tener influencia en los procesos de Hilazas Mategam Ltda, haciendo énfasis en aquellos que influyen en mayor medida a la productividad de la empresa.

AIRE Y RUIDO

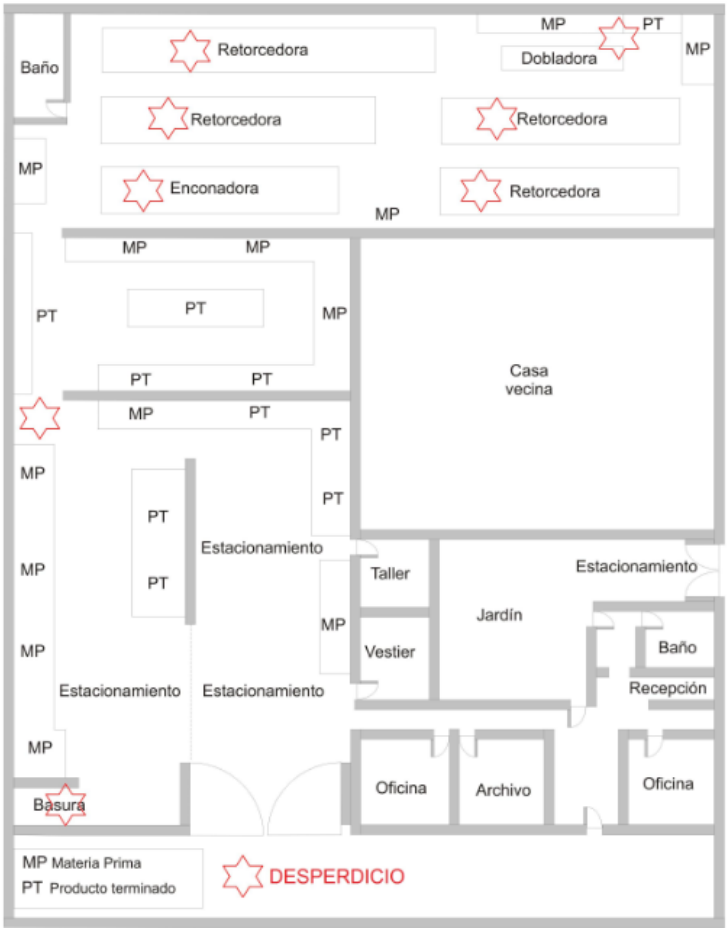


Contaminación del aire	La contaminación de aire se concentra en la zona de producción, almacenaje y estacionamiento de la empresa. Continuamente debe haber limpieza por parte de los trabajadores cuando terminan su turno para mantener la empresa en buenas condiciones.
Ruido	El ruido se genera en la zona de producción con sonidos que superan los 80 decibeles.

Conclusión:

La empresa genera mucho polvo alrededor de las maquinas y el ruido generado es alto por tal motivo los trabajadores usan tapa oídos para aislar el ruido de su sentido auditivo, en las zonas demarcadas en el mapa con polvo, existe continua limpieza por parte de los trabajadores para que no se acumule dentro de la empresa este tipo de basura. El ruido no se puede reducir por tal razón existe continuo control del jefe de planta sobre el uso del protector auditivo en la zona de producción.

DESPERDICIO



Desperdicio	El desperdicio se reúne al lado de las máquinas, al final de cada turno de los trabajadores se recoge, se separa y se almacena para después venderlo como relleno de colchones o estopa para limpieza.

Conclusión:

En las maquinas de hilatura falta limpieza, motivo por el cual se presentan enredos y por ende la generación de desperdicio constante, falta una implementación de alertas cuando la materia prima en las maquinarias se esté acabando para no producir desperdicios. Lo anterior afecta la productividad de la empresa porque los desperdicios pierden el valor agregado del proceso productivo. También se consideró la variable ambiental si el desperdicio es utilizado para limpiar químicos y retrasa su descomposición.

SEGURIDAD

Seguridad	En la zona de producción se utilizan tapa bocas por la contaminación del aire y tapa oídos por los sonidos generados por las máquinas. En la zona de almacenamiento y estacionamiento se debe utilizar los cascos como protección de la materia prima que se encuentra apilada hasta dos metros de altura. Los extintores que están ubicados estratégicamente si ocurre una emergencia.

Conclusión:

El ecomapa muestra los lugares en los que se deben utilizar protección auditiva o casco para que los trabajadores no tengan ningún peligro en su actividad normal. La seguridad industrial en la empresa es la adecuada para que los trabajadores realicen sus labores con normalidad y que no pasen ningún tipo de contratiempo, incluso se encuentra preparada en caso de incendio ya que los trabajadores tienen una inducción sobre ese tipo de emergencia.

SITUACIÓN URBANA

Empresa Hilazas Mategam Ltda (Imagen Google Earth)

País: Colombia	Ciudad: Bogotá	Zona: Occidente

Vista Grafica	Descripción	Vista Grafica	Descripción
	Ubicación Empresa: Cra 103ª #22F-83 Área: 700 m2 Pisos: Uno Tipo: Industrial		Zonas Residenciales Tipo: Casas de uno o dos pisos.
	Zonas Industriales Tipo de Industrias: Almacenaje de materiales (Alpina), Madereras. Trafico: Transporte Pesado		Ruta de llegada Cra 100 al Sur con 22F Cra 103ª al Norte

6.2.2. Ecobalances

En la Tabla No. 11 se puede observar el Ecobalance realizado a un lote de algodón que se procesó en cada máquina durante una hora. Se realizó en Hilazas Mategam Ltda y La Hilandería "A", se centra en las entradas y las salidas de la producción de algodón que sucede dentro del proceso.

Tabla No. 11: Ecobalance Hilazas Mategam Ltda e Hilandería "A"

HILAZAS MATEGAM LTDA		
ALGODÓN		Desperdicio
Entrada	20,441 kg/h	
Retorcedora	20,413 kg/h	27,7 gr/h
Enconadora	20,384 kg/h	28,86 gr/h
Dobladora	20,34 kg/h	43,89 gr/h
		100,45 TOTAL gr/h
Energía	3660 Kwh	
Agua	23 m³/mes	

HILANDERIA A		
ALGODÓN		Desperdicio
Entrada	952,381 kg/h	
Batan	888,889 kg/h	63,492 kg/h
Carda	865,079 kg/h	23,810 kg/h
Manuar	841,270 kg/h	23,810 kg/h
Open-End	825,397 kg/h	15,873 kg/h
		126,984 TOTAL kg/hora

Fuente: Elaboración propia.

Hilazas Mategam Ltda produce aproximadamente 20,34 kg/h de hilo algodón 100%, con un desperdicio no recuperable de 100,45 gr/h de algodón, eso significa que del total producido en una hora el 0,49% es desperdicio en el proceso productivo, al mes se genera 67 kg de desperdicio aproximadamente.

La Hilandería A produce aproximadamente 825,397 kg/h de hilo algodón 100%, con desperdicio recuperable de 126,984 kg/h de algodón, lo que significa que el 13,33% del total de algodón que entra al proceso productivo sale como desperdicio recuperable, al mes se genera 80 Toneladas de desperdicio aproximadamente.

Planteamiento del proyecto:

- Justificación: Contribuir al mejoramiento de la productividad y ambiental del ciclo de vida del algodón desde el interior de la empresa.
- Objetivo: Mejorar la productividad de la empresa y disminuir los indicadores negativos del ciclo de vida de algodón por lo desarrollado en la empresa.

- Cronograma de actividades:

Cronograma de Actividades	Desde	Hasta
Diagnostico General	11/01/2011	21/01/2011
Revisión Ambiental Inicial	24/01/2011	31/01/2011
Ecomapas	01/02/2011	11/02/2011
Ecobalance	14/02/2011	28/02/2011
Buenas Particas de Manufactura	01/03/2011	18/03/2011
Análisis de Riesgos	22/03/2011	04/04/2011

- Presupuesto de implementación:

Costo	Retorno Inversión Aproximadamente
3.000.000	30.000.000
*Valores en pesos	

- Definición de indicadores: Se midió por el resultado de la productividad e indicadores del ciclo de vida propuesto con el uso de desperdicio de algodón.
- Mecanismos de seguimientos: Aplicación del Sistema Integrado de Gestión y control con la herramienta en Seis Sigma de la generación de desperdicio.

6.2.3. Buenas Prácticas De Manufactura

Las Buenas Prácticas de Manufactura que se deben utilizar en la hilatura se presentan en la Tabla No. 12, son prácticas que mejoran el desempeño de la organización y en la zona más importante que es la productiva para prevenir la generación de desperdicio, los resultados de la aplicación de las buenas prácticas en el proceso productivo se reflejo en la puesta en marcha del control con la herramienta en Seis Sigma y su mejoramiento.

Tabla No. 12: Buenas prácticas de manufactura en la Hilatura

Buenas Prácticas de Manufactura (Hilatura)	
Gestión de proveedores	Elección de proveedores con materia prima de buena calidad
	Estrecha relación con el proveedor para comunicar cualquier eventualidad
Gestión del almacenamiento	Almacenamiento adecuado de la materia prima y el producto terminado
	Rotación correcta de los materiales
Alimentación	Trasporte adecuado de las materias primas dentro de las instalaciones
	Manipulación correcta de los productos terminados
Proceso productivo	Limpieza de las maquinas
	Correcta manipulación de las materias primas
	Implementación de alertas sobre posible generación de desperdicio
	Elección correcta de materiales para el procesamiento
Manejo de residuos	Separación de los residuos
	Recuperación del desperdicio de algodón

Fuente: Elaboración propia

6.2.4. Análisis de Riesgos

Esta herramienta permite evaluar los riesgos que puede llegar a presentar la organización con algún tipo de probabilidad ya sea alta o baja, en la Tabla No. 13 se pueden observar los riesgos que se presentan en una empresa de hilatura.

Tabla No. 13: Análisis de Riesgos en la Hilatura.

Análisis de Riesgos (Hilatura)				
Identificar los riesgos	Desperdicio algodón	Partículas en el aire	Ruido	Incendio
Evaluar los riesgos	Impacto negativo al medio ambiente	Afecta a los trabajadores constantemente	Afecta a los trabajadores constantemente	Bajo riesgo por mala manipulación de la materia prima
Importancia de los riesgos	Alta importancia para el medio ambiente	Afecta la salud de los trabajadores	Afecta la salud de los trabajadores	Importancia baja si se cumple con el manual de procedimientos

Fuente: Elaboración propia.

- Desperdicio de algodón: tiene un impacto negativo en el medio ambiente como se puede observar en la Tabla No. 14, los actuales usos del desperdicio de algodón, en el cual la descomposición es lenta por productos químicos y en muchos casos peligrosa a los humanos que están a su alrededor o entren en contacto, además de los recursos perdidos asociados al cultivo (fertilizantes, insecticidas, agua, etc).

Tabla No. 14: Uso actual del desperdicio de algodón y su disposición.

Uso	Disposición
Impregnados de aceite Impregnados de thinner y pintura Relleno (colchones, muñecos) Limpieza hogar Pabilo para trapeadores	Relleno Sanitario

Fuente: Elaboración propia.

- Partículas en el aire: Los trabajadores deben utilizar obligatoriamente los tapabocas en las zonas marcadas como fuentes de emisión de partículas.
- Ruido: Los trabajadores deben usar tapa oídos en la planta donde se encuentra la maquinaria para el procesamiento.
- Incendio: El algodón es un elemento que puede provocar incendios si es mal manipulado tanto en su transporte como almacenamiento, la probabilidad de incendio es baja pero deben llevarse todos los cuidados posibles como alejar el material de lugares con fuentes eléctricas visibles.

6.3. Uso de las Bases de un SIG para la Gestión de la Industria

Para aplicar un Sistema Integrado de Gestión se tiene que especificar el trabajo que se va a realizar en cada sistema de gestión que se va integrar, a continuación se describirá el trabajo que se realizó para introducir el SIG apoyado por la obra del profesor Paulo Andrés Romero Larrahondo "Gestión Integrada en Mipymes, Fundamentos y estructura general" (Romero Larrahondo, 2011).

Para cada sistema de gestión se definieron objetivos y requisitos necesarios para la puesta en marcha de cada uno de ellos en el Sistema Integrado de Gestión (SIG) propuesto, la importancia del SIG es que ayudo a la empresa para tener una guía de control y de metas definidas desde cada sistema de gestión incluido.

6.3.1. Planteamientos Norma ISO 9001

Objetivos:

- Reducción de costos operativos en la cadena de valor
- Generar un nuevo y competitivo ambiente de trabajo
- Satisfacción de los clientes
- Mejoramiento continuo

Primero que todo la empresa identificó sus procesos productivos, la manera como interactuaban y como eran controlados (dar seguimiento a los procesos por medio de mediciones capaces de demostrar resultados que en el peor de los casos requiera una corrección), por último la empresa debió crear un manual de calidad que fuera de conocimiento en toda la organización para que la dirección sea la misma.

Los recursos de la organización fueron claves en lo referente a calidad, entre ellos se encuentran:

- Los recursos humanos (incluye a todas las personas de la organización que se encuentran involucradas en el proceso de fabricación o venta) que por medio de su compromiso con el cumplimiento de los objetivos de la organización, ayudan en el SGC.
- La infraestructura que tiene que ver tanto con el software y el hardware de la organización (debe contar con elementos y espacios adecuados para el desarrollo normal de la actividad productiva).
- El ambiente de trabajo, busca un entorno adecuado para los trabajadores para que las actividades de la empresa sean eficaces y se pueda reflejar en el producto.

Con respecto al producto se tuvieron en cuenta las siguientes características para acercarse a la Norma ISO 9001:

- Realización del producto: se deben tener en cuenta todos los requerimientos para la realización del producto (los objetivos de calidad, requisitos, condiciones de entrega, los registros, etc.).
- Procesos relacionados con el cliente: se refiere a la correcta comunicación para identificar expectativas y los requerimientos del producto solicitado (mantener informado al cliente de cambios en el producto, atender quejas y reclamos, retroalimentación, etc.).
- Compras: se debe verificar que los productos que se necesiten para la producción sean los correctos (selección y evaluación), los requisitos deben estar definidos para comunicárselos al proveedor.
- Producción: la organización debe verificar el estado del producto durante toda la cadena de producción y cumplir con los requerimientos solicitados por el cliente (vigilar cada proceso del producto, hacer seguimientos y registrar lo obtenido).
- Control de los equipos de seguimiento y medición: se deben controlar los equipos de medición (calibración) para tener información certera sobre los productos y su calidad.

Para cumplir con los requisitos de calidad la empresa tuvo que tener en cuenta los siguientes aspectos para no tener ningún tipo de dificultad en la medición:

- Seguimiento y medición: La organización indaga por medio de llamadas a los clientes y preguntarles sobre el producto entregado y recibir las quejas o reclamos para hacer los correctivos o las felicitaciones para conocer que lo realizado por la empresa está bien.
- Control de producto no conforme: la organización debe vigilar el proceso y no entregar productos defectuosos, analizarlos y tomar medidas correctivas sobre lo ocurrido.

6.3.2. Planteamientos Norma ISO 14001

Objetivos:

- Fomentar el desarrollo de una política ambiental.
- Prevenir la contaminación.
- Apoyar la protección del medio ambiente.

La empresa identificó los focos de generación de contaminación al medio ambiente, incluyendo los productos que este comercializa, a partir de este punto se desglosó el desarrollo del Sistema de Gestión Ambiental (SGA), para que toda la empresa se encamine a cumplir con los objetivos por medio de acciones preventivas y correctivas, con la continuidad del mejoramiento.

Para que la empresa se relacione con el SGA tuvo que cumplir con los siguientes requisitos:

- Política ambiental: se debe tener en cuenta los impactos ambientales que genera la empresa por sus actividades, productos y servicios para prevenir la contaminación ambiental. La política ambiental de la organización se centro en evitar la generación de

desperdicio y aprovechar bien los recursos de la empresa. La comunicación de este documento a toda la organización es vital.

- Planificación: Tener en cuenta los procesos o productos que pueden llegar a afectar al medio ambiente y que pueda controlar directamente, promoviendo programas ambientales para cumplir con los objetivos.
- Ejecución y operación: la organización dispuso de recursos humanos, financieros y tecnológicos para la puesta en marcha del SGA.
- Verificación: medición de los impactos ambientales y tratar de evitar su generación.

6.3.3. Planteamientos Norma OHSAS 18001

Objetivos:

- Controlar los riesgos ocupacionales
- Reducir al mínimo eventualidades que se puedan presentar al personal

La empresa identificó los lugares donde pueden llegar a suceder eventos que afecten la seguridad o la salud de los trabajadores o personas involucradas en el proceso productivo, se establecieron recomendaciones para el mejoramiento de este aspecto y las medidas de protección necesarias para reducir los peligros.

Los siguientes fueron los requisitos para la abordar la norma:

- Política de salud y seguridad ocupacional: por medio de un documento identificando los tipos de riesgo que se puedan presentar en la actividad, la organización se compromete con la prevención de lesiones y enfermedades.
- Planificación: Se debe actualizar la evaluación de los procedimientos para identificar nuevos riesgos y generar nuevos controles, se tuvo en cuenta el personal presente en el lugar de trabajo, los riesgos y peligros del entorno, y posibles modificaciones al sistema de seguridad y salud ocupacional.

6.3.4. Aplicación Sistema Integrado de Gestión (SIG)

Objetivos:

- Agrupar los sistemas de gestión antes trabajados en un solo marco.
- Trabajar un solo grupo de gestión con objetivos comunes.
- Mejorar el desempeño de la organización.

Con la ayuda de PAS 99 como referencia, se permitió en la organización alcanzar los objetivos de manera eficaz prestando atención a las necesidades de los trabajadores y clientes, promover buenas prácticas para minimizar riesgos, mejorar el desempeño ambiental y la productividad. Se logro gracias a la unificación coherente de los documentos, políticas, procedimientos y procesos.

Las principales ventajas adquiridas por la implementación de un SIG fueron los siguientes:

- Reducción de costos.
- Disminución de duplicación de procesos.
- Reducción de conflictos entre sistemas.
- Mejora los tiempos de trabajo.

El resumen de la implementación del SIG en Hilazas Mategam Ltda hace referencia a la política en general, los objetivos específicos y las acciones que se hacen para cumplir con los objetivos.

Política:

Mejorar la calidad de nuestros productos, junto al desempeño ambiental de la organización para cumplir con las expectativas de los clientes de la mano del mejoramiento ambiental del proceso y productos, integrando la seguridad y salud ocupacional como pilares para nuestra gestión.

Planeación: Identificación y evaluación de impactos y riesgos.
Mantener con excelente calidad los productos de la empresa.
Ser consientes con el medio ambiente evitando la generación de desperdicios.
Proteger a nuestros trabajadores dentro del lugar de trabajo evitando accidentes laborales.
Satisfacer las necesidades del cliente dentro de los requerimientos que estén a nuestro alcance.

Objetivos Reducción de costos operativos en la cadena de valor.
Generar un nuevo y competitivo ambiente de trabajo.
Satisfacción de los clientes.
Mejoramiento continuo.
Fomentar el desarrollo de una política ambiental.
Prevenir la contaminación y generación de desperdicios.
Apoyar la protección del medio ambiente.
Controlar los riesgos ocupacionales.
Reducir al mínimo accidentes laborales.

Establecimiento y operación
Control continuo de calidad de los productos.
Medición y control de la generación de desperdicios.
Cumplimiento del manual de riesgos laborales.

Observaciones sobre el SIG:

- Al personal de la organización se le informó con anterioridad el cambio de gestión de la organización.

- El cambio tuvo resistencia al principio ya que muchas actividades se tenían que dejar registradas, algo que no era costumbre de los trabajadores.
- La gerencia tiene que estar totalmente involucrada al cambio y hacer todo lo posible para que funcione el SIG sin ningún problema.
- El control y la medición tuvieron problemas al principio por la falta de organización y validación de datos exactos sobre los aspectos a evaluar.
- Existió resistencia en el cambio organizacional por parte de los mandos medios ya que su compromiso en el control y seguimiento es mayor al que tenían antes.
- Los trabajadores siguieron con su actividad con normalidad y acatando las nuevas órdenes definidas por la medición y evaluación del rendimiento productivo.
- La organización se sintió satisfecha con los nuevos controles de riesgo laboral para evitar accidentes.
- Para la reducción de desperdicios, los trabajadores tuvieron una capacitación de los efectos del ciclo de vida del algodón para favorecer en este aspecto al concientizarlos.

Resultados:

- Aplicación del mecanismo de control en Seis Sigma para la disminución en la generación de desperdicios haciendo parte de la mejora en calidad.
- Mejoramiento del ciclo de vida del algodón por el uso del desperdicio generado.
- Preparación de los trabajadores si sucede alguna eventualidad que afecte la salud y seguridad.
- Mantener un estándar de calidad para satisfacer las necesidades de los clientes.
- Mejoramiento de la productividad por el uso del desperdicio y disminución de la generación de desperdicio.
- El SIG sirvió para guiar y preparar a toda la organización para alcanzar los objetivos propuestos y alinear las actividades de la empresa.
- La organización se concientizó de la importancia de la seguridad industrial y la seguridad ocupacional, al igual que la preocupación por el medio ambiente y la necesidad de disminuir la producción de desperdicio.
- Se mejoró el ambiente de trabajo de los operarios en planta, trabajan con mayor comodidad y control.
- Se logró el establecimiento de *Health Safety Quality Environment* (HSQE) sin necesidad de certificar a la empresa.
- En la parte ambiental, se complementó con lo realizado en RECP (Herramientas usadas).

6.4. Uso herramienta de control con Seis Sigma

Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el RECP, se uso las sigmas de Seis Sigma como herramienta de medición y control del desperdicio generado que no es posible su recuperación dentro del proceso productivo, se puede ver en la Ilustración No. 4 el desperdicio que no se puede recuperar. El objetivo de esta medición es obtener los datos de Hilazas Mategam Ltda sobre la generación de desperdicio, luego se implementaron las mejoras propuestas en las Buenas Prácticas de Manufactura de RECP, se midió nuevamente el desperdicio que apareció, el resultado de todo es una comparación del antes y después de controlar con la herramienta de Seis Sigma junto con el ahorro realizado en dinero al implementar las mejoras por no generar tanto desperdicio.

Ilustración No. 4: Desperdicio de algodón no recuperable

Para la resolución de la problemática de generación de desperdicios se utilizo el método DMAMC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar), descrito anteriormente:

- **Definir el problema**

El problema a solucionar es la generación de desperdicio no recuperable de algodón en el proceso de hilatura, como se ve en la Ilustración No. 5, con el objetivo de mejorar los rendimientos de la organización y contrarrestar en parte los efectos negativos al medio ambiente de la producción de algodón en los cultivos.

Ilustración No. 5: Generación de desperdicio.

- **Medir**

Para la medición se realizó un continuo seguimiento a las máquinas, cada hora se midió el peso del desperdicio generado durante dos semanas seguidas en las siguientes máquinas: Dobladora, Enconadora y Retorcedora, la Ilustración No. 6, Ilustración No. 7 y en la siguiente página la Ilustración No. 8 respectivamente se ven las máquinas. También se tuvieron en cuenta los supuestos planteados por Joseph Moses Juran en su libro "Análisis y planeación de la calidad" referenciado por la Tesis "Aplicación de la metodología Seis Sigma, en la mejora del desempeño en el consumo de Combustible de un vehículo en las condiciones de uso del mismo" (Morales Macedo, 2007) para validar los datos recolectados, en el Anexo 11 se demuestra el soporte de los datos utilizados en el análisis y la mejora.

Ilustración No. 6: Dobladora

Ilustración No. 7: Enconadora

Ilustración No. 8: Retorcedora

El desperdicio generado cada hora por cada máquina fue medido para tener información y hacer la comparación del antes y después de la herramienta de control de Seis Sigma y las observaciones de RECP.

- **Analizar**

Para realizar el análisis se utilizó la herramienta de control de calidad para medir los rangos de generación de desperdicio, en el Anexo 12 se pueden ver los datos obtenidos en esta fase, a continuación se da a conocer los resultados de generación de desperdicio por máquina y su respectivo análisis.

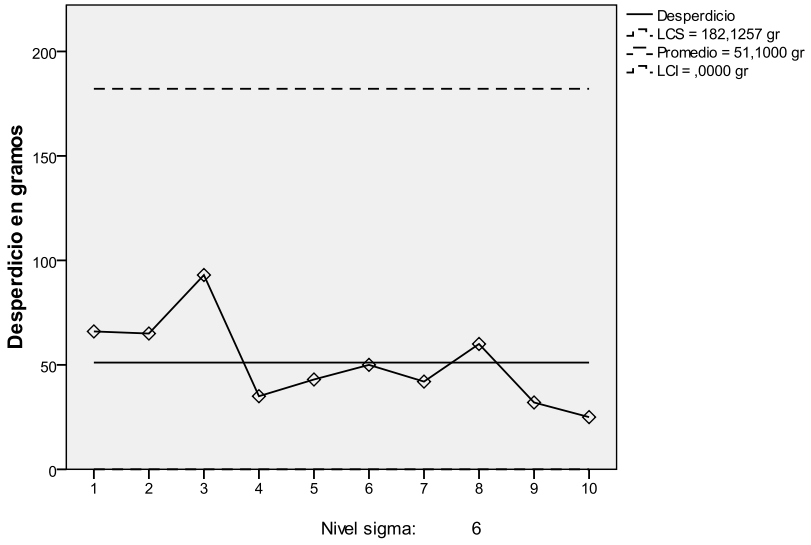
En la gráfica de control de calidad de la Retorcedora que se puede ver en la siguiente página en la Figura No. 18, se puede observar que tiene dos límites, un límite superior de tolerancia de 182,12 gr de desperdicio de algodón y un límite inferior de tolerancia de 0 gr de desperdicio, el promedio fue de 51,1 gr de desperdicio de algodón cada hora. Del grafico se puede decir que se encuentra muy alejado del límite inferior de tolerancia que es cero desperdicio y se observa que existe momentos es los que se genera más desperdicio que en otros.

Al observar el proceso de fabricación en esta máquina, se puede decir que existe fallas en cuanto a limpieza que puede ser la causante del rompimiento del hilo y generación de desperdicio, también hace falta un sistema de alerta cuando se vaya a terminar la materia prima para que sea reemplazada antes de que produzca bobinas con producto defectuoso.

En la gráfica de control de calidad de la Enconadora que se muestra en la Figura No. 19, se puede observar que tiene dos límites, un límite superior de tolerancia de 142,73 gr de desperdicio de algodón y un límite inferior de tolerancia de 0 gr de desperdicio, el promedio fue de 34,4 gr de

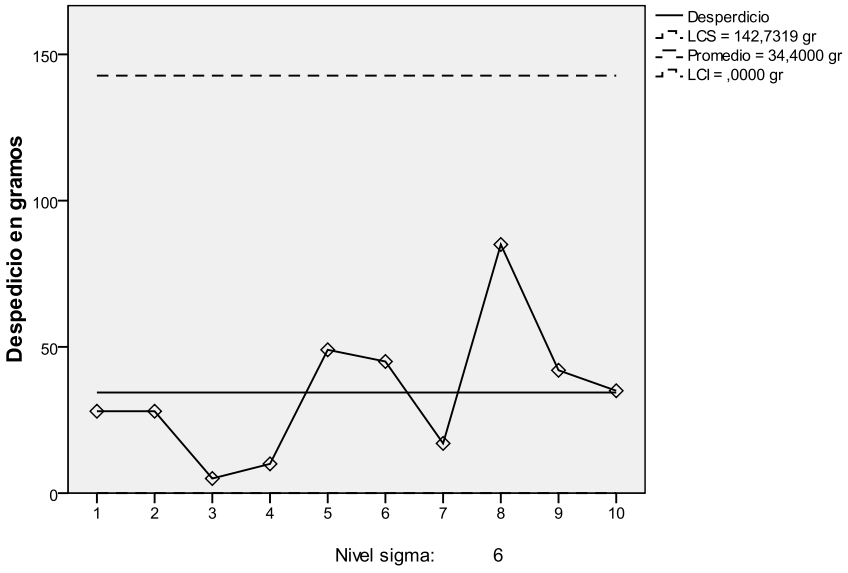
desperdicio de algodón cada hora. En la primera parte del gráfico se puede observar que está muy cerca del objetivo que es 0 gr pero en la otra mitad del gráfico supera la media y se aleja del indicador de cero desperdicio.

Figura No. 18: Desperdicio Retorcedora



Fuente: Datos aportados por la empresa, software de análisis SPSS®

Figura No. 19: Desperdicio Enconadora



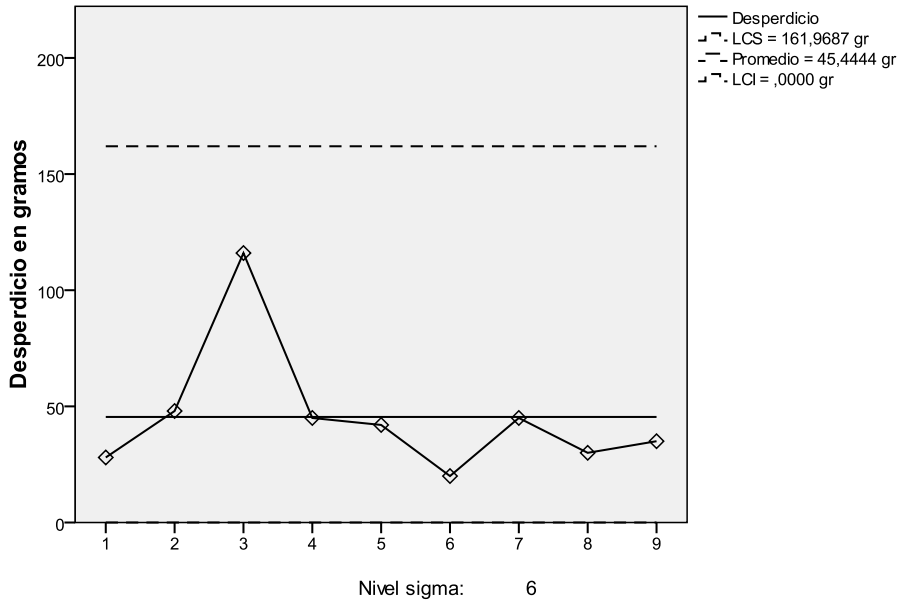
Fuente: Datos aportados por la empresa, software de análisis SPSS®

Existen fallas en la Enconadora por falta de limpieza causante del rompimiento del hilo en la fase de enconado, también en la elección del cono ya que existen unos más pequeños que otros afectando el rendimiento del producto y al quedar mal enconado genera desperdicio.

En la gráfica de control de calidad de la Dobladora de la Figura No. 20 se puede observar que tiene dos límites, un límite superior de tolerancia de 161,96 gr de desperdicio de algodón y un límite inferior de tolerancia de 0 gr de desperdicio, el promedio fue de 45,44 gr de desperdicio de algodón cada hora. En la primera parte del grafico se puede observar que está muy lejos de 0 gr pero en la otra mitad del grafico se acerca a la media y se aleja del límite superior.

Las fallas reportadas en la Dobladora se puede decir que son por falta de limpieza en la máquina y causa el rompimiento del hilo generando desperdicio.

Figura No. 20: Desperdicio Dobladora



Fuente: Datos aportados por la empresa, software de análisis SPSS®

Para medir el nivel de sigma de la producción en Hilazas Mategam Ltda se tuvo en cuenta la eficiencia a la hora de procesar el hilo en las máquinas, se halló el porcentaje de eficiencia teniendo en cuenta el total de algodón introducido en la máquina contra el desperdicio generado al acabar su proceso, en Anexo 13 se puede ver la Tabla de asignación de sigma según se de la eficiencia en la producción.

A continuación, en la siguiente página se muestra en la Tabla No. 15 los resultados de sigmas de cada máquina y el total de la empresa:

Tabla No. 15: Niveles de Sigma antes de aplicar las mejoras.

	Producción en gr/h	% Desperdicio	% eficiencia	NIVEL SIGMA
Dobladora	30916,42	0,2148	99,7852	4,25 - 4,38
Enconadora	26600,87	0,1412	99,8588	4,38 - 4,5
Retorcedora	20440,92	0,1355	99,8645	4,38 - 4,5

	Producción en Kg/mes	% Desperdicio	% eficiencia	NIVEL SIGMA
EMPRESA	15000	0,4906	99,5094	4 - 4,13

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar el nivel de eficiencia no es malo y los niveles de sigmas son relativamente altos, sin embargo se puede mejorar el proceso con las recomendaciones expuestas en las Buenas Prácticas de Manufactura. Con la capacidad mensual de producción y esta generación de desperdicio, al año la empresa está perdiendo 13 millones de pesos aproximadamente, por medio del control y seguimiento de la herramienta en Seis Sigma se propuso una meta de generación de desperdicio por máquina de 25 gr/h para reducir a la mitad las perdidas por desperdicio no recuperable (6,5 millones aproximadamente).

- **Mejorar**

En esta etapa es importante la participación de todos los actores del proceso, como la capacidad creativa. La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. La fase de diseño utiliza mucho el benchmarking para detectar en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas procesos más efectivos e implementarlos.

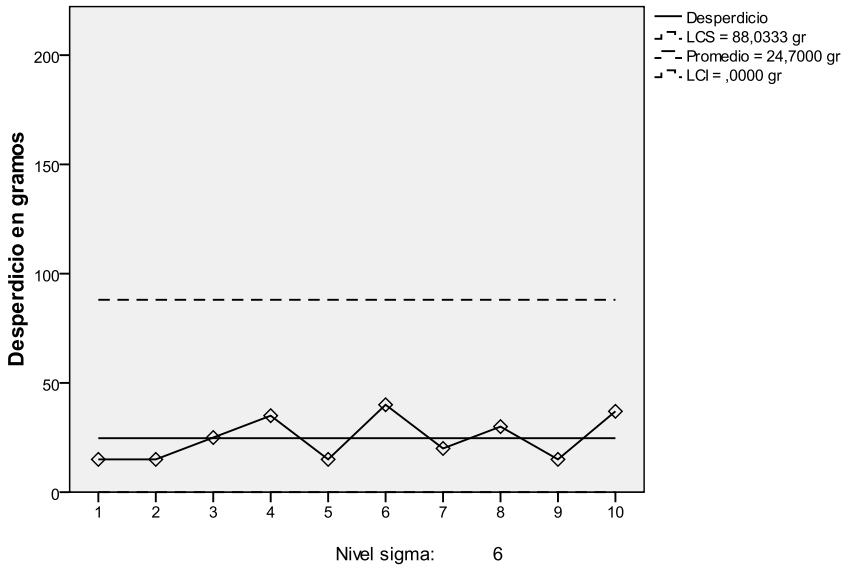
Para mejorar la productividad de la industria se tuvieron en cuenta las observaciones para optimizar el rendimiento, lo planteado en las Buenas Prácticas de Manufactura y evitar la generación de desperdicio en cada una de las máquinas, por ejemplo la continua limpieza de la maquinaria (cada hora), en el caso de la Enconadora seleccionar bien los conos que funcionen correctamente en la máquina y la implementación de sistema de alerta en la Retorcedora cuando se estuviera acabando la materia prima, en el Anexo 12 se pueden observar los datos obtenidos en esta fase, los siguientes son los resultados de la propuesta de mejora.

Por máquina se colocó como objetivo la generación de 25 gr de desperdicio de algodón cada hora.

La gráfica de control de calidad de la Retorcedora que se puede ver en la siguiente página en la Figura No. 21. Se puede observar que tiene dos límites, un límite superior de tolerancia de 88,03 gr de desperdicio de algodón y un límite inferior de tolerancia de 0 gr de desperdicio, el promedio fue de 24,7 gr de desperdicio de algodón cada hora.

Comparando los gráficos de la Retorcedora, este último se encuentra más cerca de 0 gr de desperdicio que el anterior, y el promedio de generación confirma el cumplimiento de la meta de 25 gr de desperdicio cada hora.

Figura No. 21: Desperdicio Retorcedora



Fuente: Datos aportados por la empresa, software de análisis SPSS®

La gráfica de control de calidad de la Enconadora que se puede observar en la Figura No. 22 de la siguiente página, tiene dos límites, un límite superior de tolerancia de 84,46 gr de desperdicio de algodón y un límite inferior de tolerancia de 0 gr de desperdicio, el promedio fue de 23,7 gr de desperdicio de algodón cada hora.

Comparando los gráficos de la Enconadora, este último se encuentra más cerca de 0 gr de desperdicio que el anterior, y el promedio de generación confirma el cumplimiento de la meta de 25 gr de desperdicio cada hora.

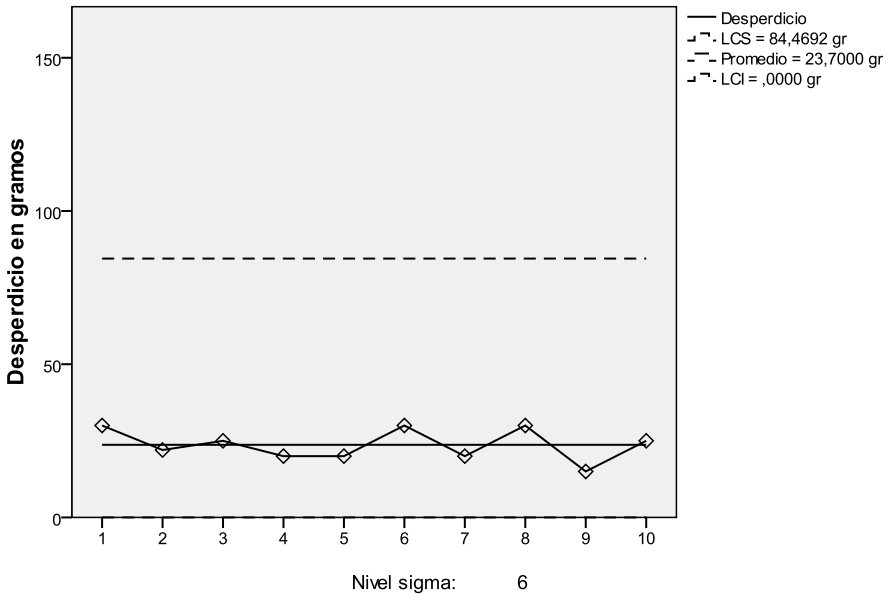
La gráfica de control de calidad de la Dobladora de la Figura No. 23 de la siguiente página, se puede observar que tiene dos límites, un límite superior de tolerancia de 82,68 gr de desperdicio de algodón y un límite inferior de tolerancia de 0 gr de desperdicio, el promedio fue de 23,2 gr de desperdicio de algodón cada hora.

Comparando los gráficos de la Dobladora, este último se encuentra más cerca de 0 gr de desperdicio que el anterior, y el promedio de generación confirma el cumplimiento de la meta de 25 gr de desperdicio cada hora.

Para concluir, las mejoras propuestas en la primera parte del análisis sirvieron para que en la parte de mejora se observarán los resultados positivos de la implementación, también el objetivo

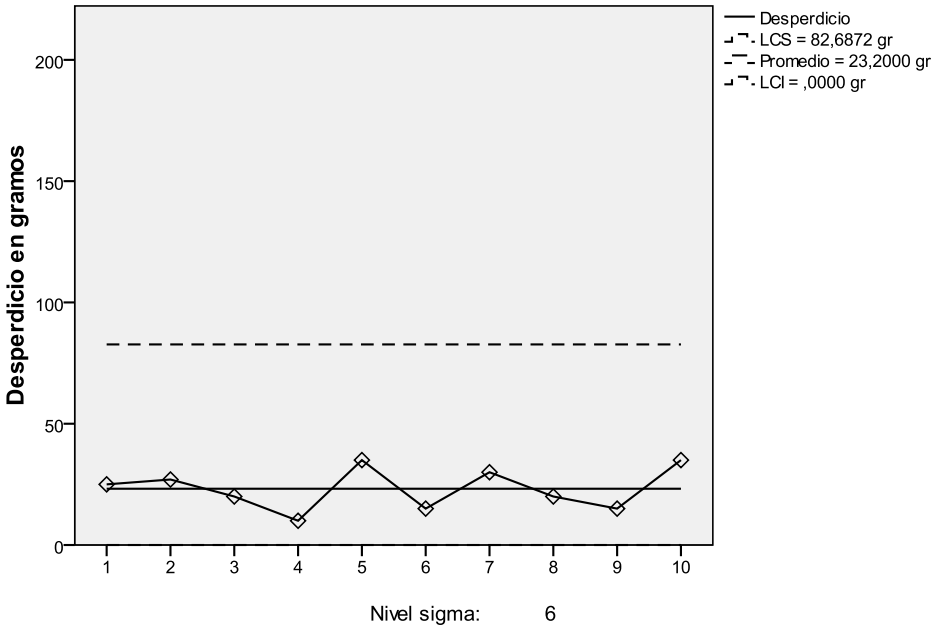
propuesto fue cumplido en cada una de las máquinas colocando un nivel aceptable de generación de desperdicio de algodón.

Figura No. 22: Desperdicio Enconadora



Fuente: Datos aportados por la empresa, software de análisis SPSS®

Figura No. 23: Desperdicio Dobladora



Fuente: Datos aportados por la empresa, software de análisis SPSS®

En la Tabla No. 16 se muestran los resultados después de realizar las mejoras en el proceso productivo con las mediciones de sus sigmas.

Tabla No. 16: Niveles de Sigma de aplicando las mejoras.

	Producción en gr/h	% Desperdicio	% eficiencia	NIVEL SIGMA
Dobladora	30873,20	0,0751	99,9249	4,63 - 4,75
Enconadora	26587,02	0,0891	99,9109	4,63
Retorcedora	20423,10	0,0484	99,9516	4,75 - 4,88

	Producción en Kg/mes	% Desperdicio	% eficiencia	NIVEL SIGMA
EMPRESA	15000	0,2128	99,7872	4,25 - 4,38

Fuente: Elaboración propia.

Comparando con la Tabla No. 15 los niveles de Sigma aumentaron, eso significa que se mejoró la eficiencia en la producción y se generó menos desperdicio, también se logró el objetivo de disminuir la pérdida anual causada por el desperdicio no recuperable a un valor de 6 millones de pesos aproximadamente.

- **Controlar**

Se definieron indicadores que permiten visualizar el rendimiento de las máquinas durante el proceso de fabricación de hilo. Los indicadores de control son los siguientes:

Retorcedora: medición semanal, operación dos horas y media, peso de la producción y desperdicio generado en ese lapso de tiempo.

Enconadora: medición semanal, operación una hora, peso de la producción y desperdicio generado en ese lapso de tiempo.

Dobladora: medición semanal, operación una hora, peso de la producción y desperdicio generado en ese lapso de tiempo.

- **Ingresos y Costos**

Los siguientes son los resultados obtenidos antes y después de aplicacion de las mejoras y el control de la herramienta en Seis Sigma de la generación de desperdicio:

Cada kilo de algodón de desperdicio cuesta 15.000 pesos por el valor agregado que se pierde al dañar el producto.

SIN MEJORAS		
PARA	15000	KG

Retorcedora	20,8914	kg mes
Enconadora	21,1422	kg mes
Dobladora	31,5513	kg mes
	73,5848	kg mes
	883,0176	kg año
$ 13.245.264	año perdida	

CON MEJORAS		
PARA	15000	KG

Retorcedora	7,26	Kg mes
Enconadora	13,3831	Kg mes
Dobladora	11,2803	Kg mes
	31,9234	Kg mes
	383,0808	Kg año
$ 5.746.212	año perdida	

AHORRO	$ 7.499.052

La capacitación del personal encargado para realizar las mediciones y los controles respectivos duro tres meses por un valor de tres millones de pesos ($ 3.000.000).

- **Cronograma de trabajo**

Fecha	Actividad	Responsable(s)
Mayo 2 a Junio 3	Medición del rendimiento de las máquinas, generación de desperdicios y planteamiento de solución al problema de desperdicios.	Trabajadores Jefe de planta Alexander
Junio 7 a Julio 8	Implementación de las soluciones propuestas y medición del rendimiento de la producción.	Trabajadores Jefe de planta Alexander
Julio 11 a Agosto 12	Revisión de los resultados obtenidos y comunicarlos a la empresa, terminar capacitación en la empresa realizando mediciones semanales.	Gerente General Alexander Trabajadores Jefe de planta

6.5. Análisis de Ciclo de Vida del Algodón

Antes de comenzar con el Análisis de Ciclo de Vida es importante definir los actores interesados que engloban el proyecto, para así ubicarnos dentro de la Industria como nuestro actor y principal punto de referencia de este trabajo, alinear la perspectiva desde de la cual se puede mejorar el uso del algodón y mejorar su ciclo. La Tabla No. 17 define los actores y sus respectivos intereses.

Tabla No. 17: Actores e Intereses que interfieren en el ciclo comercial del algodón.

ACTORES	INTERESES
Gobierno	Aplicar guías ambientales (Algodón y Textiles).
Usuarios Finales	Acceso a un producto que no sea perjudicial para el medio ambiente. Encontrar productos con menor precio. Usar algodón orgánico.
Productores	Generar un algodón que utilice menos contaminantes y recursos. Incentivar la producción de algodón orgánico. Reducir los costos del cultivo.
Industria	Aprovechar mejor los recursos, no generar mucho desperdicio. Utilizar el desperdicio de algodón. Procesar algodón orgánico. Conseguir materia prima a menor precio.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo claro que el tema central es la Industria y se conocen sus intereses, se puede desechar la afirmación de procesar algodón orgánico a gran escala por lo ya expuesto en el análisis de esta materia prima, conseguir materia prima a menor precio depende de la reducción de los costos en las cosechas, entonces solo quedan dos afirmaciones: aprovechar mejor los recursos y utilizar el desperdicio de algodón, que son las variables independientes que se pueden trabajar en el ciclo de vida y mejorarlo desde la perspectiva, herramientas e intereses de la Industria.

A continuación para desarrollar el análisis se tomó en cuenta la forma de aplicación de la norma ISO 14040 que empieza por determinar los objetivos, alcance, análisis de inventarios, evaluación del impacto (antes y después) y presentación de los resultados (interpretación).

Objetivo y alcance: identificar los puntos críticos del ciclo de vida del algodón que se pueden mejorar desde el uso del desperdicio de algodón en la hilatura creando un nuevo producto[2].

Unidad Funcional: 1kg de hilo 100% algodón en proceso productivo.

[2] Se centro en los efectos que puede ocasionar la industria al usar el desperdicio de algodón por su impacto en los cultivos del mismo y su comparación al no usarlo.

Análisis de Inventarios:

Entradas: Algodón, Fertilizantes, Químicos, Insecticidas, Agua, Electricidad, Transporte
Salida: Hilo de Algodón, Desperdicio Algodón
Evaluación de Impacto Análisis de Ciclo de Vida:

Esquema del ciclo de vida:

El esquema de ciclo de vida, que se puede observar en la siguiente página en la Figura No. 24. Se inició desde el cultivo de algodón en el que se usan fertilizantes, insecticidas, agua y tierra, luego se define el trasporte por vía marítima desde Estados Unidos hasta Colombia y trasporte terrestre en Colombia para que la materia prima arribe a la Hilandería, después se tiene en cuenta la energía utilizada en procesamiento del algodón, para al final obtener el desperdicio al que se destina al relleno sanitario y el producto final de algodón que es usado para hacer otros productos (tejidos, ropa, artesanías, etc).

En el esquema del ciclo de vida se tomaron los datos aportados por la Hilandería A que utiliza 600 Toneladas de algodón al mes provenientes de Estados Unidos, los datos para el análisis por parte de GaBi tienen en su sistema el algodón estadounidense y los recursos utilizados, al final del ciclo de vida después de realizado el procesamiento, da como resultado 520 Toneladas de hilo algodón y 80 Toneladas de desperdicio de algodón.

Las variables que se toman en cuenta para los análisis de ciclo de vida son: Acidificación, Ecotoxicidad (aire y agua), indicadores DALY de Salud Humano en: efectos cancerígenos, cambio climático y respiratorio (orgánico e inorgánico), huella del agua y uso de tierra para cultivo.

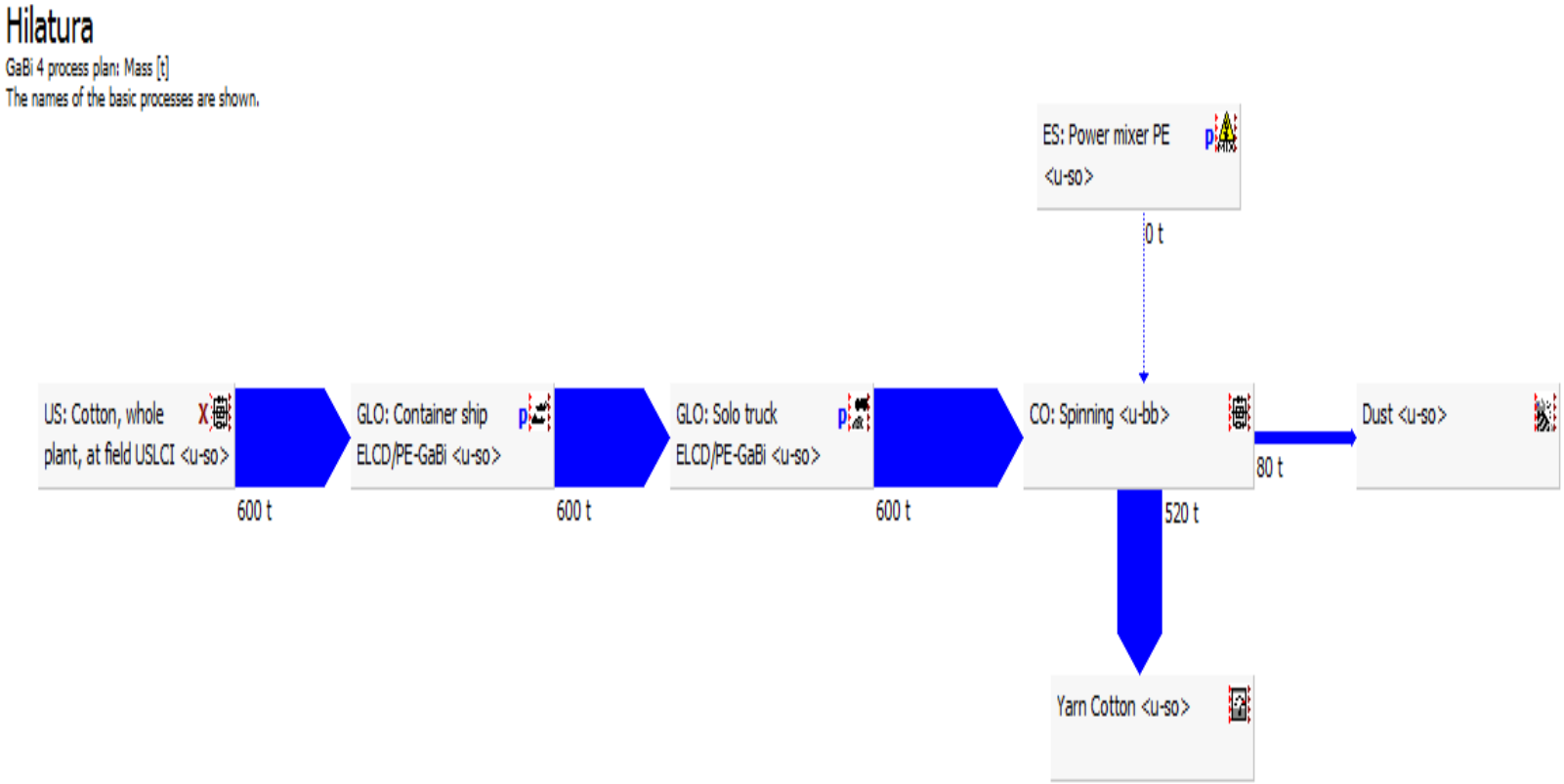
Resultados LCA:

Las siguientes figuras y tablas son los resultados obtenidos por medio del software GaBi 4 (PE INTERNATIONAL, 2007) que facilitó el procesamiento de la información dando un acercamiento a los efectos de esta industria teniendo los datos sobre los recursos utilizados en el ciclo de vida del algodón desde su cultivo hasta el producto final.

Antes de observar los resultados es importante tener en cuenta las siguientes definiciones:

- AVAD (Año de Vida Ajustado por Discapacidad) (DALY= *disability adjusted life year*): En los AVAD las discapacidades reciben un puntaje de severidad entre 0 y 1; 0 representa salud perfecta y 1 la muerte.
- PDF*m2*year: Efectos expresados como la pérdida de especies en un área determinada, durante un tiempo determinado (PDF: *Potentially Disappeared Fraction*; Fracción Potencial de Desaparecidos).
- NMVOC: *non-methane volatile organic compounds* (COVDM: Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano).
- VOC: *volatile organic compounds* (Compuestos Orgánicos Volátiles).

Figura No. 24: Esquema ciclo de vida algodón



Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Propuesta de esquema de ciclo de vida "de la cuna a la cuna":

La propuesta planteada en este trabajo de grado es el uso del desperdicio de algodón generado en su procesamiento, de esta manera 40 toneladas de las 80 de desperdicio se introducen de nuevo en el proceso de hilatura, teniendo en cuenta los datos aportados por Halimini que el 50% del desperdicio tiene todavía propiedades para utilizar y que dentro del proceso se dio aproximadamente ese porcentaje, reprocesando ese desperdicio dentro de la hilandería se generan 36 toneladas de hilo a partir del desperdicio como lo muestra la en la siguiente página la Figura No. 25.

48 Toneladas de desperdicio quedan después de los procesamientos, el uso que se le da a ese desperdicio sigue siendo el de limpieza de productos químicos o relleno de productos.

Las 36 toneladas representan el 6% de las 600 toneladas que entraron a la Hilandería A, a continuación se muestran los beneficios que se obtienen al reutilizar 36 toneladas de algodón.

Antes de mostrar los resultados es importante determinar lo que ocurre con el uso de desperdicio de algodón en el ciclo de vida, definir los siguientes escenarios que se muestran en la Tabla No. 18, estos pueden suceder al utilizar el desperdicio de algodón en el mercado.

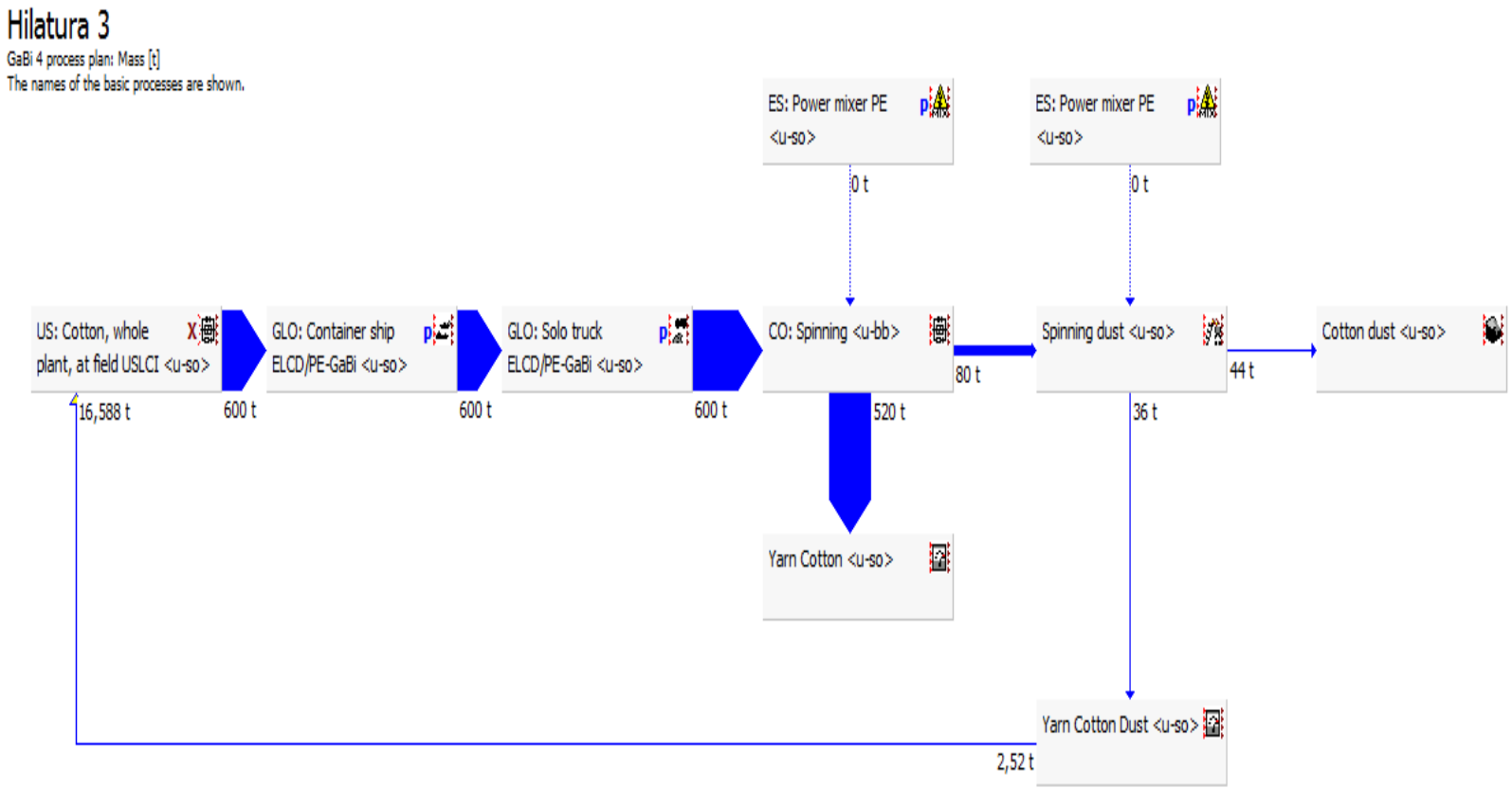
Tabla No. 18: Escenarios al uso del desperdicio de algodón

DISMINUCIÓN	DISMINUCIÓN EN LOS CULTIVOS (MENOS AGUA Y TIERRA USADA) DISMINUCIÓN EN EL USO DE INSECTICIDAS DISMINUCIÓN EN EL USO DE FERTILIZANTES LA DEMANADA SE MANTIENE
MANTIENE	SE MANTIENE LA PRODUCCIÓN DE ALGODÓN IGUAL CANTIDAD DE USO EN INSECTICIDAS IGUAL CANTIDAD DE USO EN FERTILIZANTES LA DEMANADA AUMENTA
EXPLOSIÓN	AUMENTO DE LOS CULTIVOS MAYOR USO DE INSECTICIDAS MAYOR USO DE FERTILIZANTES LA OFERTA AUMENTA (DISMINUCIÓN DE PRECIOS)

Fuente: Elaboración propia.

Lo expuesto en la Tabla No. 18 puede ocurrir desde una disminución en el cultivo de algodón hasta una explosión (efecto rebote) en el mercado por la diminución del precio del algodón por la alta oferta del producto, sin embargo en estos tres escenarios, el uso del desperdicio de algodón tiene una medida respectiva por la producción de la "Hilandería A" y se puede relacionar a los efectos asociados a su cultivo y producción en la hilandería, las medidas que se presentan enseguida suceden independientes de los tres escenarios antes expuestos, el alcance del estudio está acordado en el análisis por la mejora en el uso del desperdicio.

Figura No. 25: Esquema ciclo de vida algodón propuesto



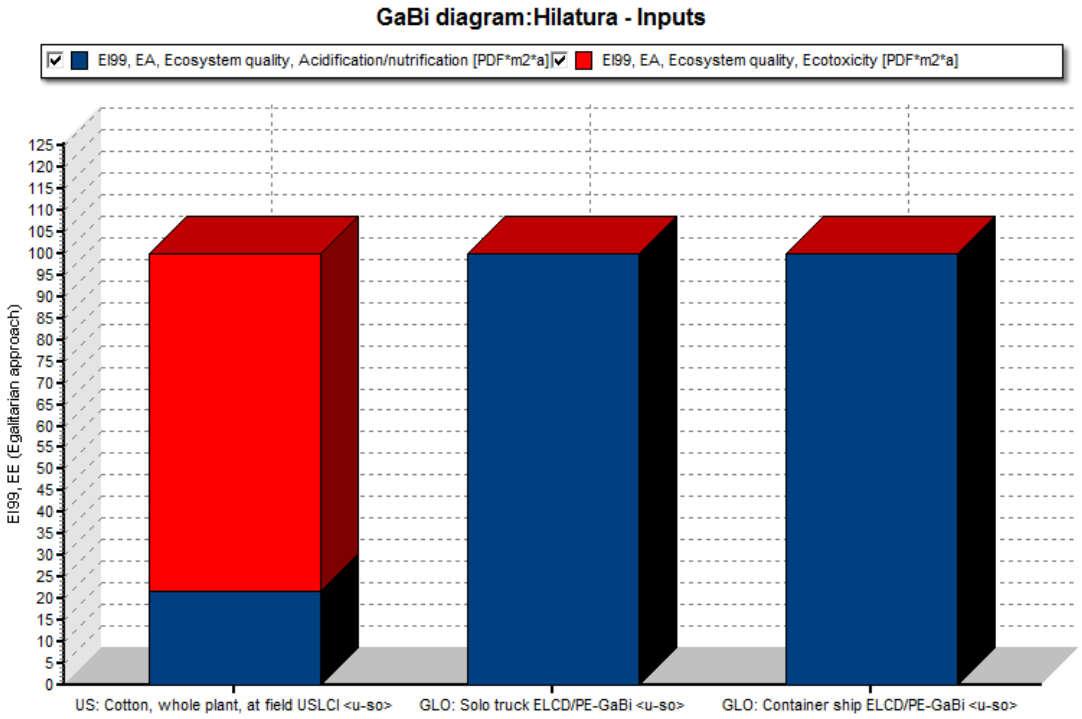
Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH,[3] April 2007, elaboración propia.

[3] Nota: El ciclo grafico muestra que los insumos biológicos regresan al cultivo de algodón de Estados Unidos, en realidad se introducen al organismo del suelo donde se desarrolla la biodegradación del producto. Por defecto GaBi 4 hace la conexión de los insumos.

ACIDIFICACIÓN Y ECOTOXICIDAD

En la Figura No. 26 se puede ver la incidencia de cada uno de los procesos en la categoría de acidificación y ecotoxicidad, se resalta que la parte de cultivo de algodón es la que más acumula el indicador de ecotoxicidad a causa de los insecticidas y fertilizadas que se usan, en el Anexo 14 se puede observar con especificamente todos los químicos que intervienen, por otro lado el transporte terrestre y marítimo del algodón no contribuyen demasiado en este factor.

Figura No. 26: Indicadores de acidificación y ecotoxicidad por proceso.

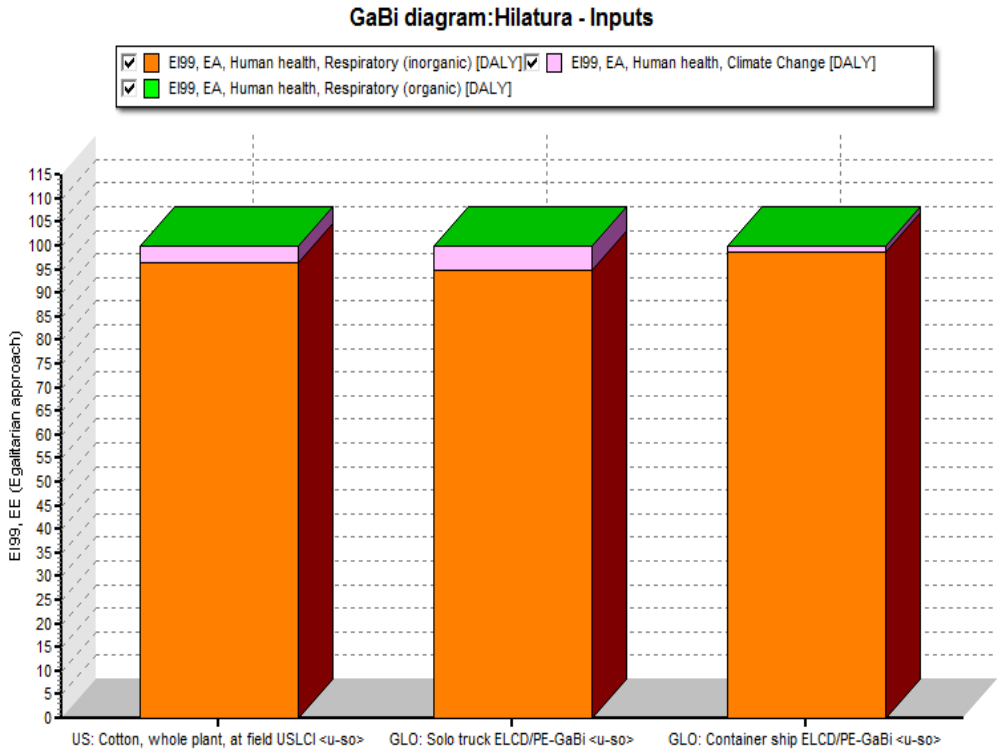


Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

FACTORES DALY

En la Figura No. 27 se puede ver la incidencia de cada uno de los procesos en la categoría con incidencia DALY, se puede observar que el factor DALY que más afectan los procesos es el de salud humana respiratoria inorgánica.

Figura No. 27: Indicadores DALY por proceso.



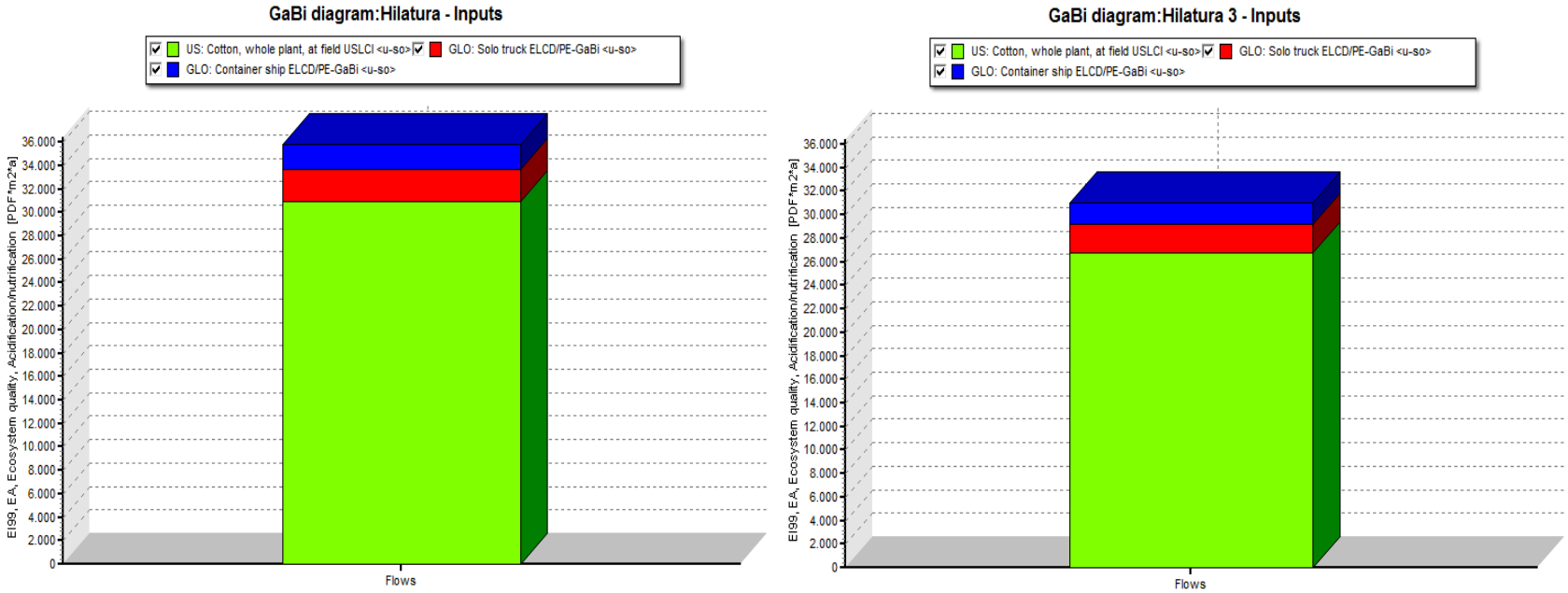
Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

A continuación se analizaron por indicador el efecto que se produce en los procesos más importantes que influyen, en la parte izquierda aparece el ciclo de algodón normal y en la parte derecha aparece el ciclo de vida de algodón propuesto utilizando el desperdicio del mismo para generar un producto:

Acidificación

En la Figura No. 28 se observa que el proceso que más contamina el ciclo de vida del algodón es el cultivo del mismo, procesos como el transporte marítimo y terrestre tiene su influencia pero no tan amplia como el cultivo. En la comparación se observa claramente la disminución en el indicador de acidificación demostrando un leve mejoramiento en el indicador al utilizar el desperdicio de algodón.

Figura No. 28: Indicador de Acidificación por proceso comparado por los ciclos.

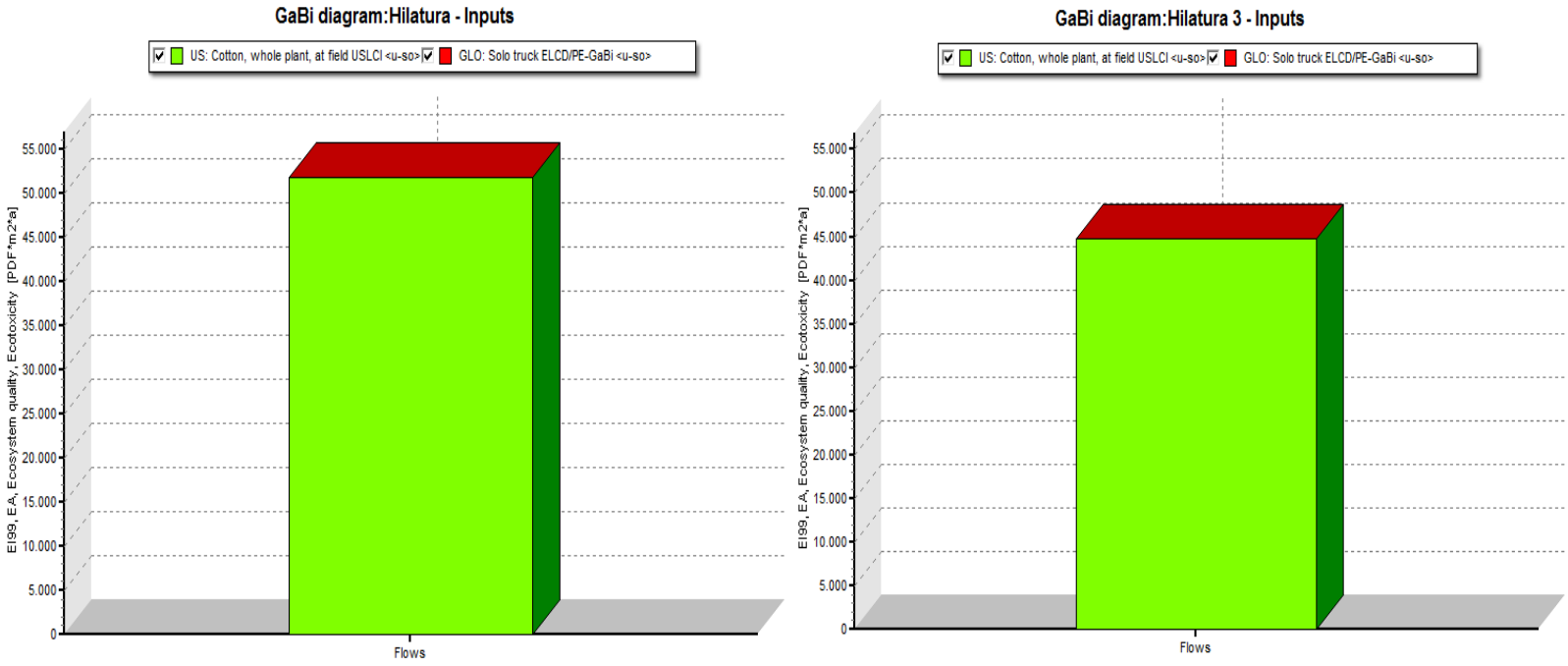


Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Ecotoxicidad

El indicador de Ecotoxicidad que se ve en la Figura No. 29 muestra la gran influencia de los contaminantes en el proceso de cultivo y el proceso de transporte terrestre tiene una insignificante influencia, al igual que el anterior indicador se identificó como fuente contaminante el proceso de cultivo de algodón. En la comparación se ve que mejora el efecto de contaminación en el cultivo por el uso de desperdicio.

Figura No. 29: Indicador de Ecotoxicidad por proceso comparado por los ciclos.

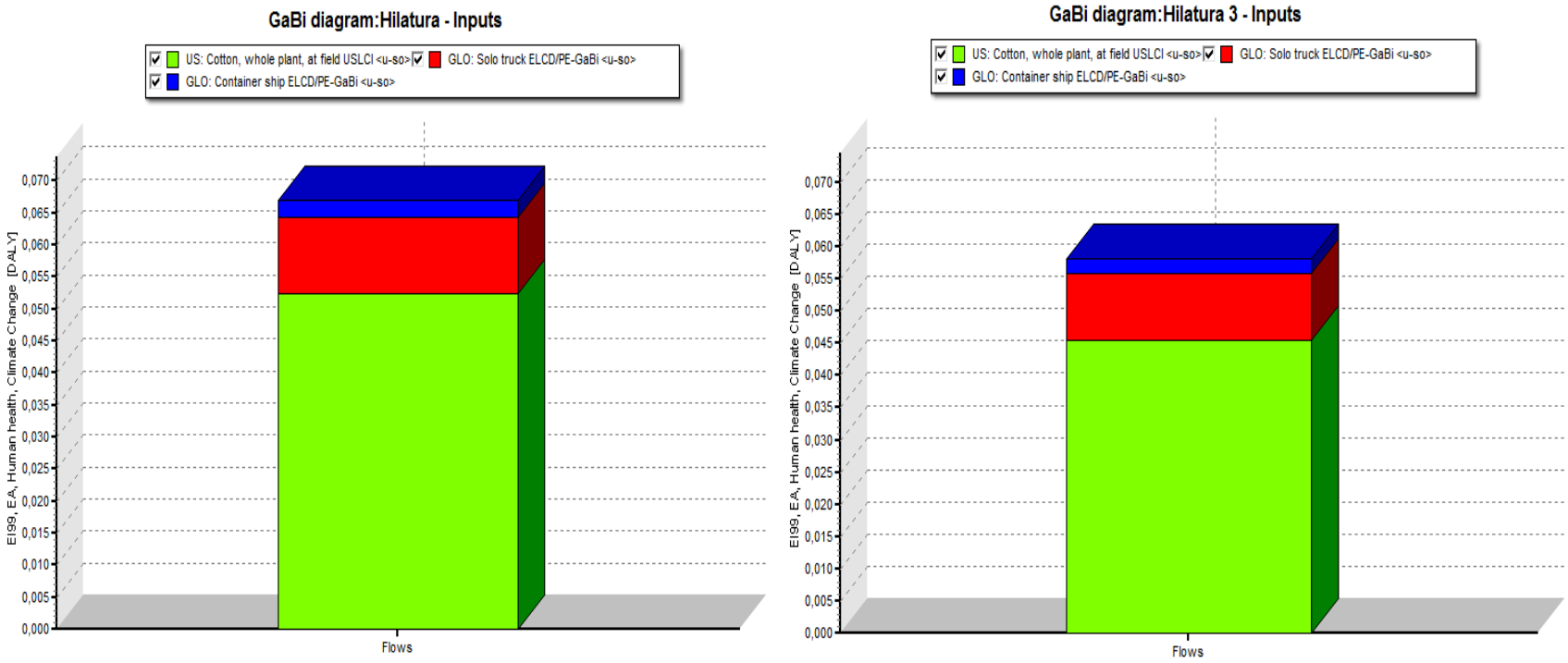


Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Efectos cambio climático DALY

El indicador DALY de cambio climático de la Figura No. 30, muestra que hay una influencia del proceso de cultivo de algodón significativo y en menor proporción pero considerable el proceso de transporte terrestre, el transporte marítimo es el que menos influye en este factor. Comparando los dos ciclos de vida, en el uso de desperdicio se observa la disminución en el indicador DALY de cambio climático.

Figura No. 30: Indicador DALY cambio climático por proceso comparado por los ciclos.

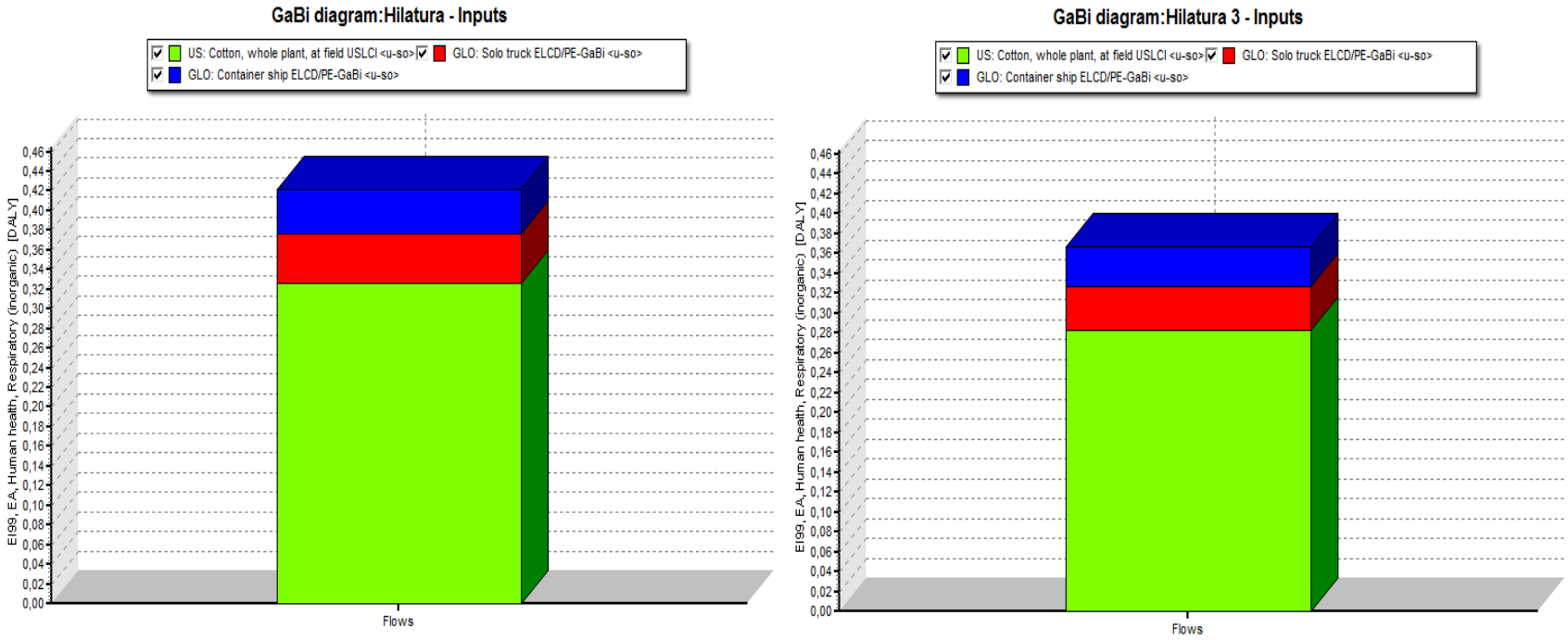


Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana Respiratoria Inorgánico DALY

El indicador DALY de salud humana respiratoria de elementos inorgánicos que se puede ver en la Figura No. 31, muestra un nivel crítico de aproximadamente 0,42 estando en la mitad del máximo de peligro de muerte que es 1, al igual que los anteriores indicadores, el proceso de cultivo de algodón muestra influencia significativa en este indicador, seguido del proceso de transporte terrestre y marítimo. Realizando la comparación en el resultado según los ciclos de vida, se visualiza una disminución en el efecto de este indicador con el ciclo de vida propuesto hasta 0,39.

Figura No. 31: Indicador DALY respiratoria inorgánica por proceso comparado por los ciclos.

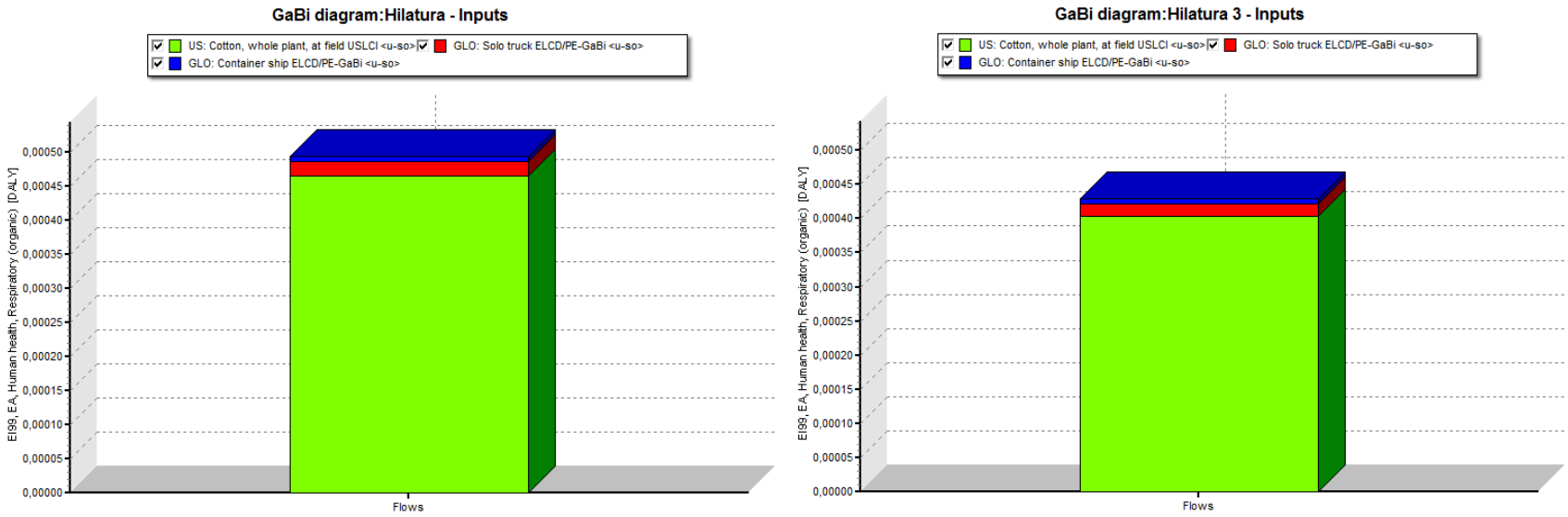


Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana Respiratoria Orgánica DALY

En el indicador de Salud Humana Respiratoria de elementos orgánicos, que se observa en la Figura No. 32, se puede ver que el proceso de cultivo de algodón es el que más influencia tiene sobre el indicador. Realizando la comparación se observa claramente la disminución del indicador por el uso de desperdicio de algodón.

Figura No. 32: Indicador DALY respiratoria orgánica por proceso comparado por los ciclos.



Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Viendo los resultados anteriores se puede decir que el proceso que más influye en los efectos negativos del ciclo de vida del algodón es el de cultivo, el transporte marítimo y terrestre influyen pero en menor medida. También se puede decir que con el uso de desperdicio de algodón se logra desde la industria la disminución de los efectos producidos por los otros procesos. Por último, los indicadores que más importancia tienen por sus valores son el de acidificación, ecotoxicidad y DALY respiratoria inorgánica.

En general hubo reducción de todos los indicadores en un 6% que corresponde al desperdicio utilizado. Se pueden leer con más profundidad los elementos que intervienen en el Anexo 14, a continuación un resumen de lo más importante:

- Disminución del uso de fertilizantes, insecticidas y químicos (6%).
- Disminución en el uso del agua (Huella del agua) (6%) 263.056.838 litros de agua ahorrada.
- Por la diferencia de área de tierra cultivada (se deja de cultivar en 221.833 metros cuadrados) para la siguiente cosecha.

Además de la reducción de los valores en los efectos ambientales y salud, también se resaltan los beneficios relacionados al no usar el desperdicio como producto para limpiar aceites o relleno de colchones, evitando el envió del algodón a rellenos sanitarios y que no tengan un proceso de descomposición correcto, con el producto a base de desperdicio que se usa en la agricultura para el crecimiento correcto de la planta en cultivos de arveja, tomate de árbol, uchuva, etc. Al final de su uso, se pueden dejar en el suelo para que se descomponga y la tierra absorba el producto, evitando también el uso de productos sintéticos que no pueden ser absorbidos.

El producto a base de desperdicio tiene como finalidad cerrar el ciclo de vida desde la cuna a la cuna, ya que al final de su uso en los cultivos, la hilaza utilizada se puede dejar en el suelo para que la tierra degrade el producto, volviendo al sitio de origen de producción de la materia prima. El desuso del desperdicio que no se puede reprocesar en la Hilandería en lo posible se desea que sea utilizado para la fabricación de pabilo para traperos, esto con el fin de que al relleno sanitario no lleguen productos químicos de difícil descomposición.

6.6. Encuesta Agroinsumos sobre la Hilaza a partir de Desperdicio de Algodón

A continuación se muestran y explican los resultados obtenidos de la encuesta realizada a 10 agroinsumos capaces de consumir alrededor de 20 toneladas mensuales del producto para cultivo, lo que justifica la posible producción en Hilazas Mategam de 15 toneladas mensuales, estos agroinsumos abarcan algunos municipios Cundinamarca y Tolima, donde utilizan el producto 8/2 algodón 100% y a los que se les proporcionó una muestra del producto 8/2 desperdicio de algodón, sus clientes probaron y dieron su concepto a cerca de este:

La encuesta se dividió en dos partes, la primera parte preguntas alrededor del producto original a base de algodón 100% y una segunda parte relacionada al producto a base de desperdicio de algodón (ver Anexo 15 modelo de la encuesta realizada).

PRIMERA PARTE

Las siguientes son las características de la encuesta realizada, apoyado por literatura sobre investigación de mercados (Albiol & Gil, 1998)(Malhotra, 2004) (Quijano, 2009):

Se hicieron las encuestas de manera personal para que se conteste por personas indicadas y resolver cualquier tipo de duda o aclaración, la muestra fue de 10 agroinsumos ubicados en algunos municipios de Cundinamarca y Tolima, ellos consumen aproximadamente 20 toneladas mensuales de hilaza. Se usaron preguntas cerradas de tipo dicotómicas y de opción múltiple de carácter nominal.

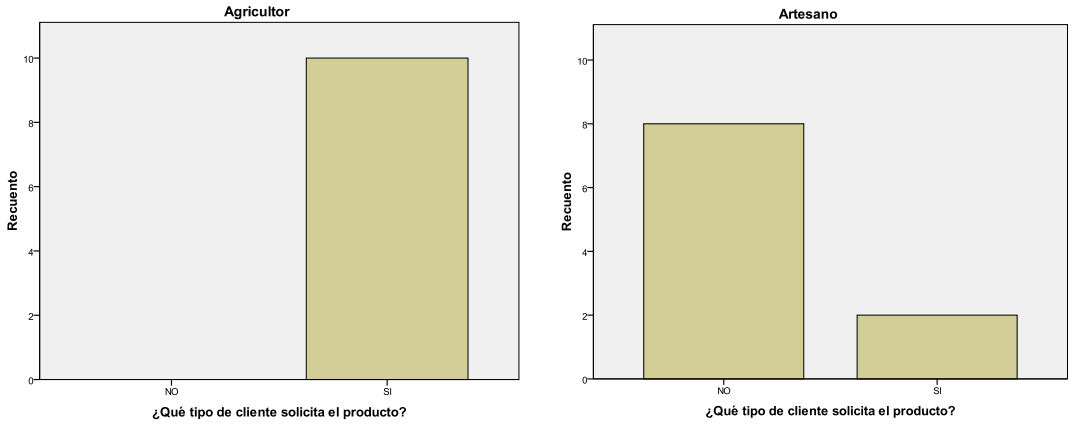
Las preguntas de la primera parte están relacionadas a las características del producto de algodón 100%:

- Resistencia: el peso o la fuerza que puede resistir el producto antes de romperse.
- Biodegradabilidad: capacidad de descomposición en el suelo.
- Rendimiento: La proporción del uso del producto frente al precio ofrecido.
- Color: Tintura del producto.

Como se puede observar en las Figura No. 33 de la siguiente página el principal cliente de los agroinsumos son los agricultores que utilizan la hilaza de algodón para colgar sus cultivos de tomate, arveja, uchuva, etc.

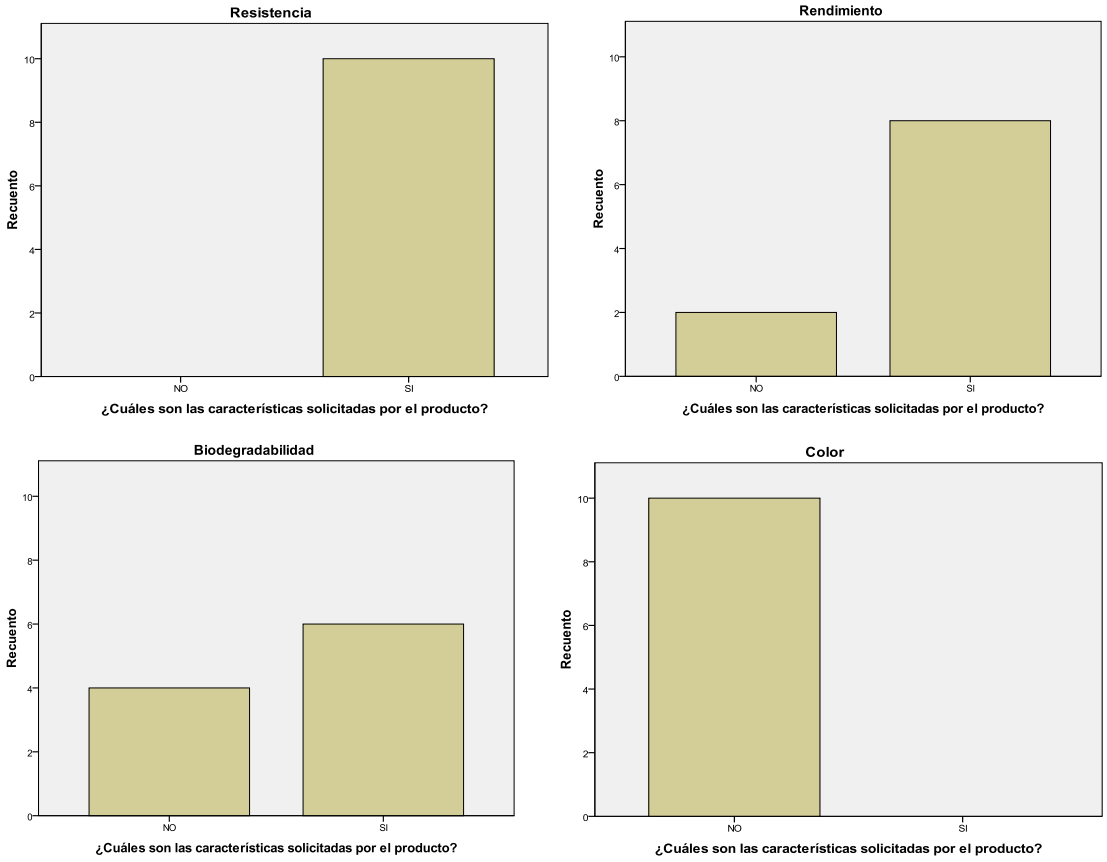
Entre las características más solicitadas por los compradores del producto en los agroinsumos están la resistencia y el rendimiento de la hilaza como se puede ver en la siguiente página en la Figura No. 34, después le sigue la propiedad de biodegradabilidad en el cultivo y por último no tiene ninguna relevancia el color del producto.

Figura No. 33: Cliente que solicita la hilaza 8/2 algodón 100%



Fuente: Datos aportados por la encuesta, software de análisis SPSS®

Figura No. 34: Características sobresalientes de la hilaza 8/2 algodón 100%



Fuente: Datos aportados por la encuesta, software de análisis SPSS®

SEGUNDA PARTE

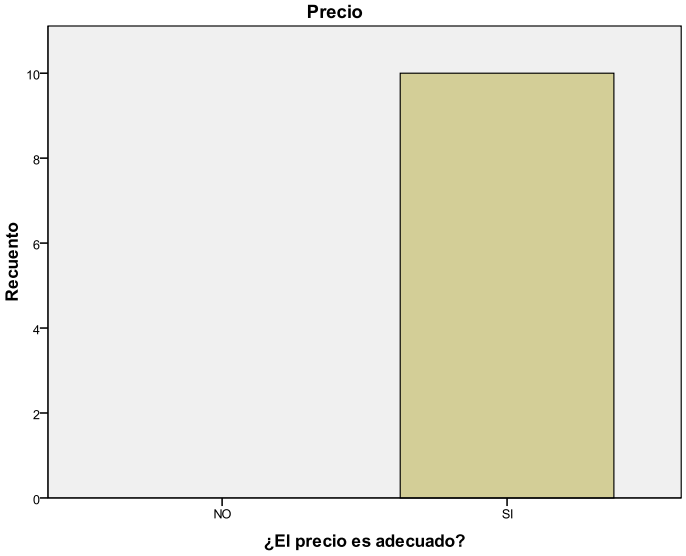
Se les dio una muestra del producto a cada uno de los agroinsumos para que lo vendieran a sus clientes y dieran su concepto sobre este un mes después.

Los precios de los productos son los siguientes:

Hilaza 8/2 Algodón 100%: $15.000 incluido el IVA. Hilaza 8/2 Desperdicio: $10.000 incluido el IVA.

A la pregunta sobre el precio del producto a base de desperdicio en la Figura No. 35 se puede ver el resultado, los agroinsumos contestaron que si estaban de acuerdo con el precio ya que la diferencia es de 5.000 pesos y eso les ayudaría en sus ventas, y a los agricultores para bajar los costos de cultivo.

Figura No. 35. Pregunta sobre el precio de la hilaza 8/2 desperdicio

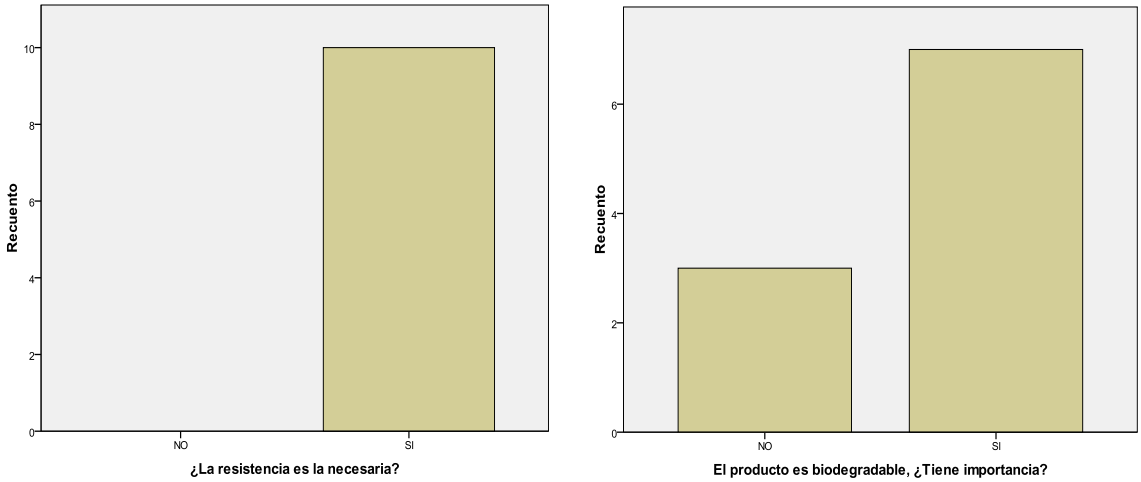


Fuente: Datos aportados por la encuesta, software de análisis SPSS®

A los agroinsumos se les preguntó sobre dos características del producto a base de desperdicio de algodón, en la siguiente página en la Figura No. 36 se pueden ver los resultados, la resistencia que es importante para los agricultores en sus cultivos y para ellos el producto tenía una resistencia adecuada para su uso, la otra característica, la biodegradabilidad tuvo una importancia similar al anterior producto aunque para su uso es una ventaja para el agricultor.

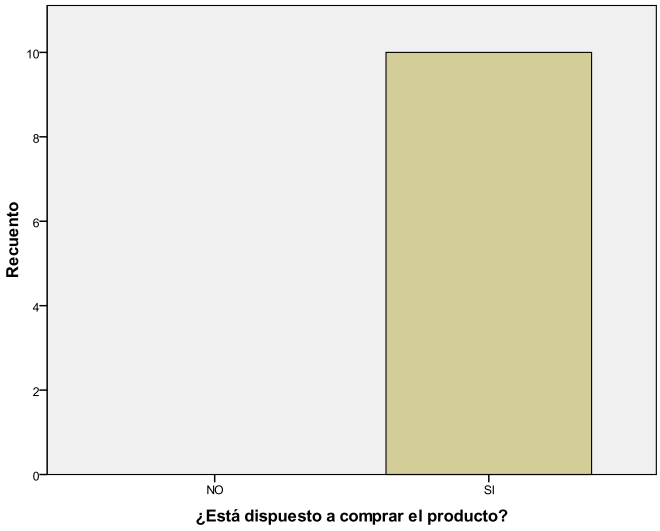
Por último, se muestra el interés de compra del producto a base de desperdicio por parte de los agroinsumos expresado en la siguiente página en la Figura No. 37, dando como resultado que los mismos quieren comprar el producto y están interesados en comercializarlo a sus clientes, alrededor de 20 toneladas de hilaza al mes es el potencial de compra por parte de estos agroinsumos.

Figura No. 36: Pregunta sobre las características del producto a base de desperdicio



Fuente: Datos aportados por la encuesta, software de análisis SPSS®

Figura No. 37: Pregunta sobre la posible compra del producto.



Fuente: Datos aportados por la encuesta, software de análisis SPSS®

Para resaltar la importancia y la ventaja comparativa del producto a base de desperdicio y su selección por parte de los agroinsumos, se puede observar en la

Tabla No. **19** que es el mejor producto comparado con los demás desde el precio hasta sus características.

Tabla No. 19: Cuadro comparativo de productos usados por los agroinsumos.

Producto	Longitud	Precio (en pesos)	Característica
Hilo 8/2 Algodón 100%	7.000 m	15.000	Biodegradable
Hilo 8/2 Poliéster 100%	7.000 m	14.000	No Biodegradable
Cordel Poliéster	3.000 m	9.000	No Biodegradable
Hilo 8/2 Desperdicio Algodón	7.000 m	10.000	Biodegradable

Fuente: Agroinsumos, elaboración propia.

En conclusión, la principal ventaja que pueden tener los agricultores es en la disminución del precio del producto en 5.000 pesos, ventaja comparativa con respecto al producto de algodón 100%, el producto sigue teniendo las mismas propiedades a pesar de que sea a partir de desperdicio (biodegradabilidad, resistencia, etc.) y la compra potencial mensual del producto es de 20 toneladas mensuales aproximadamente, cumpliendo con la capacidad de producción de Hilazas Mategam de 15 toneladas mensuales del producto a base de desperdicio.

6.7. Productividad

La productividad de Hilazas Mategam Ltda fue realizada bimensualmente (Febrero-Marzo, Julio-Agosto) porque durante los meses intermedios se realizaron los cambios dentro de la organización para la mejora de productividad que con la ayuda de la herramienta de control en Seis Sigma, el apoyo de un Sistema Integrado de Gestión y el uso del desperdicio de algodón dentro del sistema productivo, además durante esos cuatro meses que se midió la productividad, la actividad económica es similar, esto con el fin de que los resultados no se vieran afectados por distintos comportamientos del mercado.

La medición de la productividad obtenida en Hilazas Mategam Ltda se realizó haciendo una comparación de los meses de Febrero y Marzo, cuando no se había controlado con la herramienta de Seis Sigma, Sistema de Gestión Integral y el procesamiento del desperdicio de algodón, con los meses de Julio y Agosto cuando ya estaban implementadas la herramienta, el sistema de gestión y el producto a base de desperdicio (ver Anexo 16 Estados de Resultados).

Como se puede observar en la Tabla No. 20 que se encuentra en la siguiente página, existió un mejoramiento en la productividad total cuando se implementó la solución, el mejoramiento fue de 0,0133856, eso significa que por cada peso invertido se gana de más el valor de mejoramiento, Hilazas Mategam Ltda invierte en dos meses alrededor de cuatrocientos millones de pesos por tal motivo su ganancia será de $5.354.239 de pesos de más a comparación de lo que se venía haciendo en Febrero y Marzo, al año Hilazas Mategam Ltda ganará aproximadamente $30.000.000 de pesos más con lo implementado.

Tabla No. 20: Comparación Productividades

FEBRERO - MARZO		JULIO - AGOSTO	
PRODUCTIVIDAD TOTAL	1,24612395	**PRODUCTIVIDAD TOTAL**	1,25950955
PARCIALES		**PARCIALES**	
SERVICIOS	51,2888253	SERVICIOS	44,7394973
TRANS Y MANT	77,3746531	TRANS Y MANT	156,921976
FINANCIEROS	75,2606342	FINANCIEROS	78,966907
MANO DE OBRA	21,3174937	MANO DE OBRA	24,499943
MATERIA PRIMA	1,42622173	MATERIA PRIMA	1,4318997

Fuente: Elaboración propia, datos aportados por la empresa.

Desglosando los $30.000.000 de pesos que aproximadamente ganará Hilazas Mategam, $7.000.000 son producto del control hecho por la herramienta utilizada con los niveles de Seis Sigma y $23.000.000 generados por la venta del producto a base de desperdicio de algodón.

Dentro de las productividades parciales se puede identificar que la variable que más afecta la productividad total es la Materia Prima, que fue el elemento en el que se enfocó este trabajo de grado para mejorar la productividad de la empresa y se obtuvieron resultados positivos como ya se ha identificado en el párrafo anterior.

Complementando el hecho de que se haya aumentado la productividad de Hilazas Mategam Ltda por lo antes mencionado, cabe resaltar algunos aspectos que mejoraron a raíz del uso de desperdicio de algodón y el control con la herramienta de Seis Sigma, muy relacionado a la "compensación por innovación" mencionado por Michael E. Porter y Claas ven der Linde (Porter & van der Linde, 1995) en su artículo denominado "*Green and Competitive: Ending the Stalement*".

Las compensaciones por innovación identificadas en la empresa fueron las siguientes:

- Mejoramiento de tiempos en las máquinas: los operarios están más pendientes a la hora de realizar los cambios de cono de materia prima, acto que permite a las máquinas no tener puestos sin proceso productivo.

- Evaluación continua de calidad: Los operarios se volvieron parte activa en la revisión de calidad de las materias primas porque al estar estandarizado el límite de generación de desperdicio les permite comunicar a tiempo alguna anomalía en el producto si sale de los estándares de desperdicio establecidos.
- Materia prima de desperdicio a bajo costo: el desperdicio tiene una reducción en el valor, beneficiando considerablemente a todos los actores que actúan en el mercado de la hilaza para agroinsumos.
- Aplicación del control en la hilatura del poliéster y otros títulos de algodón: posterior al estudio realizado con el hilo de algodón de desperdicio, se amplió a los demás productos el control de generación de desperdicio

Para contribuir en la disminución de uso de recursos, las bolsas plástica en las que se empaca el producto final, son las mismas que envía el proveedor Hilandería A, las características de las bolsas reutilizadas son las siguientes:

Material
Polipropileno

Propiedades físicas

Densidad:	1 gr/cm3
Resistencia a la tensión:	25 kg/cm2
Elongación	100 - 300
Cristalinidad	65%
Resistencia Térmica:	100° C en el aire
Dureza Shore D	65 - 70
Reciclable:	100%. Reciclable.

A continuación se definirán las fichas técnicas de los dos productos para la reproducibilidad en las industrias textiles.

6.7.1. Ficha Técnica Hilo 8/2 Algodón

Para que el producto a base de desperdicio tenga reproducibilidad en la industria textil es necesario definir ciertas características del producto para que posea la calidad requerida de los clientes, que en el caso del proyecto son los agricultores que compran a través de los agroinsumos.

Las características más importantes para igualar o hacer semejante el producto son las físicas y mecánicas, las demás van a de acuerdo al cliente. En las características físicas se tiene que resaltar la masa lineal de dTex que significa: por cada 10.000 metros de fibra existe una cierta cantidad de gramos que es el valor que aparece en la ficha técnica, también es importante la definición de torsiones por pulgada que es la cantidad de vueltas que tiene el hilo por cada pulgada, en este caso son 7 vueltas cada pulgada, por último en las características mecánicas, la resistencia a la tensión que es la cantidad de fuerza que resiste el hilo antes de presentar un reviente.

Con las siguientes características se pueden configurar las retorcedoras para comenzar a producir un producto igual al realizado por Hilazas Mategam Ltda.

- GENERALIDADES

Descripción:

Hilo de Algodón natural de dos cabos. Ne 8/2 retorcido

Usos:

Fabricación de artesanías y trama para cultivo (agricultura).

- CARACTERÍSTICAS

Químicas: no tiene

Físicas:

Masa lineal	dTex 1500 ± 150
Material Extraño	Exento
Nudos por cono	4 Máximo
Peso neto Cono	1,5 kg o 1 kg (depende de la presentación)
Torsiones	7 por pulgada

Mecánicas:

Resistencia a la tensión	1,40 Kg-f Mínimo

Dimensiones:

El tamaño de los conos será:

- 1,5 kg: Diámetro Externo superior 16,5 cm, Diámetro externo inferior 21 cm, Altura 17 cm
- 1 kg: Diámetro Externo superior 12 cm, Diámetro externo inferior 15 cm, Altura 17 cm
- Cono: Diámetro superior 3,5 cm, Diámetro inferior 7 cm

Embalaje:

El producto será embalado en bolsa plástica con un peso de 30 Kg neto cada bolsa que tendrá la siguiente información:

- Nombre del producto
- Peso neto y bruto
- Nombre del fabricante
- Unidades por bolsa

6.7.2. Ficha Técnica Hilo 8/2 Desperdicio De Algodón

- GENERALIDADES

Descripción:

Hilo a base de desperdicio de Algodón natural de dos cabos. Ne 8/2 retorcido

Usos:

Trama para cultivo (agricultura).

- CARACTERÍSTICAS

Químicas: no tiene

Físicas:

Masa lineal	dTex 1500 ± 150
Material Extraño	Permitido
Nudos por cono	5 Máximo
Peso neto Cono	1,5 kg o 1 kg (depende de la presentación)
Torsiones	7 por pulgada

Mecánicas:

Resistencia a la tensión	1,20 Kg-f Mínimo

Dimensiones:

El tamaño de los conos será:

- 1,5 kg: Diámetro Externo superior 16,5 cm, Diámetro externo inferior 21 cm, Altura 17 cm
- 1 kg: Diámetro Externo superior 12 cm, Diámetro externo inferior 15 cm, Altura 17 cm
- Cono: Diámetro superior 3.5 cm, Diámetro inferior 7 cm

Embalaje:

El producto será embalado en bolsa plástica, como se observa en la Ilustración No. 9 con un peso de 30 Kg neto cada bolsa que tendrá la siguiente información:

- Nombre del producto
- Peso neto y bruto
- Nombre del fabricante
- Unidades por bolsa

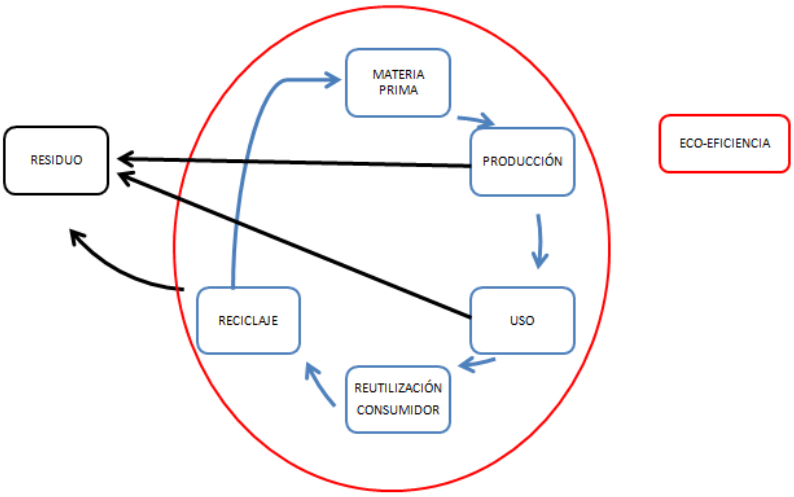
Ilustración No. 9: Presentación del producto

6.8. Eco-eficiencia VS Eco-efectividad

Durante el desarrollo del trabajo se aplicaron los enfoques de eco-eficiencia, traducidos en los resultados de PML y la herramienta de control en Seis Sigma, y el enfoque de Eco-efectividad que se puede ver en la aplicación de LCA y la propuesta de uso de desperdicio de algodón, ambos con el objetivo de mejorar la productividad de Hilazas Mategam Ltda, sin embargo es importante resaltar que existen diferencias notables en los dos enfoques que se resaltaron en la aplicación y una perspectiva especial que se dio al final del trabajo con ambos enfoques.

El enfoque de eco-eficiencia aplicado en Hilazas Mategam, mostró como se analizó la empresa desde una RAI hasta hacer el control con una herramienta de Seis Sigma, logrando una disminución de pérdidas a causa de la generación de desperdicio no recuperable. En la Figura No. 38 se puede observar el ciclo propuesto desde el punto de vista del WBCSD, se aplicó con las anteriores herramientas.

Figura No. 38: Esquema eco- eficiencia

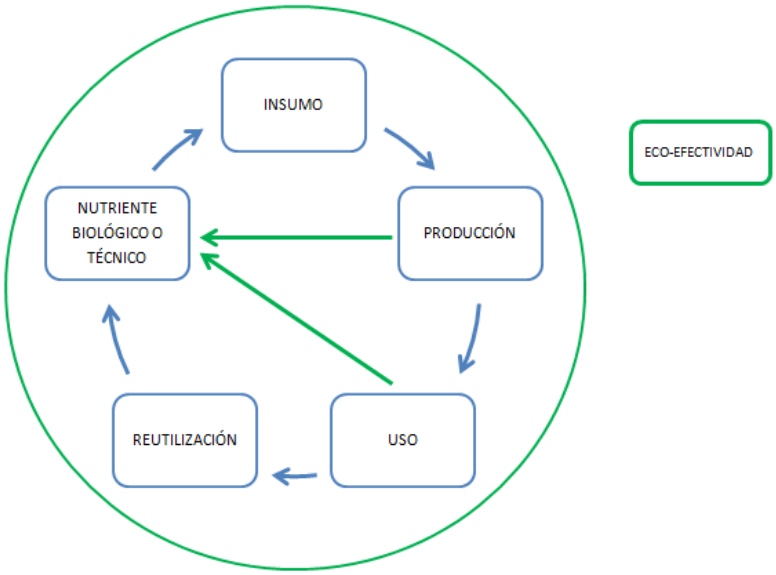


Fuente: (M Braungart, McDonough, & Bollinger, 2007), Elaboración propia.

El esquema muestra el funcionamiento de la eco-eficiencia en el que en cada uno de los pasos de trasformación de la materia prima se busca en lo posible la menor cantidad de desperdicio, aunque por más que se quiera alcanzar ese objetivo va haber residuo que no se pueda utilizar.

El enfoque de eco-efectividad, que se puede observar en la siguiente página la Figura No. 39, muestra el logro del uso del desperdicio de algodón para realizar un nuevo producto que entre en un sistema biológico, como se ve, es un ciclo cerrado en el que no se generó desperdicio y si se generó en la fase de producción o uso, que se puede utilizar en otro proceso como insumo (Michael Braungart & McDonough, 2005).

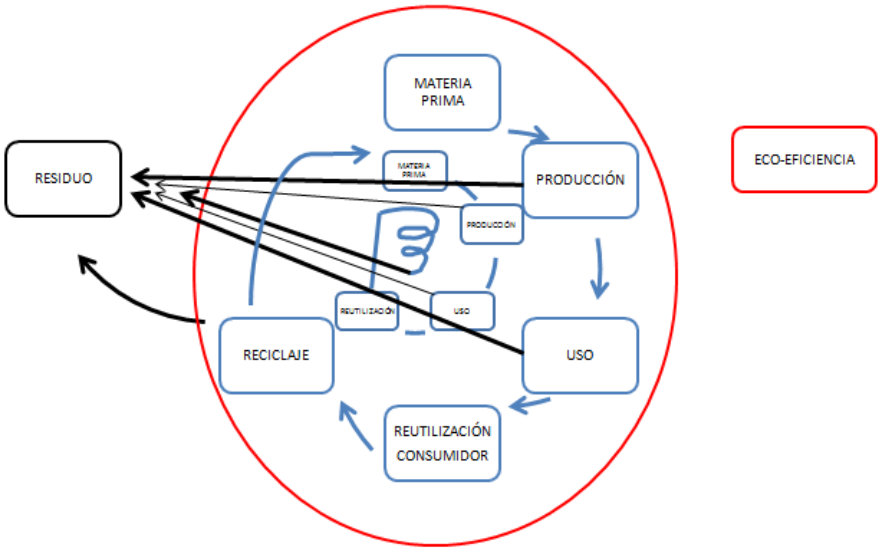
Figura No. 39: Esquema eco-efectividad



Fuente: (M Braungart et al., 2007), Elaboración propia.

Los autores del enfoque "de la cuna a la cuna" Braungart y McDonough (Michael Braungart & McDonough, 2005) en su libro realizaron una crítica sobre el enfoque de eco-eficiencia, donde describen el proceso de desgaste del producto generado durante todo el ciclo de vida como si fuera una espiral de desgaste, para que al final termine en la basura, eso significa que el beneficio ambiental es de corto plazo, todo lo contrario con el enfoque de eco-efectividad, donde el beneficio ambiental es de largo plazo (M Braungart et al., 2007). En la siguiente página la Figura No. 40 se muestra el ciclo de eco-eficiencia descrito por Braungart y McDonough.

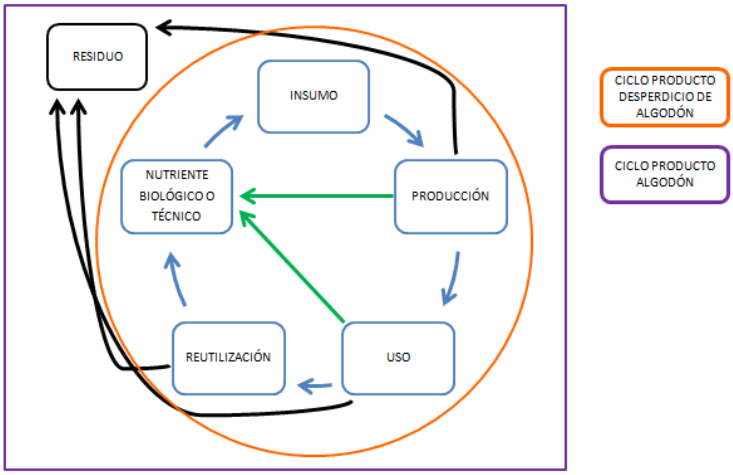
Figura No. 40: Critica enfoque eco-eficiencia



Fuente: (M Braungart et al., 2007), Elaboración propia.

En el proyecto realizado en Hilazas Mategam Ltda sucede algo interesante, ambos enfoques están presentes con el desarrollo del producto de algodón a base de desperdicio, se puede observar la combinación de los enfoques en la Figura No. 41, todo el ciclo del algodón abarca el enfoque de eco-eficiencia, cuando se centra solamente en el producto a base de desperdicio de algodón se obtiene eco-efectividad, la combinación de ambos enfoques en la gráfica se puede traducir como una etapa de transición de eco-eficiencia a eco-efectividad, un punto intermedio que debe lograr la eco-efectividad por la perfección del ciclo cerrado que se encuentra en armonía con el medio ambiente, no como la eco-eficiencia que deja abierto el ciclo con los residuos.

Figura No. 41: Esquema combinación de enfoques en Hilazas Mategam Ltda.



Fuente: Elaboración propia.

Desde mi punto de vista y refiriendo a la Figura No. 2 de Biecker, los dos enfoques van en dirección opuesta: eco-eficiencia se dirige desde lo ecológico a lo económico, la eco-efectividad empieza desde lo económico hasta sostenibilidad ecológica.

La eco-eficiencia utiliza al máximo los recursos, la importancia radica en el constante trabajo por minimizar la generación de desperdicio, el producto no está diseñado para el medio ambiente pero uno de sus principales principios es el reciclaje, volver a utilizar esos recursos perdidos dentro de la cadena de suministro para producir un nuevo producto.

Por otro lado se terminará de imponer la eco-efectividad para llevar a cabalidad el objetivo de beneficiar al medio ambiente cuando el producto haya pasado por toda la cadena de suministro, la eco-efectividad no tiene presente el reciclaje; quiere que los productos sean diseñados para descargarse en el ambiente o que sean insumo de algún aparato productivo como nutriente técnico.

Cuando los consumidores sean conscientes de lo que compran y las empresas se alineen a ese tipo de necesidad, se terminará instalando todo el enfoque de la eco-efectividad en muchas organizaciones, aunque para llegar a ese punto se debe comenzar con la eco-eficiencia, para mejorar el proceso productivo y disminuir los desperdicios.

7. CONCLUSIONES

Este trabajo de grado deja como resultado un marco teórico resumiendo las herramientas que se pueden utilizar para mejorar la productividad de cualquier tipo de industria, utilizando elementos principales como la producción más limpia y el análisis de ciclo de vida.

Una metodología que se adecua a la dinámica propuesta y que sirve para futuros proyectos con similar propósito, que tiene en cuenta tres mundos (mundo social, personal y material) para el análisis de una problemática desde distintas herramientas (entrevistas, encuestas, PML y LCA), para al final determinar las soluciones o dar una respuesta adecuada al problema planteado o resolución de los objetivos propuestos.

A partir de elementos de la Ingeniería Industrial como la productividad, eficiencia, eficacia y con la metodología propuesta se dio un nuevo uso al desperdicio de algodón en la industria textil, de esta misma forma se puede trabajar esta problemática en otras organizaciones que generen desperdicio para darle un mejor uso y minimizar el impacto ambiental con la ayuda de herramienta de control de Seis Sigma y el LCA, por tal motivo la ingeniería industrial es una disciplina que puede ayudar a mejorar la productividad de las empresas de la mano de un mejoramiento del aspecto ambiental a favor de la humanidad.

Los resultados obtenidos con respecto a los objetivos propuestos en el trabajo de grado son los siguientes:

Primer Objetivo: Verificar los impactos ambientales asociados con el uso de algodón, identificando las etapas del ciclo de vida (tomando como base la norma ISO 14040) para proponer un enfoque de “la cuna a la cuna”.

- Con la ayuda del software GaBi 4 y de acuerdo a la nueva propuesta de ciclo de de vida desde el punto de vista de la hilandería, se obtuvo como resultado la reducción de los efectos negativos del ciclo de vida del algodón en un 6% en todos sus indicadores y reducción de la huella del agua (263.056.838 litros menos) utilizando el producto a base de desperdicio de algodón en el sector agrícola, de tal forma que el producto tenga la posibilidad de degradarse en el suelo volviendo a la cuna de la materia prima, también se concientiza sobre los efectos del uso de distintos recursos en el ciclo de vida que afecta la salud de los humanos.

Segundo Objetivo: Establecer un estándar para la producción de la hilaza reciclada, desarrollando una ficha técnica del producto, con el fin, de ofrecer un modelo de reproducción para las otras hilanderías.

- Se desarrolló una ficha técnica de la hilaza a base de desperdicio de algodón para que el producto posea un estándar de producción y su calidad no varié para el consumidor final, también sirve para que otras hilanderías conozcan las características del producto y ayuden en el uso de desperdicio de algodón.

Tercer Objetivo: Utilizar las herramientas de Producción más Limpia junto con una herramienta de control de Seis Sigma para complementar el mejoramiento de la productividad de la hilatura reduciendo la generación de desperdicios.

- Se usó herramientas de producción más limpia, entre ellas el Diagnóstico general, Revisión Ambiental Inicial, Ecomapas, Ecobalance, Buenas Prácticas de Manufactura y Análisis de Riesgos, para determinar los causantes de la generación de desperdicio y plantear soluciones al respecto. Complementando lo anterior, se aplicaron las recomendaciones y se controló el resultado con una herramienta de control de Seis Sigma para identificar el mejoramiento por medio de los sigmas y mantener un estándar de generación de desperdicio.

Cuarto Objetivo: Determinar los intereses económicos y ambientales de los agricultores, proponiendo el uso de la hilaza reciclada en sus cultivos, por medio de un análisis de mercado, que permita evaluar su factibilidad económica en la industria textil, conociendo su potencial en un segmento del mercado y teniendo en cuenta su impacto ambiental.

- A partir del producto de la Hilandería "A" a base de desperdicio de algodón y que le provee a Hilazas Mategam Ltda para hacer el proceso de retorcido y su comercialización, se puede decir que se logra el objetivo de encontrar un mercado que pueda aprovechar este nuevo producto que beneficia a los agricultores para disminuir sus costos de cosecha, ya que la hilaza de algodón 100% es más costosa, por tal motivo y según los resultados de la encuesta, el producto a base de desperdicio tiene potencial en el mercado, Además con todas las herramientas implementadas, se obtuvo una mejora considerable de la productividad.

El desarrollo del trabajo de grado tuvo resultados positivos en el ámbito comercial, tecnológico y ecológico, en el ámbito comercial se pudo encontrar un mercado que abarcara la demanda del producto a base de desperdicio de algodón producido por Hilazas Mategam Ltda, mejorando la viabilidad económica del proyecto, en el ámbito tecnológico se elaboró la ficha técnica del producto para que otras empresas del sector pueden replicar la producción y el uso de la herramienta de control de seis sigma para el mejoramiento de la productividad de la empresa, por último el ámbito ecológico en el que se demostró por medio del software GaBi 4 el mejoramiento ambiental que se da por el uso del desperdicio de algodón.

A continuación se enumeraran los resultados de los tres principales ámbitos del objetivo general desde la perspectiva de los impactos obtenidos en este trabajo de grado (económico, ambiental y tecnológico) y se complementa con un impacto social de varios actores:

Impacto económico

Se describirán los impactos económicos obtenidos en el desarrollo del trabajo de grado y los beneficios que las empresas adquirieron por las actividades realizadas:

- Ahorro en el uso de desperdicio: para la Hilandería A es significante utilizar el desperdicio generado para hacer un producto relacionado a su rama empresarial, en lugar de vender ese desperdicio de forma general como se había venido haciendo para colchoneros, empresas que necesitan de este para rellenar sus productos o para organizaciones que hacen algodón hidrófilo. Al generar esos productos a partir del desperdicio de algodón, la Hilandería A tiene mayores ingresos por el material procesado y la calidad que le está impartiendo.

- La herramienta de control de Seis Sigma no genera mayores gastos: El ejercicio realizado en Hilazas Mategam Ltda demostró que la herramienta de control de Seis Sigma es útil para evitar la generación de desperdicio en el proceso de retorcido, enconado y doblado de algodón, solo en el proceso de algodón hay un ahorro alrededor de ocho millones anuales sin contar con el proceso que la empresa realiza con sus productos a base de poliéster que también se benefician por lo hecho en el proceso de algodón.

- Aprovechamiento nuevo producto: a partir del producto de la Hilandería “A” a base de desperdicio de algodón y que le provee a Hilazas Mategam Ltda para hacer el proceso de retorcido y su comercialización, se puede decir que se logra el objetivo de encontrar un mercado que pueda aprovechar este nuevo producto que beneficia a los agricultores para disminuir sus costos de cosecha, ya que la hilaza de algodón 100% es más costosa, por tal motivo y según los resultados de la encuesta, a algunos agroinsumos el producto nuevo tiene aceptación en el mercado y puede llegar a alcanzar 20 toneladas de hilaza a base de desperdicio compradas por los agricultores.

- Aumento costos por nuevas operaciones: Hilandería “A” obligatoriamente tuvo un aumento en los costos ya que utilizó recursos como energía y mano de obra para generar el producto a base de desperdicio, sin embargo por la venta de estos cubre los costos y obtiene una utilidad que justifica el nuevo proceso; Hilazas Mategam Ltda también tuvo un aumento de costos pero sucedió lo mismo que la Hilandería “A”.

- Mejoramiento de la Productividad: Implementando la herramienta de control de Seis Sigma, un SGI y aprovechando el nuevo producto a base de desperdicio de algodón, se mejoró considerablemente la productividad de la empresa, ratificando una de las ventajas

de la eco-eficiencia que es mayores beneficios económicos por implementar este tipo de herramientas.

Impacto ambiental

Los resultados obtenidos en la parte ambiental gracias al uso del desperdicio de algodón en la industria textil son los siguientes:

- Reducción efectos negativos del ciclo de vida del algodón: Como se pudo observar en el Análisis de ciclo del Algodón y los resultados obtenidos por medio del software GaBi 4, el uso del desperdicio de algodón se reduce en un 6% los efectos negativos del cultivo de algodón y su proceso en la industria textil, se reducen los efectos de Acidificación, Ecotoxicidad aire (pesticidas), Ecotoxicidad agua (pesticidas), Efectos cancerígenos, Cambio Climático y Respiratorio, que afectan al medio ambiente.

- Reducción huella del agua: Una reducción de 263.056.838 litros de agua por el uso del desperdicio de algodón, al igual que los impactos en el ciclo de vida, se redujo su consumo en un 6%.

- Uso de algodón orgánico: Este tipo de algodón es la solución para evitar todos los impactos negativos del ciclo de vida (excepto el uso de agua y el transporte), pero los altos costos no permiten su fácil comercialización, además es el 1,1% de todo el algodón que se produce al año, dominando en el mercado el algodón convencional, de tal modo que se busco en el trabajo de grado un mejor uso del algodón convencional y disminuir los impactos que genera, para concientizar el uso de algodón orgánico.

Impacto tecnológico

Los impactos tecnológicos que influyeron en la producción de hilaza a base de desperdicio de algodón y reducción de la generación del desperdicio:

- Seis Sigma control: La herramienta de control de Seis Sigma sirvió de examen en el proceso de la industria textil en la parte de retorcido, enconado y doblado del hilo algodón, controlando la generación de desperdicio en las máquinas y tratando de minimizar la aparición de este, también es una herramienta útil para el control de producción (tiempos de fabricación y cantidad de productos realizados).

- Uso del desperdicio para generar un producto: La Hilandería “A” no tuvo que hacer cambios significativos en su proceso productivo para utilizar el desperdicio de algodón y realizar un producto a base de este, el producto realizado sirvió para proveer a Hilazas Mategam Ltda del producto que se trabajo sin complicaciones en la etapa de retorcido.

- Ficha técnica para reproducción del producto: Se desarrolló una ficha técnica de la hilaza a base de desperdicio de algodón para que el producto posea un estándar de producción y

su calidad no varié para el consumidor final, también sirve para que otras hilanderías conozcan las características del producto y ayuden en el uso de desperdicio de algodón.

- Reproducción en otras industrias: Este trabajo de grado sirve como guía para futuros proyectos relacionados con el mejoramiento de la productividad de cualquier industria por medio de la producción más limpia y el análisis de ciclo de vida de los productos, por la flexibilidad de sus herramientas y resultados precisos de medición en desempeño.

Por último los impactos sociales que aparecieron en algunos actores que están alrededor del comercio del algodón con la realización del proyecto de trabajo de grado:

- Beneficio de los agricultores: al encontrar un producto menos costoso como el que se está ofreciendo, los agricultores ahorran en el proceso de cultivo, además no tendrán problema en la recogida del material utilizado, ya que el suelo degradará el algodón.

- Beneficio de los cultivadores: se hizo evidente los efectos nocivos del cultivo de algodón para que los consumidores y productores sean consientes de los riesgos a los que están expuestos, también si se cumple el escenario de disminución en el cultivo, se usarán menos los insecticidas y fertilizantes en un 6%.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Albiol, J., & Gil, R. (1998). *Preparación, tabulación y análisis de encuestas para directivos*. España: ESIC Editorial.

ANDI. (2011). CÁMARA Algodón, Fibras, Textil, Confecciones. Recuperado Febrero 23, 2011, a partir de http://www.andi.com.co/pages/comun/infogeneral.aspx?Id=26&Tipo=2

Biasca, R. E. (1984). *Productividad: un enfoque integral del tema*. Argentina: Ediciones Macchi. Recuperado a partir de http://site.ebrary.com/lib/unalbogsp/docDetail.action?docID=10444723

Bieker, T., Dyllick, T., Gminder, C., & Hockerts, K. (2001). Towards a sustainability balanced scorecard: linking environmental and social sustainability to business strategy (págs. 22 - 31). Presented at the Conference Proceedings of Business Strategy and en Environment, ERP Environment, Leeds.

Blackburn, R. S. (2005). *Biodegradable and Sustainable Fibres* (Woodhead Publishing., Vol. 1).

Boada, A., & Mont, O. (2005). *Desmaterialización. Sistemas producto - servicio, una estrategia diferente de negocios.* Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

Braungart, M, McDonough, W., & Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, *15*(13-14), 1337-1348. doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003

Braungart, Michael, & McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle (Rediseñando la forma en que hacemos las cosas)*. España: McGraw-Hill.

Brundtland. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future - A/42/427 Annex - UN Documents: Gathering a body of global agreements. Recuperado Octubre 19, 2010, a partir de http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm

BS 7750. (1992). BS7750. Recuperado Enero 29, 2011, a partir de http://www.quality.co.uk/bs7750.htm

BSI. (2007). OHSAS 18001 - Occupational Health and Safety Management Systems. Requirements. British Standards Institute.

BSI, B. S. I. (2011). PAS 99 Gestión integrada. Recuperado Marzo 15, 2011, a partir de http://www.bsigroup.es/es/certificacion-y-auditoria/Sistemas-de-gestion/estandares-esquemas/PAS99/

CAR. (2000). *Pequeñas empresas de transformación de residuos plásticos y textiles*. CINSET.

Centro Nacional de PML. (s.f.). Recuperado a partir de http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/pread/guia_produccion_limpia.pdf

CNPML, C. N. de P. M. L. (2007). Manual de Introducción a la Producción más limpia. CNPML. Recuperado a partir de http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/pread/guia_produccion_limpia.pdf

Colciencias. (1997). Productividad, innovación y desarrollo tecnológico en Colombia. Situación actual y políticas de fomento.

Conalgodón. (2011). Conalgodón - Unidad de Estadística. Recuperado Marzo 18, 2011, a partir de http://www.conalgodon.com.co/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=32

Creswell, J. (2003). *Research design qualitative, quantitative, and mixed methods approaches.* (2o ed.). Thousands Oaks: Sage Publications.

da Costa, C. A., Ramos, S. J., Sampaio, R. A., Guilherme, D. O., & Fernandes, L. A. (2007). Coconut fiber and cotton waste as substrate for tomato seedlings. *Horticultura Brasileira*, *25*(3), 387-391.

DAMA. (2004). *Guía ambiental para el sector textil*. Cámara de Comercio de Bogotá.

Darnall, N., Jolley, G., & Ytterhus, B. (2007). Understanding the relationship betweena facility's environmental and financial performance. *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, *Johnstone, N*, 213 - 259.

De Larrañaga, J. P. (1991). *Hilatura: primera parte*. Mexico: Instituto Politecnico Nacional. Recuperado a partir de http://www.bases.unal.edu.co:2127/lib/unalbogsp/edf.action?p00=hilatura&docID=10378716

Diccionario de la lengua española - Vigésima segunda edición. (s.f.). Recuperado Septiembre 12, 2010, a partir de http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=hilaza

Dodić, S. N., Vučurović, D. G., Popov, S. D., Dodić, J. M., & Zavargo, Z. Z. (2010). Concept of cleaner production in Vojvodina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(6), 1629-1634. doi:10.1016/j.rser.2010.02.004

Ecomapping. (2011). Ecomapping. Recuperado Marzo 15, 2011, a partir de http://www.ecomapping.org/en/tools-methodes/ecomapping.html

EJF COLLABORATION WITH PESTICIDE ACTION. (2007). The deadly chemical in cotton. ENVIRONMENTAL JUSTICE FOUNDATION IN COLLABORATION WITH PESTICIDE ACTION Network UK.

Foladori, G., & Pierri, N. (2001). *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre Desarrollo Sustentable.* Mexico: Universidad Autónoma de Zacatecas-Miguel Ángel Porrúa-Colegio de Bachilleres. Recuperado a partir de www.estudiosdeldesarrollo.net/pagina_tipo_cuatro.php?libro=sustentabilidad

Fussler, C., & James, P. (1999). *Eco-innovación: integrando el medio ambiente en la empresa del futuro*. Mundi-Prensa Libros.

Halimi, M. (2008). Cotton waste recycling: Quantitative and qualitative assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, *52*(5), 785-791. doi:10.1016/j.resconrec.2007.11.009

Hamilton, J. (1995). Pollution as News: Media and Stock Market Reactions to the Toxics Release Inventory Data. *Journal of Environmental Economics and Management*, *28*(1), 98 - 113.

Hart, S., & Ahuja, G. (1996). Does it pay to be green?: an empirical examination of the relationship between emission reduction and firm performance. *Business Strategy and the Environment*, *5*(1), 30 - 37.

Hoof, B. van, Monroy, N., & Saer, A. (2008). *Producción más Limpia - Paradígma de la gestión ambiental* (Uniandes.). Alfaomega.

Horrocks, A. R., & Anand, S. C. (2000). *Handbook of Technical Textiles* (1o ed.). CRC Press.

Imai, M. (2001). *Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa.* Mexico: Compañia editorial continental.

Isci, A., & Demirer, G. (2007). Biogas production potential from cotton wastes. *Renewable Energy*, *32*(5), 750-757. doi:10.1016/j.renene.2006.03.018

ISO. (2011). ISO - International Organization for Standardization. Text, . Recuperado Enero 30, 2011, a partir de http://www.iso.org/iso/about.htm

ISO, I. O. for S. (2002). International Standard 19011, Guidelines for Quality and/or enviromental management systems auditing.

ISO, I. O. for S. (2003). International Standard 14020, Enviromental Labels and Declarations. General Principles.

ISO, I. O. for S. (2004). International Standard 14004, Enviromental Management Systems. General Guidelines on Principles. Systems and Support Techniques.

ISO, I. O. for S. (2005a). International Standard 9000, Quality management systems - Fundamentals and Vocabulary. ISO.

ISO, I. O. for S. (2005b). International Standard 14001, Enviromental Management Systems. Requeriments wiht Guidance for Use. ISO.

ISO, I. O. for S. (2007a). International Standard 14040, Enviromental Manegement. Life Cycle Assessment. Requirements and Guidelines. ISO.

ISO, I. O. for S. (2007b). International Standard 14044, Enviromental Management. Life Cycle Assessment. Requirements and Guidelines.

ISO, I. O. for S. (2008). International Standard 9001, Quality management systems - Requirements. ISO.

ITC. (2010). Trade Map - Trade statistics for international business development. Recuperado Septiembre 29, 2011, a partir de http://www.trademap.org/

ITENE, I. T. del E., Transporte y Logistica. (2009). Herramientas informáticas en Ecodiseño. ITENE. Recuperado a partir de http://www.xarxaambiental.es/media/files/22.06.2009-ponencias/60412-Herramientas%20informaticas%20para%20Ecodise%C3%B1o.pdf

Jovane, F., Yoshikawa, H., Alting, L., Boer, C., Westkamper, E., Williams, D., Tseng, M., et al. (2008). The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, *57*(2), 641-659. doi:10.1016/j.cirp.2008.09.010

Justel, D. (2008). *Metodología para la eco-innovación en el diseño para desensamblado de productos industriales.* Universitat Jaume, Castellon, España. Recuperado a partir de http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UJI/AVAILABLE/TDX-1203109-091101//justel.pdf

Klassen, R., & McLaughlin, C. (1996). The Impact of Environmental Management on Firm Performance. *Management Science*, *42*(8), 1199 - 1214.

Kumar, D. (2009). *Six Sigmas, Las mejores prácticas*. Panamericana.

La Vina, A. G. M., Hoff, G., & DeRose, A. M. (2003). The Outcomes of Johannesburg: Assessing the World Summit on Sustainable Development. *SAIS Review*, *23*(1), 53-70. doi:10.1353/sais.2003.0022

Lefcovich, M. (2009). *Preguntas y respuestas sobre Seis Sigma*. El Cid Editor.

Lélé, S. (1991). Sustainable development: A critical review. *World Development*, *19*(6), 607-621. doi:10.1016/0305-750X(91)90197-P

Malhotra, N. (2004). *Investigación de Mercados, un enfoque aplicado* (Pearson Educación.). Mexico.

Martín, A., & Santamaría, J. M. (2004). *Diccionario terminológico de contaminación ambiental*. , , España: EUNSA. Recuperado a partir de http://site.ebrary.com/lib/unalbogsp/docDetail.action?docID=10050298

Mingers, J., & Brocklesby, J. (1997). Multimethodology: Towards a framework for mixing methodologies. *Omega*, *25*(5), 489-509. doi:10.1016/S0305-0483(97)00018-2

Morales Macedo, J. A. (2007). *Aplicación de la metodología Seis Sigma, en la mejora del desempeño en el consumo de Combustible de un vehiculo en las condiciones de uso del mismo*. Universidad Iberoamericana, México. Recuperado a partir de http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014873/014873.pdf

Nakao, Y., Amano, A., Matsumura, K., Gemba, K., & Nakano, M. (2007). Relationship between environmental performance and financial performance: an empirical analysis of Japanese corporations. *Business Strategy and the Environment*, *16*(2), 106 - 118.

Neri, K. (2005). *Valoración objetiva del pilling en tejidos de calada por análisis de imagen*. Instituto Politecnico Nacional, Mexico.

Nishitani, K., Kaneko, S., Fujii, H., & Komatsu, S. (2011). Effects of the reduction of pollution emissions on the economic performance offirms: an empirical analysis focusing on demand and productivity. *Journal of Cleaner Production*, *19*, 1956 - 1964.

OCDE, & EUROESTAT. (2005). Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación.

Ogalla Segura, F. (2006). *Sistema de gestión: una guía práctica*. España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado a partir de http://site.ebrary.com/lib/unalbogsp/docDetail.action?docID=10135784
Pardo, C. I. (2008). *Los Sistemas y las Auditorías en Gestión Integral*. Bogotá: Universidad de la Salle.

PE Int. (2011). GaBi Software: GaBi Software. Recuperado Marzo 22, 2011, a partir de http://www.gabi-software.com/index.php?id=85&L=14&redirect=1

PE INTERNATIONAL. (2007). *GaBi 4*. PE INTERNATIONAL GmbH.

Peng, J.-T. (2010). Agro-Waste for Cultivation of Edible Mushrooms in Taiwan. *Food & Fertilizer Technology Center*, 1-7.

Porter, M., & van der Linde. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review*, *73*(5), 120 - 134.

PRE. (2011). Eco-indicator 99 impact assessment method for LCA | PRé Consultants. Recuperado Marzo 15, 2011, a partir de http://www.pre.nl/content/eco-indicator-99

Quijano, A. (2009). *Trabajo de sistemas de investigación de mercados*. Argentina: El Cid Editor.

Rieple, A., & Singh, R. (2010). A value chain analysis of the organic cotton industry: The case of UK retailersand Indian suppliers. *Ecological Economics*, *69*, 2292–2302.

Romero Larrahondo, P. A. (2011). *Gestión Integrada en Mipymes, Fundamentos y estructura general.* Universidad Piloto de Colombia.

Russo, M., & Fouts, P. (1997). A resource-based perspective on corporate environmentalperformance and profitability. *Academy of Management Journal*, *40*(3), 534 - 559.

Saravanan, C. G., Sendilvelan, S., Arul, S., & Raj, C. S. (2009). Bio Gas from Textile Cotton Waste - An Alternate Fuel for Diesel Engines. *The Open Waste Management Journal*, *2*(1), 1-5. doi:10.2174/1876400200902010001

SBA, S. B. A. (2002). Ecomapping. SBA.

Shen, L., Worrell, E., & Patel, M. K. (2010). Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres. *Resources, Conservation and Recycling*, *55*(2), 260-274. doi:10.1016/j.resconrec.2010.10.001

Textile Exchange. (2010). 2010 Global market report. Textile Exchange.

Thomas, A. (2001). Corporate environmental policy and abnormal stock price returns: an empirical investigation. *Business Strategy and the Environment*, *10*(3), 125 - 134.

UNEP. (2008). UNEP DTIE SCP Branch: Resource Efficient and Cleaner Production. Recuperado Enero 30, 2011, a partir de http://www.unep.fr/scp/cp/

UNIDO. (2008). unido.org: Resource Efficient and Cleaner Production. Recuperado Enero 30, 2011, a partir de http://www.unido.org/index.php?id=o5153

Vogler, J. (1981). *Work from Waste: Recycling Wastes to Create Employment* (illustrated edition.). ITDG Publishing.

Wang, Y. (2006). *Recycling in Textiles* (Woodhead Publishing., Vol. 1).

WBCSD. (2010, Febrero). Visión 2050. The new agenda for business.

WBCSD. (2011). World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) History. Recuperado Febrero 22, 2011, a partir de http://www.wbcsd.org/templates/TemplateWBCSD2/layout.asp?type=p&MenuId=NDEx&doOpen=1&ClickMenu=LeftMenu

WFN. (2011). Waterfootprint.org: Water footprint and virtual water. Recuperado Septiembre 12, 2011, a partir de http://www.waterfootprint.org/?page=files/home

Wieszała, R., & Gajdzik, B. (2010). THE EFFECTIVENESS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN A METALLURGICAL COMPANY'S SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *Metalurgija*, *49*(4), 353-356. doi:Article

Zaragoza, J. (2004). *Influencia de la estructura de las telas no tejidas sobre las propiedades de barrera de los componentes termofijados de confección*. Instituto Politecnico Nacional, Mexico.

Zeng, S. X., Meng, X. H., Yin, H. T., Tam, C. M., & Sun, L. (2010). Impact of cleaner production on business performance. *Journal of Cleaner Production*, *18*(10-11), 975-983. doi:10.1016/j.jclepro.2010.02.019

Anexo 1: Comisiones antes de Río

1. ***Brandt Report* (1980):**

   La ONU creó la Comisión *Brandt* para analizar las problemáticas del norte-sur, de lo anterior apareció el Programa para la sobrevivencia y crisis común (*Informe norte-sur* o *Brandt Report*, 1980) que propone medidas para ofrecer nuevos objetivos para las relaciones internacionales, la economía mundial y los países en desarrollo. Los objetivos incluyen al medio ambiente globalmente como herencia a ser preservada bajo cooperación internacional, también plantea que el principal problema para el lento crecimiento del sur es el proteccionismo del norte, pero también el proteccionismo de los del sur provoca el estancamiento en el norte porque restringe sus mercados, plantean como solución abrir todas las economías (Foladori & Pierri, 2001).

2. **La Estrategia Mundial de Conservación (EMC): conservacionismo y crecimiento.**

   El término desarrollo sostenible se reconoció mucho en 1980, cuando la UICN presentó la Estrategia Mundial de Conservación (EMC), anunciándolo como objetivo a ser logrado a través de la conservación de los recursos naturales (Lélé, 1991) La UICN preparo la EMC con fondos del PNUMA y el *World Wildlife Fund* (WWF) publicado en 1980, es interpretada como la terminación de más de dos décadas de pensamiento conservacionista, particularmente de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), sobre cómo ampliar la conservación de la naturaleza a escala global, ofreciendo para ello un marco conceptual y una guía práctica.

   La EMC se dirigía a los gobernantes como una guía de manejo de los recursos, identificando objetivos que se colocaron en una lista de prioridades, según su importancia, urgencia, e irreversibilidad, después de lo anterior se discutían las prioridades para la acción nacional de los gobiernos y las ONG, a los efectos de que afectaran los objetivos de desarrollo (Foladori & Pierri, 2001).

3. **Brundtland (1987)**

   La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) fue creado en 1983, de su trabajo surgió el documento conocido como "Nuestro futuro común" (o Informe Brundtland), después de ser examinado por el Consejo Directivo del PNUMA, fue consideradó y aprobado por la Asamblea General de la ONU en 1987.

   Brundtland tiene como idea central que el desarrollo y el medio ambiente no pueden ser separados:"Medio ambiente y desarrollo no constituyen desafíos separados; están inevitablemente interligados. El desarrollo no se mantiene si la base de recursos

ambientales se deteriora; el medio ambiente no puede ser protegido si el crecimiento no toma en cuenta las consecuencias de la destrucción ambiental" (Foladori & Pierri, 2001, pág. 60)(Brundtland, 1987).

El desarrollo sostenible es un llamado a cambiar las estrategias aplicadas en materia de políticas de desarrollo como ambientales, se le entiende como un gran cambio necesario para mantener el objetivo último de la estabilidad social, algo así como cambiar el funcionamiento del sistema para mantenerlo. Establece los lazos entre pobreza y medio ambiente en una visión circular donde la pobreza es también la causa como efecto de los problemas ambientales globales (Foladori & Pierri, 2001).

La consecuencia del anterior razonamiento es la necesidad de crecimiento económico, tanto para disminuir la pobreza como para posibilitar las inversiones en nuevas tecnologías, ambos como medios para contener o revertir los problemas ambientales; complementando, recomienda políticas poblacionales que reduzcan el crecimiento demográfico, aunque reconoce que la pobreza es la causa principal de éste. Brundtland considera que los límites para el crecimiento no son sólo físicos, sino también sociales y técnicos pero que se pueden superar (Foladori & Pierri, 2001).

Según Naína Pierri: "La importancia de Brundtland es múltiple: por un lado, recupera el espíritu de Estocolmo, que se había ido apagando en los años posteriores. Eso, si bien había sido intentado antes por la EMC, Brundtland lo consigue mucho más en tanto se origina y se asume en la Asamblea General de la ONU y no en los ámbitos restrictos y especializados del PNUMA o la UICN. En segundo lugar, ubica elementos del desarrollo sostenible en el contexto económico y político del desarrollo internacional, e instala definitivamente los aspectos ambientales en la agenda política mundial" (Foladori & Pierri, 2001, pág. 63) y agrega "Brundtland puede entenderse como la instancia que hace hegemónica la concepción del ambientalismo moderado a nivel político general, desde las organizaciones internacionales, los gobiernos y las empresas (abriendo decididamente las puertas para la gestión ambiental en cada uno de esos ámbitos), hasta la población en general, pasando por el propio ambientalismo. Su aceptación universal no supuso la desaparición de diferentes intereses e interpretaciones, pero puso a todos bajo el mismo techo, siendo una conquista ideológica que debilitó el papel relativamente oponente del ecologismo consagrando una alianza con el conservacionismo, al que subordina haciéndolo funcional a los objetivos del desarrollo" (Foladori & Pierri, 2001, pág. 65).

Anexo 2: Río 1992 y Johannesburgo 2002

Río 1992:

En la conferencia de Río se aceptaría el término desarrollo sostenible a nivel mundial, mediante compromisos jurídicamente vinculantes entre los gobiernos, con identificación de plazos y recursos financieros para implementar las estrategias definidas. Se aprobaron cinco documentos principales: la "Declaración de Río sobre medio ambiente"; la "Agenda XXI", la "Convención marco sobre cambios climáticos"; la "Convención sobre diversidad biológica", y la "Declaración de principios sobre el manejo, conservación y desarrollo sostenible de todos los tipos de bosques".

Gobiernos de mucho peso (entre ellos, Estados Unidos) dejaron sin fondos, las medidas que se pretendían aprobar, por ejemplo, instituciones como el Banco Mundial adjudicándole la gestión de los fondos especiales destinados para el ambiente; dejando relegados temas como el de la deuda externa de los países pobres, los desechos tóxicos y la energía nuclear. También se dejo en el aire el libre comercio, la deuda ecológica del Primer Mundo con el Tercer, y las empresas transnacionales, que son responsables del 80 por ciento del comercio internacional (Foladori & Pierri, 2001).

Los países desarrollados, salvo excepciones, defendieron su libertad de agredir el ambiente y manifestaron no estar dispuestos a pagar por los daños que ya produjeron, tanto a nivel global como en los países pobres. Este contraste entre las expectativas puestas en Río 1992 y los resultados reales mostraron los límites para construir la sostenibilidad, mostrando a lo que no están dispuestos a hacer los países más ricos y fuertes (Foladori & Pierri, 2001).

Johannesburgo 2002:

Se pueden catalogar siete principales éxitos presentados en el articulo "*The Outcomes of Johannesburg: Assessing the World Summit on Sustainable Development*" para la cumbre de Johannesburgo: una meta de saneamiento, la aceptación de la necesidad de desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, la reafirmación del principio de acceso a la información, la participación y la justicia, la puesta en marcha de algunas iniciativas y asociaciones claves en el desarrollo sostenible, el reconocimiento de la gente de las comunidades indígenas y sus derechos, la importancia de la ética y la promoción de una mayor responsabilidad corporativa y rendición de cuentas (La Vina, Hoff, & DeRose, 2003).

Así como existieron temas exitosos, también aparecieron cinco temas descritos en el artículo mencionado, en los que se podría decir que fracasaron las delegaciones en la cumbre: la inadecuada consecución de las metas con plazos determinados, las Energías Renovables, el Cambio Climático, los Principios de Río y Gobernar la globalización (La Vina et al., 2003).

Éxitos Johannesburgo 2002:

- Una meta de saneamiento: El más importante de los éxitos de la Cumbre de Johannesburgo, ya que es la más concreta, fue la aprobación de una nueva meta de saneamiento básico de reducir a la mitad la proporción de personas que no pueden llegar o acceder a agua potable o sin acceso a saneamiento básico para 2015.

- Desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente: El plan de implementación alienta y promueve el desarrollo de un marco decenal de programas de apoyo a las iniciativas regionales y nacionales para acelerar el cambio hacia un consumo y producción sostenibles y promover el desarrollo dentro de la capacidad de los ecosistemas.

- Acceso a la información, la participación y la justicia: El plan de aplicación de los gobiernos se comprometen a garantizar el acceso a nivel nacional a la información ambiental y las actuaciones judiciales y administrativas en materia de medio ambiente, así como la participación pública en la toma de decisiones.

- Asociaciones e iniciativas: se alentaron dos tipos de compromisos. Los compromisos tipo I se refieren a acuerdos políticos o legales entre todos los gobiernos, negociados a través del proceso intergubernamental y consolidado en el Plan de Aplicación. Por otro lado, los compromisos tipo II son asociaciones voluntarias para instrumentar el desarrollo sostenible entre gobiernos, organizaciones ambientales o de desarrollo, industria y otras entidades.

- Reconocimiento de la gente de las comunidades indígenas y sus derechos: El plan de aplicación da un reconocimiento del manejo comunitario de los recursos naturales, incluida la reafirmación del papel vital de los pueblos indígenas en el desarrollo sostenible. Ayudarían en la gestión forestal, las energías renovables, la mitigación del impacto de los desastres, la biodiversidad, la minería y el turismo.

- Importancia de la ética: es la primera vez que se hace una referencia explícita a principios éticos en cualquier documento oficial sobre medio ambiente y/o desarrollo. Brinda apoyo para quienes consideran que no es posible tratar adecuadamente temas del medio ambiente y desarrollo solamente si los gobiernos, sociedades y comunidades reconocen el papel trascendental que las normas éticas desempeñan en la toma de decisiones.

- La responsabilidad corporativa y rendición de cuentas: la decisión de fomentar la responsabilidad y rendición de cuentas de las empresas, basado en los principios de Río, a través del desarrollo completo y la ejecución eficaz de acuerdos y medidas intergubernamentales.

Fracasos Johannesburgo 2002:

- Inadecuada consecución de las metas con plazos determinados: los plazos que se concordaron en la cumbre fueron muy flexibles, además el plan de aplicación es un documento político que no compromete a los gobiernos, de manera legal, para cumplir sus metas.

- Energías Renovables: las negociaciones no alcanzaron un acuerdo sobre objetivos limitados en el tiempo para aumentar la cuota de energía renovable mundial.

- Cambio Climático: los negociadores en la Cumbre tuvieron la oportunidad de dar un paso adelante importante pero no llegaron a avances concretos.

- Los Principios de Río: se cambió el plan que comprometía y obligaba por un documento lleno de opciones voluntarias y elecciones, y que dejo a un lado los principios enunciados en la Declaración de Río.

- Gobernar la globalización: La incapacidad de los gobiernos para ponerse de acuerdo sobre la reforma del sistema actual de gobernanza mundial del medio ambiente o de garantizar una financiación eficaz del desarrollo sostenible, lo anterior, hace que la responsabilidad significativa sobre estos problemas sea poco probable.

Anexo 3: Herramientas del RECP

Clasificación Herramientas: Figura No. 42 muestra la clasificación de las herramientas

Figura No. 42: Clasificación herramientas RECP

Según su función:

Se basa en el objetivo que se busca alcanzar como: apoyo a la gestión empresarial, diagnostico ambiental de los procesos y productos, priorización de temas y mejoramiento de los productos o procesos. Se divide en cuatro grupos:

- Herramientas de diagnostico: identifican y cuantifican las partes del proceso o del ciclo de vida del producto que afectan al ambiente, por ejemplo el eco-balance.
- Herramientas de planeación: especifican procedimientos o rutinas para el desarrollo de estrategias empresariales como la PML, por ejemplo le Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) o los eco-indicadores.
- Herramientas de priorización: proporcionan una estructura con criterios definidos para la evaluación y priorización de problemas ambientales, por ejemplo los costos de ineficiencia.
- Herramientas de mejora: facilita la determinación de opciones de mejora de productos, procesos y ciclos de vida de productos, por ejemplo las buenas prácticas de manufactura o el eco-diseño.

Según el tema de análisis:

Se puede dividir en cinco grupos sobre el tema de análisis que tratan:

- Herramientas enfocadas hacia el entorno: analizan el efecto de la actividad de la empresa sobre su entorno, no se analiza el desempeño, por ejemplo al análisis de riegos o el análisis de impactos ambientales.
- Herramientas enfocadas en la entidad como un todo: Analizan toda la organización obteniendo información general sobre su desempeño ambiental, por ejemplo las auditorías ambientales o los indicadores de desempeño.
- Herramientas enfocadas a la cadena de producción: estudian un producto durante alguna parte o la totalidad de la cadena de producción, por ejemplo el análisis de flujos o el análisis de ciclo de vida.
- Herramientas enfocadas en el proceso: Analizan las unidades físicas de producción, cuantificando los impactos ambientales que generan, por ejemplo el eco-balance o los diagramas de proceso.
- Herramientas enfocadas en el producto: identifican las entradas y salidas tanto de materiales como de energía, en una unidad funcional, por ejemplo análisis de ciclo de vida o las guías de eco-diseño.

Según el tipo de resultados:

Se basan en el tipo de resultados arrojados por las herramientas y se dividen en dos:

- Herramientas cuantitativas: cuantifican los impactos de un producto o proceso, en las que se pueden dividir en absolutos (indicadores de contaminación, utilización de energía, etc.) y relativos comparando el desempeño ambiental de la unidad de análisis o con el desempeño ambiental general de la empresa.
- Herramientas cuantitativas: identifican los impactos pero no los cuantifican, por ejemplo la EIA.

Fuente: (Hoof et al., 2008).

Revisión inicial ambiental (RIA) ISO 14004:

Es la herramienta donde comienza la planeación para el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para una mejora continua, en otras palabras es la imagen de desempeño ambiental de la empresa actualmente, el objetivo es considerar los aspectos ambientales de las actividades, productos o servicios de la organización, los resultados se pueden usar para ayudar a la organización a establecer el alcance de su Sistema de Gestión Ambiental (ISO, 2004).

La RIA debe abarcar cuatro áreas fundamentales (ISO, 2004):

- La identificación de los aspectos ambientales.
- Identificación requisitos legales.
- Examen de las prácticas y procedimiento de gestión ambiental existentes.

- La evaluación de situaciones de emergencia y accidentes previos.

Ecomapa:

Ecomapa es una herramienta que ayuda a las empresas en la gestión del medio ambiente. Esta herramienta es visual y práctica, ayuda a analizar y gestionar el impacto del ambiental. El objetivo del Ecomapa es hacer un mapa de sitio de la organización para crear un entendimiento de la situación actual del medio ambiente de una organización (Ecomapping, 2011).

Ecomapa es un proceso que ayuda a definir y priorizar los problemas ambientales, Una vez completado, Ecomapa sirve como base para un sistema de gestión ambiental, Ecomapa tiene varias funciones (Ecomapping, 2011):

- Inventario de prácticas y problemas ambientales.
- Método sistemático para llevar a cabo una revisión ambiental en el lugar y auditoría.
- Herramienta que permite la participación de los empleados.
- Apoyo a la formación y sensibilización, comunicación interna y externa.
- Documentar y dar seguimiento de las mejoras del medio ambiente.
- Catálogo inmediato de las acciones positivas.

Ecobalances:

El objetivo de esta herramienta es recopilar y organizar datos para evaluar estrategias de PML, reducción de costos y administración ambiental y financiera, este método reporta los flujos hacia el interior y el exterior de los recursos, materias primas, energía, productos, subproductos y residuos. Se tienen que tomar cada uno de los procesos u operaciones unitarias del ciclo productivo de la compañía, determinando qué es lo que entra y lo qué sale de la misma, con el fin de evaluar los aspectos ambientales de los materiales y la energía utilizada en el proceso (Hoof et al., 2008).

Análisis de flujo de sustancias:

Representa gráficamente cada uno de los pasos de un proceso productivo, desde la entrada de materia prima, su transformación y el producto final, se analiza cada una de las sustancias participantes para diagnosticar y analizar su impacto ambiental, para su implementación se deben seguir cuatro pasos (Hoof et al., 2008):

- Definir las sustancias que intervienen en el proceso.
- Definición del sistema donde se analizara la sustancia.
- Determinar las fuentes de información y recopilar los datos en un diagrama de flujo.
- Interpretación, identificando puntos críticos y susceptibles a mejoras.

Buenas prácticas de manufactura (BPM)

Se pueden definir como un conjunto de medidas enfocadas a la adecuada gestión y organización de la empresa con el objetivo de crear medidas para la entidad que optimicen los recursos humanos, y materiales para disminuir residuos y emisiones, las BPM son medidas de carácter preventivo que buscan acabar los problemas con medidas sencillas y económicas, sin recurrir a tecnologías que no puedan ser financiadas, van muy acordes a la PML ya que ayuda a no implementar soluciones "fin de tubo" (Hoof et al., 2008).

Al implementar BPM se podrá observar mayor productividad, disminución de costos, disminución de riesgos ocupacionales, un mejor desempeño ambiental, etc. Las BPM se pueden utilizar para optimizar los diversos procesos de la empresa o en el uso eficiente de recursos (agua, materia prima, energía), el objetivo es la aplicación de técnicas de ahorro de insumos, lo anterior se puede aplicar en todo el ciclo productico que es (Hoof et al., 2008):

- Gestión de proveedores: no es visible pero una buena selección de materias primas e insumos pueden dar mayor vida útil a las máquinas o una mejor calidad de producto.
- Gestión del almacenamiento: que las materias primas no sufran daños por su mala ubicación o manejo y que tengan una rotación eficiente.
- Alimentación (Transporte de materias primas): transporte sin producir residuos o maltrato de la materia prima.
- Proceso productivo: generalmente la etapa más importante, las mejoras se producen dependiendo de las características del proceso.
- Manejo de residuos: eliminación, reducción, reciclaje o recuperación pueden generar una mejor calidad ambiental con beneficios económicos.

Análisis de riesgo (AR)

El objetivo de esta herramienta es analizar la alta o la baja probabilidad de efectos indeseables sobre el ambiente, posee una visión probabilística de los efectos, los principales son riesgos a la salud humana o sobre el ecosistema de una región, la herramienta permite identificar y evaluar los problemas ambientales y de salud generados por la actividad de la empresa, para realizar el análisis de riesgos se deben seguir cuatro pasos (Hoof et al., 2008):

- Identificar los riesgos: Realizar un listado de los factores de riesgo.
- Evaluar los riesgos: Se estima la cantidad y probabilidad que se produzca una afectación a la salud humana y el medio ambiente.
- Determinar la importancia de los riesgos: se determina qué nivel de riesgo es aceptable, se puede apoyar en un análisis de percepción de riesgo o un análisis costo/beneficio.
- Comunicación: Los actores deben conocer los niveles de riesgo para la salud y el ambiente, para poder controlar y manejar esos riesgos.

Auditorías ambientales (ISO 19011):

La función es revisar todos los procesos involucrados en la empresa para optimizar estos mismos, específicamente en el área ambiental con conducta ética, presentación ecuánime y debido cuidado profesional, evaluando de forma documentada, periódica y objetiva la efectividad del SGA y de los procedimientos, el objetivo es verificar que la empresa cumple con la regulación ambiental y está dentro de los estándares y las políticas que se ha impuesto (ISO, 2002).

La auditoría debe recolectar información ambiental, evaluar esta información y establecer conclusiones donde se pueden incluir recomendaciones de mejoras, la auditoria se centra en identificar los principales problemas para que la empresa tenga un mejor desempeño (ISO, 2002).

Eco-indicadores:

Los Eco-indicadores son números que expresan el impacto ambiental total de un proceso o producto. Con un software de LCA apropiado, es posible calcular indicadores opcionales, esos indicadores pueden ser usados por cualquier gestor de productos para analizar las cargas ambientales de determinados productos durante su ciclo de vida (PRE, 2011).

Costos de ineficiencia:

Esta herramienta busca la eficiencia, relacionándola con los modelos de contabilidad empresarial (relación beneficios y costos), por tal motivo se busca la eficiencia en la minimización de los costos y la maximización de los beneficios. Las ineficiencias se pueden observar en los costos relacionados con el manejo ambiental (generación de desperdicios, recolección, almacenamiento y disposición), los costos de no calidad (perdidas de materia prima) y los de aprovechamiento de recursos (productos que no cumplen estándares de calidad "ventas no realizadas"). Con el sistema de costeo tradicional, los costos de ineficiencia no se visualizan, se encuentran escondidos en otros rubros (costo de materias primas desperdiciadas se incluye en materia prima requerida para la producción) lo cual implica que estas no sean tenidas en cuenta en los procesos de planeación, control y mejoramiento continuo (Hoof et al., 2008).

- **Contabilidad Ambiental:**
  La contabilidad ambiental define los costos ambientales, ya sean actuales, futuros o potenciales, dependiendo del objetivo de la empresa como quiera utilizar esa información como por ejemplo (Hoof et al., 2008):

  - Identificar costos ambientales dentro de los costos generales para reducirlos.
  - Cuantificar los ingresos por parte de la venta de residuos por el manejo ambiental.
  - Cuantificar los costos y beneficios de riesgos de manejo ambiental.
  - Aproximar los costos reales de los productos o procesos con costos ambientales
  - Mostrar ventaja competitiva al producir productos menos contaminantes.

De tal forma se definen distintas categorías de costos ambientales: Costos ambientales convencionales (uso excesivo de materias primas), Costos ambientales potencialmente escondidos (manejo de residuos, licencias ambientales, desperdicios), Costos de contingencia ambiental (riesgo ambiental a futuro), Costos de imagen y relaciones ambientales (imagen ambiental de la compañía) y Costos ambientales sociales (costos de la empresa causados al medio ambiente y la sociedad) (Hoof et al., 2008).

- **Costos relacionados con la no calidad:**
  Se consideran estos, producto de las pérdidas en la producción de un bien (Hoof et al., 2008):

  - Pérdida en materia prima: Gasto de materia prima no convertida en producto.
  - Pérdida en hora/maquina: Gasto de hora/maquina en la transformación de materia prima no convertida en producto (gastos de energía e insumos).
  - Pérdida en mano de obra operativa: Gastos de operarios produciendo desperdicio.
  - Pérdidas de ingresos potenciales por aprovechamiento del materia/producto desperdiciado: se pierde el valor del producto final.

- **Costos relacionados con el manejo ambiental de los desperdicios:**
  Costos relacionados al transporte, almacenamiento, manejo, etc. De los desperdicios (Hoof et al., 2008):

  - Gasto en mano de obra dedicada al manejo de desperdicios.
  - Gasto de recolección del desperdicio (transporte y mano de obra).
  - Gasto de la disposición de los desperdicios (pagos a un consorcio, espacio).
  - Gastos en infraestructura para el tratamiento especial de los desperdicios (plantas de tratamiento, incineradores).
  - Gasto de caracterización de los desperdicios (separación).
  - Gasto en administración asociada a los desperdicios (supervisión, permisos).
  - Pérdidas asociadas al daño en imagen y competitividad de la empresa por mal manejo o generación excesiva de desperdicios.

Anexo 4: Seis Sigma como medida estadística de control

Sigma representa la desviación estándar, es la variación existente en un conjunto de datos, en nuestro caso corresponden a artículos o procesos. En la grafica Normal se tienen dos variables fundamentales, el valor medio (μ) y la desviación típica (σ). Si la campana se hace pequeña implica que hay una menor dispersión; mientras que al aumentar el nivel de dispersión (σ) la campana se ensancha.

Estableciendo los Límites de Tolerancia Superior e Inferior en función a las especificaciones del producto o servicio, se verifican los resultados de las mediciones efectuadas para observar si se encuentran dentro de dichos límites, de ser así se dirá que el proceso, producto o servicio es conforme o de calidad. Sí además esa magnitud que se inspecciona es una variable aleatoria que tiene una distribución de probabilidad normal que se encuentra centrada, implicará que el valor medio coincide o es igual que el VCO (valor central objetivo), dándose un nivel de dispersión (σ) que hace factible que quepan 12 dentro del intervalo definido por los límites de tolerancia (LTS - límite de tolerancia superior; LTI – límite de tolerancia inferior). Por lo anterior expuesto, habría un 0,0000002 por ciento, o lo que es igual, menos de 0,002 dpm (defectos por millón) de productos fabricados (Lefcovich, 2009).

A un nivel de 99,99966 por ciento de productos conformes, equivalentes a un nivel de defectos de 3,4 dpm, se le denomina un nivel de calidad Seis Sigma (σ). Es decir, que los límites de tolerancia superior e inferior contienen 12 de una distribución normal cuyo valor medio está descentrado respecto al valor objetivo en 1,5 (Lefcovich, 2009).

Anexo 5: Ciclo Deming

Enfoque por Procesos

Para explicar el ciclo PHVA es necesario explicar el enfoque por procesos que es el conjunto de actividades relacionadas en las que empleando recursos, transforman elementos de entrada en resultados (salidas); tanto los elementos de entrada y de salida pueden ser tangibles o intangibles (Pardo, 2008). Un proceso no es simplemente una secuencia de actividades sino de eventos que generan una prestación completa y medible, por tal motivo el proceso debe contener lo siguiente (Pardo, 2008):

- Asignación del proceso: tiene una finalidad y un objetivo, asignados con una responsabilidad.
- Contenido del proceso: entre la entrada y la salida existen actividades formuladas de formas general o detallada.
- Magnitudes de medición en el proceso: medición del desempeño para determinar el éxito del proceso.
- Mejora: cómo y con qué periodicidad se verifica y se mejora la efectividad del proceso.

Planear:

Se establecen objetivos y metas para la empresa y se desarrolla una metodología para alcanzarlos, desarrollando esta fase es necesario determinar la situación actual de la empresa y hacia donde se quiere ir, se logra siguiendo tres pasos:

- Revisión ambiental inicial: se debe evaluar la condición ambiental de la organización, identificando y evaluando temas e inquietudes ambientales en la operación de la empresa, analizar prácticas y procedimientos de manejo existentes, determinar accidentes ambientales, incidentes, multas en los que incurrió la empresa.

- Política ambiental: En esta parte es necesario el compromiso de los ejecutivos de la empresa para realizar un manejo ambiental adecuado, en otras palabras, es una declaración pública de compromiso, ojala a largo plazo.

- Plan de acción ambiental: se determina, desarrolla e implementa las acciones y estrategias de un SGA, apoyando con los recursos necesarios para cumplir las metas.

Hacer:

Se implementa el plan y se realizan las acciones para alcanzar las metas, también hay que tener en cuenta tres elementos clave:

- Definir responsabilidades y procedimientos: son definidos por las personas a cargo de la implementación, debe incluir al gerente principal o coordinador ambiental como al resto de la organización para que sea de una manera participativa. Para que las responsabilidades sean bien aceptadas se tienen que evitar vacios, capacitar a al personal, aclarar la autoridad o jerarquías, disminuir el compromiso hacia una sola persona, etc.

- Definición de procedimientos ambientales: los procedimientos deben quedar por escritos para que sean asequibles por los trabajadores, al igual que actualizarlos o corregirlos continuamente si es necesario, lo anterior permite reducir los impactos ambientales, preparar a la empresa para posibles emergencias y controlar permanentemente la organización.

- Formación y capacitación: el personal debe estar capacitado para sus responsabilidades ambientales, es importante que se le provea información, concientización, conocimientos, comprensión y motivación para que el trabajador acepte con agrado y completamente la capacitación. También en este proceso se incluye a los contratistas para evitar imprevistos.

Verificar:

Se estudian las acciones realizadas para determinar su efectividad y eficiencia, se comparan los resultados obtenidos con los esperados, esto con el objetivo de medir el desempeño de la empresa, los elementos que se utilizan para realizar la revisión son los siguientes:

- Auditorías del SGA para revisar su implementación: se encuentra relacionada con la norma ISO 14011 que define la auditoría en SGA, con el objetivo de evaluar el buen desarrollo del SGA de la organización y comunicar los resultados.

- Registros sobre emisiones ambientales, desechos y desempeño: Es importante ya que es el punto donde se mide el cumplimiento de los objetivos y metas desarrollados en el plan.

- Acciones correctivas y preventivas: son necesarias cuando el SGA ha fracasado o no se alcanzan los resultados esperados, el objetivo es recobrar el control, mitigar las consecuencias e investigar la fuente del incumplimiento para que no se repita.

Actuar:

Se corrigen las deficiencias y limitaciones, también se puede adaptar las acciones a las nuevas condiciones de la organización, lo anterior se alcanza desarrollando revisiones periódicas al SGA para mejorar de manera continua el desempeño ambiental de la organización.

Anexo 6: Distintos Sistemas de Gestión Ambiental

- **Norma Británica: Especificaciones para los Sistemas de Gestión Medioambiental** (**BS 7750)** (BS 7750, 1992)**:**

  BS 7750 se publicó en marzo de 1992 como base de un Sistema de Gestión Ambienta, esta norma requiere un compromiso de mejora continua y cumplimiento de la legislación relevante como puntos principales. BS 7750 mantiene y estimula a las organizaciones para que desarrollen políticas, objetivos y métodos ambientales, así como procedimientos de control que minimicen sus efectos negativos. Al igual que la Norma ISO para la Gestión de la Calidad (Norma ISO 9000) que se desarrolló directamente de la BS 5750; la norma ISO 14001 y el EMAS se han desarrollado directamente de la BS 7750.

- **La serie ISO 14000:**

  Se constituye por normas que sirven de referencia a nivel mundial sobre administración, medición, evaluación y auditoría ambiental. Estas normas no imponen metas, solo aporta herramientas para analizar y controlar el impacto ambiental de las actividades, productos y servicios. La serie ISO 14000 puede desarrollarse por organizaciones de distinto tamaño o sector, teniendo en cuenta cinco elementos importantes:

  - Una política ambiental en la que se observe compromisos ambientales por parte de la organización.
  - Implementación y operación para alcanzar las metas y objetivos ambientales.
  - Monitoreo y medición de indicadores ambientales.
  - Revisión por parte de las directivas para apoyar la continuación del proyecto.
  - Mejoramiento continuo.

  Una organización se puede declarar que cumple los requisitos de la ISO 14001, sin embargo, para mejor reconocimiento y validez existen auditores certificados que realizan la certificación oficial a las organizaciones, con el fin de demostrar a sus clientes o proveedores que realmente cumplen con las normas.

  Los estándares ISO 14000 abarcan temas como: sistemas de manejo ambiental, auditorías ambientales, sellos y declaraciones ambientales, evaluación del desempeño ambiental y análisis de ciclo de vida.

  La norma ISO 14001 contiene elementos esenciales del sistema de gestión, basados en el ciclo PHVA (ISO, 2005b), la clave del éxito es entender que cada etapa tiene una serie de actividades macro que se deben trasladar de forma particular a cada uno de los procesos y

que la evaluación o los resultados generales del sistema dependerán de la aplicación correcta de cada etapa del ciclo de forma específica en los procesos (Pardo, 2008, pág. 27).

El alcance, la documentación y los recursos que se le asignen, dependerán del tamaño de cada organización y de la naturaleza de sus actividades e impactos ambientales. La norma ISO 14001 no define criterios específicos de desempeño ambiental sino que incluye actividades que pueden interactuar positiva o negativamente con el medio ambiente(Pardo, 2008, pág. 28).

Los beneficios más sobresalientes con la puesta en marcha de la ISO 14001 son: reducción de costos por desperdicios y ahorro en el consumo de energía y materiales, control del cumplimiento legal para evitar multas o posibles cierres de la empresa por autoridades ambientales. El objetivo principal es fomentar la protección ambiental y la prevención de la contaminación ambiental en consonancia con las necesidades socioeconómicas realizando las siguientes actividades (Pardo, 2008, pág. 28):

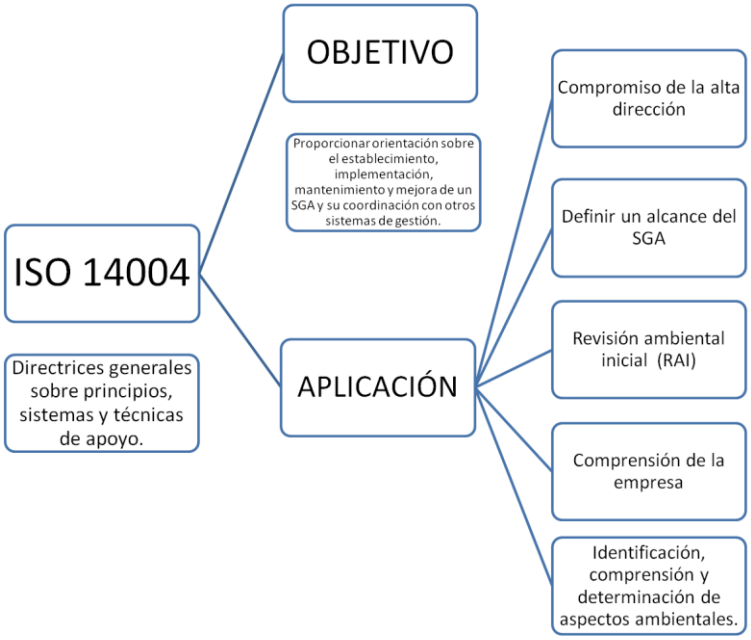
- Establecer y aplicar por parte de las organizaciones sistemas de gestión ambiental.
- Evaluar sistemática, objetiva y periódicamente el funcionamiento del sistema.
- Difusión sobre desempeño ambiental y diálogo abierto con el público y partes interesadas.
- Implicar de forma activa al personal de la organización, así como formación profesional y permanente.

- **Norma Ekoscan:**

Es la base para la certificación de tipo ISO 14000 o EMAS, o cualquier otro, especialmente para pequeñas y medianas empresas (PYMES) por la informalidad de los procesos internos, la capacidad de gestión de la producción, la calidad y la variable medioambiental es precaria. La certificación Ekoscan se desarrolla en el interior de las empresas para un mejor desempeño ambiental en forma simplificada (reducción de residuos, emisiones, vertimientos y optimización del uso de recursos).

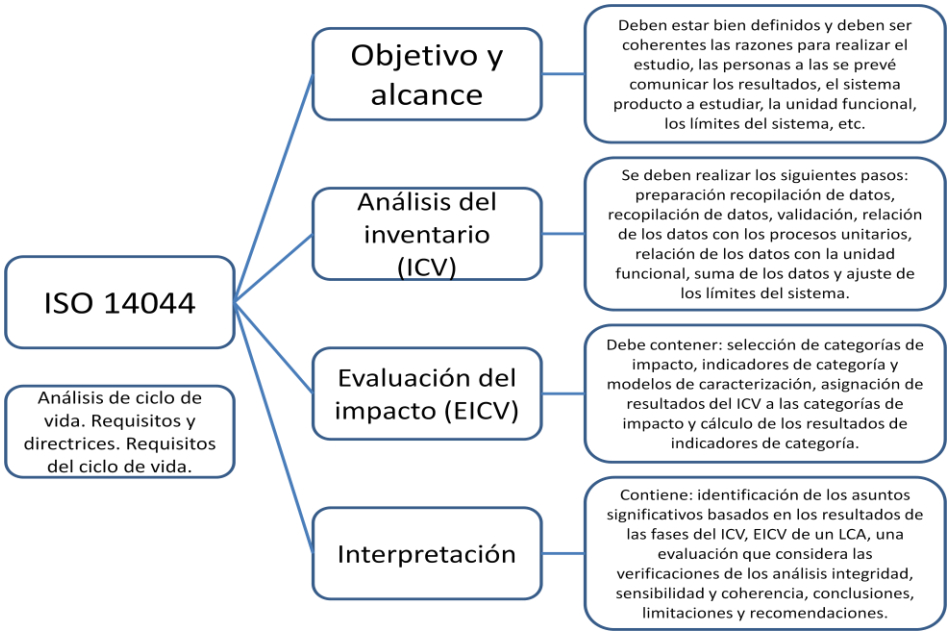
Debe existir un compromiso por parte de la gerencia y los trabajadores para solucionar sus problemas, un análisis técnico, económico y ambiental de las soluciones, definir un plan de mejoramiento y lograr el cumplimiento de la legislación ambiental.

Figura No. 43: Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo (Norma ISO 14004).



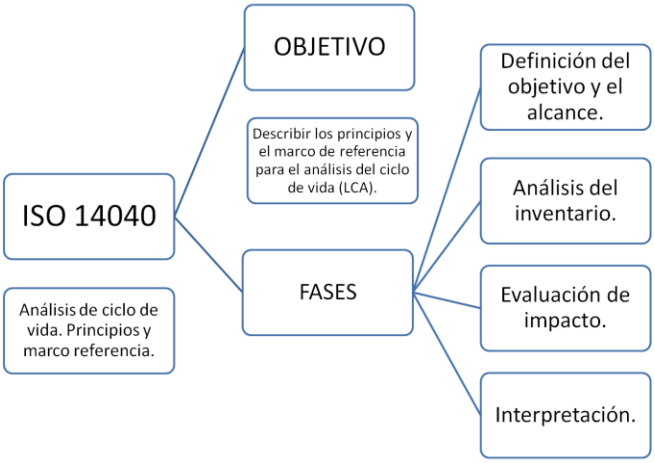
Fuente: (ISO, 2004).

Figura No. 44: Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. Requisitos del Ciclo de Vida (Norma ISO 14044).



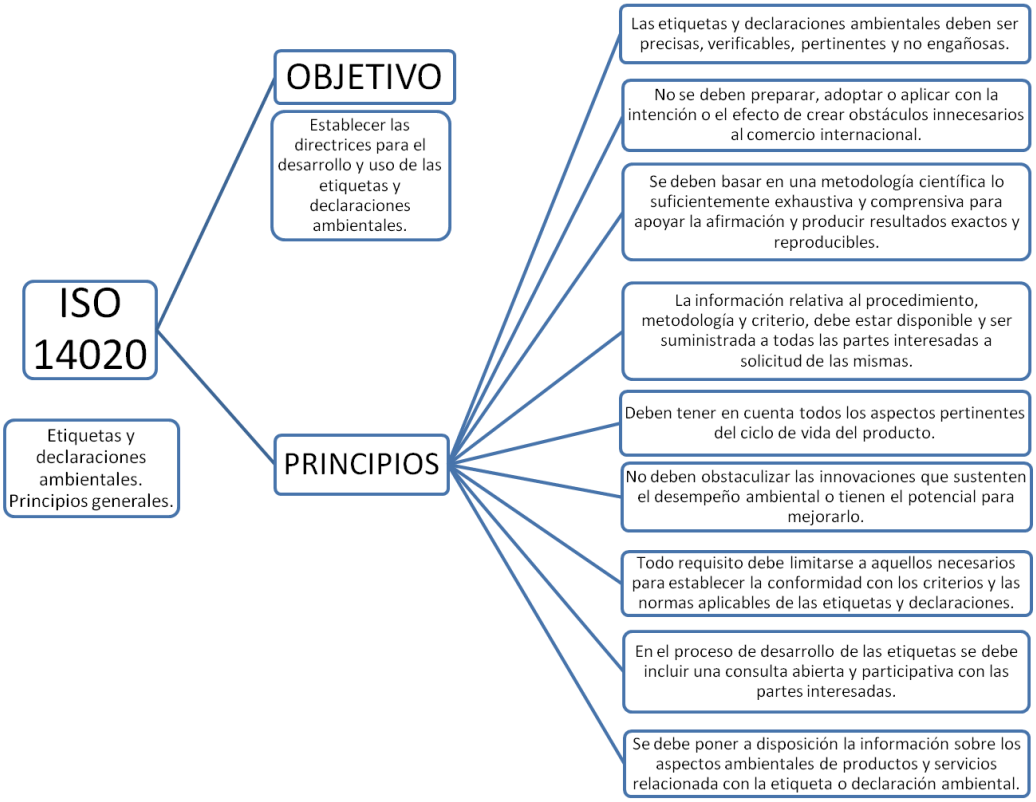
Fuente: (ISO, 2007b).

Figura No. 45: Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco referencia (Norma ISO 14040).



Fuente: (ISO, 2007a).

Figura No. 46: Etiquetas y declaraciones ambientales. Principios Generales (Norma ISO 14020).



Fuente: (ISO, 2003).

- **Responsabilidad Integral:**

  En 1984, el programa *Responsible Care* comenzó en el sector químico en Canadá, en 1994, la Asociación Nacional de Industriales (ANDI), la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (ACPLASTICOS) y el Consejo Colombiano de Seguridad (CSS), bajo el nombre de Responsabilidad Integral comenzó esta iniciativa en Colombia.

  Comenzó por la adopción de principios directivos del gremio, los cuales se integraron a los Códigos de Practicas Gerenciales para realizar seguimiento y autoevaluación del desempeño, intercambiando experiencias con asistencia mutua, las empresas desarrollaros un Sistema de Verificación y un Sistema de Indicadores de Desempeño.

  Los principios directivos hablan sobre la responsabilidad de las empresas con la comunidad sobre la contaminación en sus procesos de producción, por tal motivo deben realizar revisiones en las plantas, prevenir accidentes, conservar el medio ambiente y promover sus principios a otras empresas.

- **Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambiental (EMAS - *Eco-Management and Audit Scheme*):**

  Es un mecanismo voluntario desarrollado por la Unión Europea en 1993, para que las empresas evalúen, gestionen y mejoren su desempeño en materia ambiental, se enfoca en las necesidades de las partes interesadas de la empresa (comunidad, socios, gobierno, etc.) para que estén informadas del desempeño ambiental de la misma.

  Para implementar EMAS se necesitan seis etapas:

  - Análisis ambiental, que permita estudiar y evaluar el estado actual de la empresa.
  - Un SGA que puede ser del tipo ISO 14000.
  - Auditoría medioambiental interna.
  - Declaración medioambiental en la que informa a la comunidad sus avances o muestra los resultados obtenidos al cumplir sus objetivos ambientales.
  - Verificación independiente.
  - Registro, en un organismo competente de un Estado miembro.

Anexo 7: Requerimientos de un Sistema de Gestión Integral (en calidad ambiental, seguridad y salud ocupacional)

A continuación se dará a de acuerdo con lo que se explicó anteriormente, observando los requerimientos comunes y específicos de cada uno de los estándares internacionales.

Par cumplir con las norma ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, se debe tener en cuenta el enfoque por procesos y las necesidades de la organización, para que se puedan aplicar de forma sencilla y adecuada a la realidad de la empresa y a sus necesidades especificas, con el objetivo de alcanzar la certificación y un valor agregado (utilidades y mejor gestión).

ISO ha investigado y profundizado el tema, en el que se observa el primer resultado con la norma ISO 19001/2003, en el que se plantea un sistema de auditorías combinadas de sistemas de gestión de la calidad y ambiental, sin embargo en la Tabla No. 21 se puede observar las delimitaciones en las normas observando sus objetivos, partes interesadas y campos de aplicación.

Tabla No. 21: Delimitaciones de las normas

NORMA	OBJETIVOS	PARTES INTERESADAS	CAMPOS DE APLICACIÓN
ISO 9001	Aptitud de la organización para poner a disposición productos de calidad que satisfagan al cliente.	Organización, proveedores, producto ofrecido, requisitos y satisfacción del cliente.	La organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar en forma coherente productos y/o servicios que satisfagan los requisitos del cliente.
ISO 14001	Mantener la protección ambiental y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas.	Organización contaminación y/o impactos ambientales, evolución de las inquietudes de la sociedad y círculos interesados por la protección ambiental.	Formular una política y sus objetivos, teniendo en cuenta requisitos legales y aspectos ambientales sobre los cuales puede influir o controlar.
OHSAS 18001	Aumentar la seguridad y la protección de la salud de los empleados, a cargo de los empleadores. Los aspectos ambientales solo se tienen en cuenta cuando repercuten en la seguridad y salud ocupacional	Los empleados de la organización sometidos a los riesgos en el puesto de trabajo. A partir de las condiciones laborales que ofrece una organización o empleador.	Medidas para la prevención de accidentes de trabajo y de los riesgos para la salud derivados del trabajo, incluyendo las medidas para el diseño del puesto de trabajo apropiado para los seres humanos.

Fuente: (Pardo, 2008).

Anexo 8: Módulos de un Sistema Integral de Gestión

Módulo gerencial

Este módulo permite a las organizaciones tener un compromiso gerencial y que se puedan dar los recursos necesarios para el sistema, por tal motivo se debe tener en cuenta en la estrategia de la empresa (visión, misión, objetivos, metas y planes de las organizaciones (Pardo, 2008).

- Análisis ¿Dónde estamos?
- Visión (Guía).
- Lineamientos, Política, Intenciones.
- Objetivos estratégicos operativos.
- Proyectos, planes, programas orientados por objetivos (derivados de la misión).
- Procesos orientados por objetivos.
- Organización del proceso de mejora continua.

Para el desarrollo de la Visión se debe tener en cuenta (Pardo, 2008):

- El contenido debe ser específico, ambicioso, a largo plazo (por lo menos cinco años) y realista.
- Se debe desarrollar con la participación de la mayor cantidad posible de empleados.
- Ser adaptable a todas las unidades de la organización.

Los criterios que se deben tener en cuenta en la formulación de los lineamientos o política de la compañía son (Pardo, 2008):

- Definición: objetivos globales y principios de acción de una organización en el plano estratégico.
- Delimitación: visión de la empresa y objetivos estratégicos y operativos.
- Requisitos: política de calidad, ambiental, seguridad y salud ocupacional.
- Contenidos mínimos: cumplimiento de la legislación aplicable, compromiso de mejora continua, aplicación de la mejor tecnología posible.
- Finalidad: marco de condiciones de cumplimiento obligatorio para la calidad, protección ambiental y control de riesgos en los diferentes procesos.

Módulo documental

Las normas exigen documentos y procedimientos donde se describan las diferentes actividades o requerimientos de los procesos del sistema, sin embargo, la importancia radica en que el personal tenga la información que requiera para realizar el trabajo y traducirlo en calidad, cuidado del

medio ambiente, seguridad y salud ocupacional. La documentación (manuales, procesos, legislación, procedimientos, instructivos, programas, planes, tablas, cuadros, hojas de seguridad, registros y documentos externos) deben estar asequibles al personal, además de ser revisada, aprobada y controlada (Pardo, 2008).

Además se debe establecer y mantener un manual del SGI que incluya (Pardo, 2008, pág. 65):

- Alcance y aplicación del SIG.
- Una descripción del sistema así como de los procesos y su interacción.
- Una referencia a los procesos y procedimientos necesarios del sistema.

Módulo gestión de los recursos

En este módulo se dan los lineamientos para integrar la gestión de los recursos necesarios en los procesos y en el sistema en general; los recursos pueden ser humanos, destrezas especializadas, infraestructura y tecnología, información y conocimiento, ambiente de trabajo y financieros. Para proporcionar lo anterior puede ser necesario (Pardo, 2008):

- Suministrar formación, conocimiento y entrenamiento para adquirir las habilidades necesarias.
- Suministrar formación y entrenamiento al personal adicional, temporal o contratistas.
- Desarrollar nuevos procesos, tecnologías o nuevos métodos de trabajo.
- Generar cambios en la cultura organizacional.
- Adquirir equipos adicionales.
- Considerar el plan estratégico de la organización.

Módulo operacional

En el SIG interactúan todos los procesos de la organización, por tal motivo la organización debe establecer, documentar, implementar, mantener el SIG y mejorar continuamente su eficacia de la siguiente forma (Pardo, 2008):

- Identificar procesos, actividades, tareas y su aplicación en la organización.
- Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- Determinar la capacidad de los procesos.
- Determinar criterios y métodos necesarios para asegurar que la operación y el control de los procesos sean eficaces.
- Asegurar la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de los procesos.
- Realizar seguimiento, medición y análisis de estos procesos.
- Controlar los cambios en los procesos.

- Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.
- La organización debe controlar cualquier proceso contratado externamente que afecte los resultados planificados del SGI.

Se debe involucrar en este modulo la planificación operacional, el control operacional, el diseño y el desarrollo, la gestión de proveedores, la preparación y respuesta de emergencias (Pardo, 2008).

Módulo de medición y seguimiento

Son actividades claves que nos aportan información sobre el desarrollo de los procesos de acuerdo con los objetivos, metas y si su desempeño es acorde a al SIG, teniendo medidas cuantitativas y cualitativas que muestren la capacidad de los procesos para agregar valor y cumplir con los objetivos del SIG, esos resultados deben ser analizados y usados para determinar fortalezas, así como actividades que necesitan acciones correctivas, preventivas y de mejora; ese análisis debe abarcar (Pardo, 2008):

- Satisfacción del cliente.
- Desempeño de los procesos, productos y/o servicios.
- Actividades que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente.
- Cumplimiento de los criterios operacionales ambientales, de seguridad y salud ocupacional.
- Medidas reactivas y proactivas.
- Las políticas de la organización, objetivos y metas.
- Programas de la dirección.
- Controles operacionales.
- Revisión de la dirección.

Módulo de mejora

Con los resultados obtenidos del anterior módulo, se deben establecer nuevos objetivos, corregir los errores y prevenir cambios que favorezcan la gestión. Para que exista una mejora continua en la organización se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (Pardo, 2008):

- Accidentes, incidentes, no conformidades, acción correctiva y preventiva.
- Mejora continua.
- Auditorías integrales.

Anexo 9: Titulo, Número o Densidad Lineal

Sistema Peso Constante

Se denomina peso constante porque en la relación peso y longitud, el peso permanece invariable mientras la longitud varia para la numeración de los títulos. La medida base para comenzar la numeración es longitud un kilometro (1 Km) o mil metros (1000 m) y peso un kilogramo (1 Kg) o mil gramos (1000 g), así un material textil unidimensional que peso un kilogramo y tenga un kilometro de longitud, su titulo o numero métrico será "Nm 1". Nm 2 será un hilo de dos kilómetros con peso un kilogramo y así sucesivamente(De Larrañaga, 1991).

Para determinar el titulo a partir de diversos pesos y longitudes se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{P}{P'}$$

En donde:

Np = Título o numero de peso constante
P = Peso básico
P´ = Peso variable de la longitud básica

Además:

L = Longitud básica
P = Peso de una longitud cualquiera l.
Se puede establecer la proporción:

P´ ---- L
P ---- ℓ $\qquad p' = \frac{L \,.\, p}{\ell}$

Sustituyendo el valor de p´ en la primera ecuación se tiene:

$$Np = \frac{P}{P'} = \frac{P \,.\, \ell}{L \,.\, p}$$

P y L son constantes y su relación también, por lo que se representaran por K.

$$Np = \frac{K \,.\, \ell}{p}$$

La anterior es la expresión general para el cálculo del número o título de peso constante, la cual se le denomina "fórmula del número". Para calcular en todos los subsistemas, solo necesitamos calcular K.

i. Sistema métrico, Nm.

P = 1000 gramos
L = 1000 metros

$K = \frac{P}{L} = \frac{1000\ gr}{1000\ m} = 1$; para gramos y metros

ii. Sistema inglés de algodón, Ne.

P = 1 libra inglesa = 16 onzas = 453.59 gramos = 7000 granos
L = 1 hank = 840 yardas = 768 metros

$K = \frac{P}{L} = \frac{1\ libra}{1\ hank} = 1$; para libras y hanks

$K = \frac{P}{L} = \frac{453.59\ gr}{768\ m} = 0.59$; para gramos y metros

Sistema de Longitud Constante

Parecido al sistema de peso constante solo que la longitud permanece constante y el peso es el que varia, con este sistema a medida que el peso aumenta, el calibre del hilo aumenta, por eso también es denominado "sistema de numeración directo"(De Larrañaga, 1991).

Para crear la ecuación tomaremos la longitud constante entre la longitud variable relacionado con un peso básico:

$$N\ell = \frac{L}{\ell'}$$

En donde:

Nℓ = Título o número de longitud constante.
L = Longitud básica.
ℓ´ = Longitud variable del peso básico.

Además:

P = Peso básico.
ℓ = Longitud de un peso cualquiera p.

Se establece la proporción:

ℓ´ ------ P

ℓ ------ p $\qquad N\ell = \frac{P\,.\,\ell}{p}$

Sustituyendo el valor de l´ en la primera ecuación se obtiene:

$$N\ell = \frac{L\,.\,p}{P\,.\,\ell}$$

Como L y P son constantes, su relación puede representarse por la constante K.

$$N\ell = \frac{K\,.\,p}{\ell}$$

La anterior es la ecuación para el cálculo del número o título de longitud constante y se pueden utilizar el subsistema el tex, aunque existe un subsistema denier pero se utiliza para la seda, las fibras y los filamentos químicos.

- Tex.

  Se puede utilizar para fibras, cintas, pabilos, hilos y filamentos; sus unidades básicas son el gramo para el peso y 1000 metros o un kilómetro para la longitud. Este subsistema tiene múltiplos y submúltiplos como las unidades de Sistema Internacional:

Múltiplo o submúltiplo	**Símbolo**
Kilotex	Ktex
Hectotex	Htex
Decatex	Dtex
Tex	Tex
Decitex	dtex
Centitex	ctex
Militex	mtex

  Para calcular el valor K se puede determinar de la siguiente forma:

  L = 1000 metros = 1 kilómetro
  P = 1 gramo
  $K = \frac{L}{P} = \frac{1000\,m}{1\,gr} = 1000$; para metros y gramos

  Para calcular el múltiplo de Kilotex:

L = 1000 metros
P = 1000 gramos
$K = \frac{L}{P} = \frac{1000\ m}{1000\ gr} = 1000$; para metros y gramos

Número o título de hilos doblados.

Se denomina número o título doblado después de reunir varios hilos sin torsión, a cada elemento del doblado se le puede llamar cabo y así un hilo puede tener 2, 3, 6 o más cabos; los cabos se pueden escribir después del título del hilado sencillo, por ejemplo, Ne 8/2, Ne 20/4, Ne 16/3. Para calcular el titulo resultante del doblado se divide el titulo en los cabos, por ejemplo, Ne 8/2 tiene un titulo Ne 4 (De Larrañaga, 1991).

Número o título de los hilos retorcidos

La diferencia entre los hilos doblados y retorcidos es que en los últimos sufren un encogimiento por la torsión, por lo general se les denomina su titulo con los cabos respectivos, sin llevar a cabo la división, no es lo mismo un Ne 8/2 doblado a un Ne 8/2 retorcido.

Anexo 10: Modelo de entrevista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Fecha: _____
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ENTREVISTA EMPRESAS DE HILATURA
"Mejoramiento de la productividad de la hilatura del algodón y su proyección en el sector textil, desde el enfoque de la producción más limpia y el LCA"
Responsable: Alexander Mateus Vargas

Nombre del entrevistado: _____
Nombre de la organización: _____
Cargo: _____ Tiempo de desempeño: _____
Profesión:_____

Esta entrevista se desarrolla con fines académicos, por lo tanto su uso no será comercial, la información aportada tendrá un análisis y resultado que el entrevistado podrá consultar finalizada la investigación.

El objetivo de la entrevista es obtener información por parte de las empresas textiles que poseen el proceso de hilatura, sobre el uso del algodón y del desperdicio de este generado dentro de sus organizaciones. Toda la entrevista esta relacionada con el procesamiento del algodón de manera sostenible y elementos de gestión que son importantes para su desarrollo.

Primera Parte: Algodón

1. ¿Cuántas toneladas de algodón utilizan mensualmente aproximadamente?
   _____

2. ¿Cuánto desperdicio de algodón se genera durante el proceso de fabricación de fibra aproximadamente?
   _____
   _____

3. El algodón procesado en la empresa ¿es colombiano o proviene de otros países? si es de otros países ¿cuáles son?
   _____
   _____

4. ¿Utilizan algún tipo de herramienta o estrategia para disminuir la generación de desperdicio de algodón? (Producción más limpia)

   _____
   _____
   _____
   _____

5. ¿Qué uso se le da al desperdicio de algodón?

   _____
   _____
   _____
   _____

6. El algodón utilizado por ustedes ¿tiene algún tipo de certificado de calidad, ambiental o de comercio justo?

   _____
   _____
   _____

7. ¿Utilizan algodón orgánico en el procesamiento?

   _____

8. ¿Conocen los riesgos de salud y ambiental del cultivo convencional de algodón?
   Si___ No___

9. ¿Han realizado análisis de ciclo de vida del algodón para minimizar efectos negativos ambientales?
   Si___ No___

Segunda Parte: Industria

10. Para caracterizar los costos ¿Con que porcentaje identifica cada uno de los siguientes ítems? Hasta completar el 100%

    Mano de obra: __% Materia prima: __% Energía y otros servicios públicos: __%
    Logística y transporte: __% Mantenimiento de maquinaria: __% Otros: __%

11. ¿Cuál es la edad promedio de su maquinaria?

Menos de 5 años: ___ Entre 5 y 10 años: ___ Entre 11 y 15 años: ___
Entre 16 y 20 años: ___ Más de 20 años: ___

12. ¿Realizan investigación y desarrollo? Si ____ No____
¿Cuánto dinero invierten aproximadamente? _____

Tercera Parte: Gestión

13. ¿Poseen un sistema de gestión de calidad (SGC)? Si___ No___

SI = ¿Cuáles han sido los beneficios y las dificultades al implementar un SGC?

_____
_____
_____

NO = ¿Por qué no ha sido necesaria la aplicación?

_____
_____
_____

14. ¿Poseen un sistema de gestión ambiental (SGA)? Si___ No___

SI = ¿Cuáles han sido los beneficios y las dificultades al implementar un SGA?

_____
_____
_____

NO = ¿Por qué no ha sido necesaria la aplicación?

_____
_____
_____

15. ¿Poseen un sistema de Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional (SGSSO)? Si___ No___

    SI = ¿Cuáles han sido los beneficios y las dificultades al implementar un SGSSO?

    _____
    _____
    _____

    NO = ¿Por qué no ha sido necesaria la aplicación?

    _____
    _____
    _____

16. ¿Tienen implementado un sistema de gestión integral (SGI)? Si___ No___

    SI = ¿Cuáles han sido los beneficios y las dificultades al implementar un SGSSO?

    _____
    _____
    _____

    NO = ¿Por qué no ha sido necesaria la aplicación?

    _____
    _____
    _____

17. ¿Tienen alguna iniciativa de Responsabilidad Social Empresarial? Si___ No___

Anexo 11: Comprobación normalidad de las observaciones para Seis Sigma

Para validar los datos utilizados en la parte de análisis y mejora de la productividad, se realizó las pruebas de normalidad que soporten los datos utilizados para demostrar los resultados con las siguientes herramientas o pruebas estadísticas:

Histograma: Se determinó si los datos de la muestra provienen de una distribución aproximadamente normal.

Cálculo IQR/S: Se calculó el intervalo intercuartil, IQR, la desviación estándar, s para la muestra y luego se calculó el cociente IQR/S. Si los datos son aproximadamente normales, IQR/S es cercano a 1.3 (entre 1.1 y 1.5).

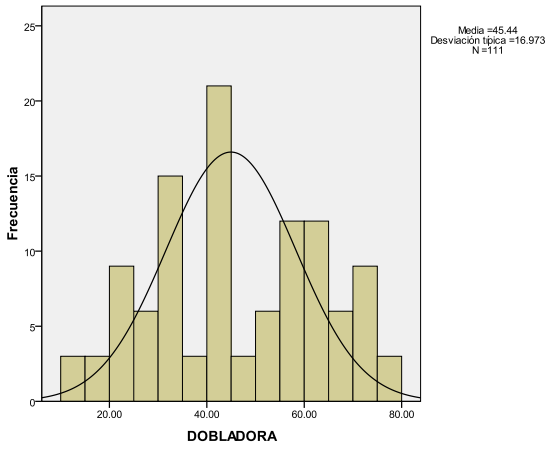
Gráfico de probabilidad normal**:** se realizó la gráfica de probabilidad normal en la que se observa el conjunto de datos ordenados y luego se grafican contra los valores esperados estandarizados de las observaciones bajo el supuesto de que los datos están distribuidos normalmente. Si los datos en verdad tienen una distribución normal, la observación será aproximadamente igual a su valor esperado. Por tanto, una tendencia lineal (de línea recta) en la gráfica de probabilidad normal sugiere que los datos provienen de una distribución aproximadamente normal, en tanto que una tendencia no lineal indica que los datos no son normales.

Kolmogorov-Smirnov: Se realizó esta prueba de bondad de ajuste con una hipótesis nula de normalidad que no se puede rechazar si su nivel de significancia es mayor que 0.05.

- **ANTES DE LAS MEJORAS APLICADAS**

DOBLADORA

Histograma:

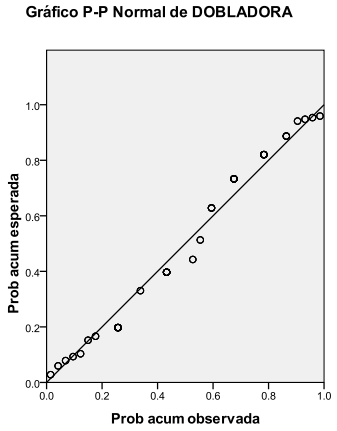


Cálculo IQR/S: (61 – 31)/16,97348 = 1,7675

Estadísticos

DOBLADORA		
N	Válidos	111
	Perdidos	15
Desv. típ.		16.97348
Percentiles	25	31.0000
	50	41.0000
	75	61.0000

Gráfico de probabilidad normal:



Kolmogorov-Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		DOBLADORA
N		111
Parámetros normales[a,b]	Media	45.4444
	Desviación típica	16.97348
Diferencias más extremas	Absoluta	.127
	Positiva	.127
	Negativa	-.111
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.337
Sig. asintót. (bilateral)		.056

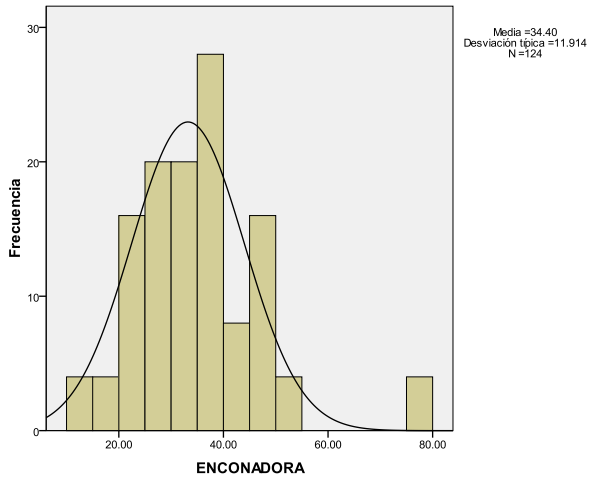
a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

El histograma muestra en su curva de normalidad un acercamiento a la normalidad de los datos, el calculo IQR/S se aleja del promedio solicitado lo cual hace suponer que los datos no poseen normalidad, sin embargo el grafico de probabilidad normal muestra un gran acercamiento de los datos a la línea recta y además la prueba de Kolmogorov-Smirnov no rechaza la hipótesis nula de normalidad ya que su nivel de significancia es mayor a 0.05. Se puede concluir que los datos obtenidos en la Dobladora poseen atributos de normalidad.

ENCONADORA

Histograma:



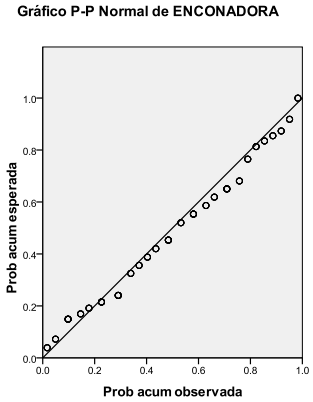
Cálculo IQR/S: (40-25)/11,91351 = 1,2591

Estadísticos

ENCONADORA

N	Válidos	124
	Perdidos	2
Desv. típ.		11.91351
Percentiles	25	25.0000
	50	33.0000
	75	40.0000

Gráfico de probabilidad normal:



Kolmogorov-Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		ENCONADORA
N		124
Parámetros normales[a,b]	Media	34.4000
	Desviación típica	11.91351
Diferencias más extremas	Absoluta	.093
	Positiva	.093
	Negativa	-.084
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.040
Sig. asintót. (bilateral)		.230

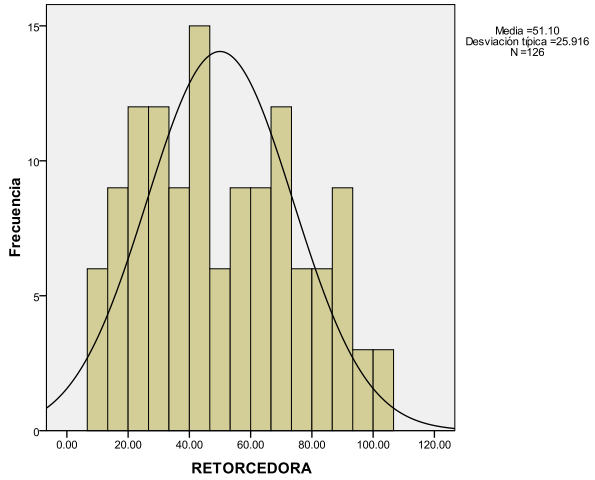
a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

El histograma muestra en su curva de normalidad un alejamiento de los datos hacia el lado izquierdo con una posible normalidad de los datos, el calculo IQR/S se encuentra en el promedio solicitado mostrando la cualidad de normalidad, el grafico de probabilidad normal muestra un gran acercamiento de los datos a la línea recta y la prueba de Kolmogorov-Smirnov no rechaza la hipótesis nula de normalidad ya que su nivel de significancia es mayor a 0.05. Se puede concluir que los datos obtenidos en la Enconadora tienen atributos de normalidad.

RETORCEDORA

Histograma:

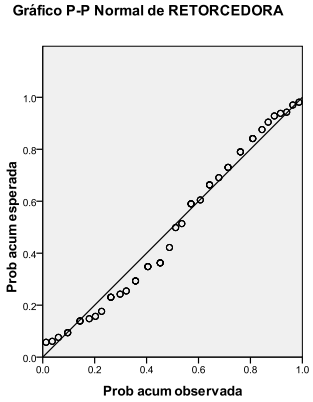


Cálculo IQR/S: (72-32)/25,91612 = 1,5434

RETORCEDORA

N	Válidos	126
	Perdidos	0
Desv. típ.		25.91612
Percentiles	25	32.0000
	50	48.5000
	75	72.0000

Gráfico de probabilidad normal:



Kolmogorov-Smirnov:

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		RETORCEDORA
N		126
Parámetros normales[a,,b]	Media	51.1000
	Desviación típica	25.91612
Diferencias más extremas	Absoluta	.113
	Positiva	.113
	Negativa	-.057
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.273
Sig. asintót. (bilateral)		.078

a. La distribución de contraste es la Normal.

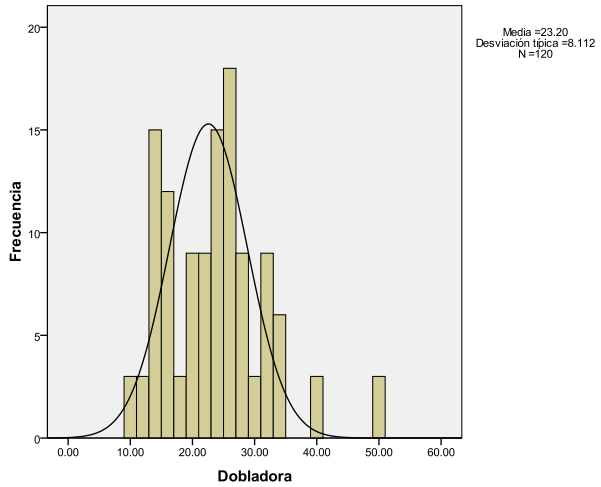
b. Se han calculado a partir de los datos.

El histograma muestra en su curva de normalidad que los datos estan el lado izquierdo con una posible normalidad de los datos, el calculo IQR/S se encuentra en el promedio solicitado mostrando la cualidad de normalidad, el grafico de probabilidad normal muestra un gran acercamiento de los datos a la línea recta y la prueba de Kolmogorov-Smirnov no rechaza la hipótesis nula de normalidad ya que su nivel de significancia es mayor a 0.05. Se puede concluir que los datos obtenidos en la Retorcedora tienen atributos de normalidad.

DESPUÉS DE LAS MEJORAS APLICADAS

DOBLADORA

Histograma:

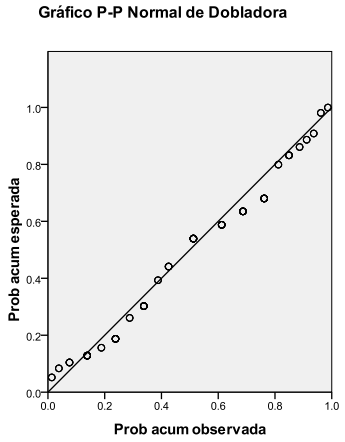


Cálculo IQR/S: (27-16)/8,11224 = 1,3560

Dobladora

N	Válidos	120
	Perdidos	0
Desv. típ.		8.11224
Percentiles	25	16.0000
	50	24.0000
	75	27.0000

Gráfico de probabilidad normal:



Kolmogorov-Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Dobladora
N		120
Parámetros normales[a,,b]	Media	23.2000
	Desviación típica	8.11224
Diferencias más extremas	Absoluta	.120
	Positiva	.120
	Negativa	-.089
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.312
Sig. asintót. (bilateral)		.064

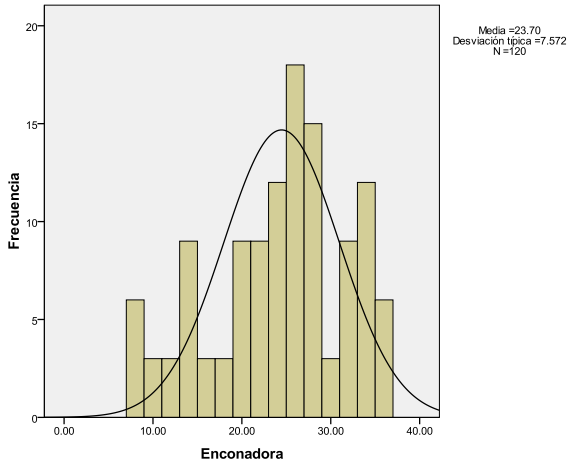
a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

El histograma muestra en su curva de normalidad una posible normalidad de los datos, el calculo IQR/S se encuentra en el promedio solicitado mostrando la cualidad de normalidad, el grafico de probabilidad normal muestra un gran acercamiento de los datos a la línea recta y la prueba de Kolmogorov-Smirnov no rechaza la hipótesis nula de normalidad ya que su nivel de significancia es mayor a 0.05. Se puede concluir que los datos obtenidos en la Dobladora tienen atributos de normalidad.

ENCONADORA

Histograma:

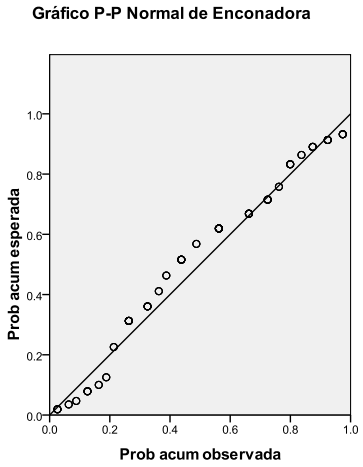


Cálculo IQR/S: (28,75-20)/7,57217 = 1,1555

Estadísticos

Enconadora		
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Desv. típ.		7.57217
Percentiles	25	20.0000
	50	25.5000
	75	28.7500

Gráfico de probabilidad normal:



Kolmogorov-Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Enconadora
N		120
Parámetros normales[a,b]	Media	23.7000
	Desviación típica	7.57217
Diferencias más extremas	Absoluta	.119
	Positiva	.075
	Negativa	-.119
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.307
Sig. asintót. (bilateral)		.066

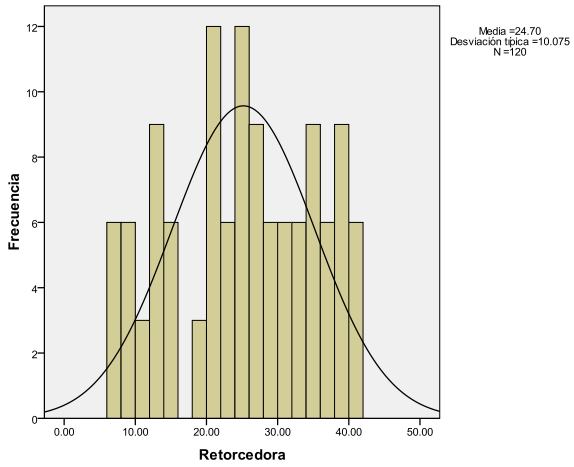
a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

El histograma muestra en su curva de normalidad con una exposición de los datos al lado derecho con una posible normalidad de los datos, el calculo IQR/S se encuentra en el promedio solicitado mostrando la cualidad de normalidad, el grafico de probabilidad normal muestra un acercamiento de los datos a la línea recta y la prueba de Kolmogorov-Smirnov no rechaza la hipótesis nula de normalidad ya que su nivel de significancia es mayor a 0.05. Se puede concluir que los datos obtenidos en la Enconadora tienen atributos de normalidad.

RETORCEDORA

Histograma:

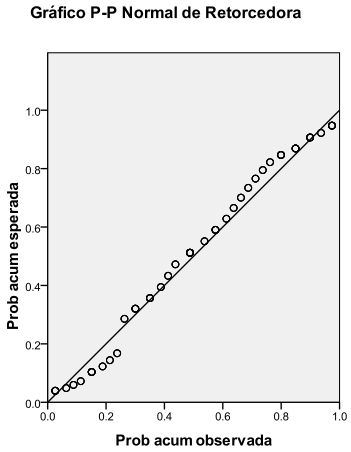


Cálculo IQR/S: (33,75-16)/10,07501 = 1,7618

Estadísticos

Retorcedora		
N	Válidos	120
	Perdidos	0
Desv. típ.		10.07501
Percentiles	25	16.0000
	50	25.0000
	75	33.7500

Gráfico de probabilidad normal:



Kolmogorov-Smirnov

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Retorcedora
N		120
Parámetros normales[a,,b]	Media	24.7000
	Desviación típica	10.07501
Diferencias más extremas	Absoluta	.082
	Positiva	.082
	Negativa	-.072
Z de Kolmogorov-Smirnov		.900
Sig. asintót. (bilateral)		.393

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

El histograma muestra en su curva de normalidad un acercamiento a la normalidad de los datos, el calculo IQR/S se aleja del promedio solicitado lo cual hace suponer que los datos no poseen normalidad, sin embargo el grafico de probabilidad normal muestra un gran acercamiento de los datos a la línea recta y además la prueba de Kolmogorov-Smirnov no rechaza la hipótesis nula de normalidad ya que su nivel de significancia es mayor a 0.05. Se puede concluir que los datos obtenidos en la Retorcedora tienen atributos de normalidad.

Anexo 12: Datos recolectados de control

SIN MEJORAS			CON MEJORAS		
DOBLADORA	ENCONADORA	RETORCEDORA	DOBLADORA	ENCONADORA	RETORCEDORA
41 gr	47 gr	67 gr	14 gr	26 gr	24 gr
73 gr	35 gr	24 gr	25 gr	15 gr	35 gr
61 gr	33 gr	89 gr	24 gr	27 gr	21 gr
56 gr	30 gr	77 gr	24 gr	22 gr	29 gr
43 gr	32 gr	57 gr	50 gr	33 gr	10 gr
41 gr	22 gr	57 gr	26 gr	11 gr	38 gr
41 gr	25 gr	42 gr	14 gr	26 gr	24 gr
72 gr	47 gr	91 gr	16 gr	26 gr	23 gr
72 gr	39 gr	11 gr	31 gr	31 gr	13 gr
41 gr	29 gr	51 gr	24 gr	27 gr	21 gr
31 gr	48 gr	42 gr	21 gr	35 gr	7 gr
56 gr	24 gr	91 gr	14 gr	13 gr	36 gr
22 gr	47 gr	24 gr	27 gr	34 gr	8 gr
51 gr	22 gr	85 gr	50 gr	33 gr	10 gr
51 gr	35 gr	62 gr	31 gr	31 gr	13 gr
41 gr	22 gr	58 gr	12 gr	28 gr	20 gr
28 gr	75 gr	32 gr	18 gr	21 gr	30 gr
56 gr	33 gr	85 gr	24 gr	26 gr	25 gr
61 gr	39 gr	77 gr	26 gr	33 gr	12 gr
19 gr	38 gr	32 gr	18 gr	21 gr	30 gr
43 gr	25 gr	67 gr	27 gr	26 gr	22 gr
29 gr	37 gr	51 gr	31 gr	31 gr	14 gr
61 gr	29 gr	11 gr	14 gr	14 gr	36 gr
19 gr	30 gr	34 gr	24 gr	27 gr	21 gr
23 gr	22 gr	23 gr	26 gr	11 gr	38 gr
13 gr	46 gr	23 gr	14 gr	14 gr	36 gr
46 gr	24 gr	24 gr	16 gr	25 gr	25 gr
31 gr	35 gr	42 gr	19 gr	32 gr	12 gr
66 gr	26 gr	32 gr	10 gr	34 gr	9 gr
51 gr	37 gr	32 gr	25 gr	28 gr	19 gr
46 gr	33 gr	58 gr	19 gr	20 gr	32 gr
41 gr	25 gr	25 gr	30 gr	24 gr	27 gr
51 gr	38 gr	52 gr	16 gr	26 gr	23 gr
41 gr	32 gr	17 gr	14 gr	14 gr	36 gr
61 gr	23 gr	89 gr	31 gr	31 gr	14 gr
38 gr	26 gr	67 gr	24 gr	29 gr	15 gr
56 gr	25 gr	64 gr	27 gr	13 gr	38 gr
56 gr	29 gr	72 gr	25 gr	28 gr	19 gr
41 gr	30 gr	52 gr	34 gr	24 gr	27 gr
56 gr	13 gr	14 gr	27 gr	13 gr	38 gr
56 gr	36 gr	100 gr	32 gr	20 gr	34 gr
24 gr	13 gr	52 gr	22 gr	8 gr	41 gr
75 gr	25 gr	100 gr	30 gr	24 gr	27 gr
28 gr	29 gr	33 gr	24 gr	29 gr	15 gr
75 gr	25 gr	92 gr	26 gr	26 gr	25 gr
56 gr	14 gr	77 gr	26 gr	26 gr	25 gr
56 gr	31 gr	77 gr	27 gr	26 gr	22 gr

31 gr	26 gr	105 gr
41 gr	51 gr	27 gr
61 gr	43 gr	17 gr
41 gr	36 gr	46 gr
41 gr	36 gr	27 gr
31 gr	38 gr	72 gr
38 gr	32 gr	81 gr
13 gr	46 gr	41 gr
41 gr	17 gr	57 gr
74 gr	43 gr	81 gr
51 gr	51 gr	72 gr
41 gr	26 gr	11 gr
31 gr	40 gr	46 gr
73 gr	45 gr	58 gr
24 gr	32 gr	62 gr
66 gr	75 gr	37 gr
41 gr	25 gr	72 gr
13 gr	40 gr	27 gr
61 gr	26 gr	17 gr
41 gr	26 gr	72 gr
61 gr	22 gr	42 gr
31 gr	39 gr	37 gr
56 gr	36 gr	14 gr
19 gr	45 gr	42 gr
56 gr	24 gr	85 gr
61 gr	45 gr	62 gr
31 gr	36 gr	23 gr
31 gr	31 gr	92 gr
31 gr	39 gr	57 gr
73 gr	24 gr	72 gr
74 gr	37 gr	41 gr
24 gr	33 gr	67 gr
31 gr	36 gr	41 gr
75 gr	30 gr	67 gr
31 gr	39 gr	14 gr
66 gr	23 gr	57 gr
66 gr	47 gr	37 gr
31 gr	23 gr	42 gr
31 gr	48 gr	23 gr
41 gr	17 gr	92 gr
28 gr	51 gr	17 gr
66 gr	40 gr	100 gr
21 gr	43 gr	10 gr
41 gr	75 gr	37 gr
38 gr	22 gr	62 gr
21 gr	75 gr	105 gr
72 gr	46 gr	17 gr
74 gr	33 gr	51 gr
51 gr	22 gr	89 gr
61 gr	17 gr	23 gr
29 gr	46 gr	34 gr
61 gr	43 gr	33 gr
23 gr	37 gr	64 gr

24 gr	22 gr	29 gr
32 gr	20 gr	34 gr
34 gr	24 gr	27 gr
13 gr	18 gr	35 gr
24 gr	26 gr	25 gr
10 gr	34 gr	9 gr
10 gr	34 gr	9 gr
16 gr	26 gr	23 gr
15 gr	27 gr	20 gr
19 gr	32 gr	12 gr
21 gr	35 gr	7 gr
19 gr	24 gr	26 gr
34 gr	24 gr	27 gr
18 gr	21 gr	30 gr
25 gr	15 gr	35 gr
25 gr	23 gr	28 gr
13 gr	18 gr	35 gr
19 gr	32 gr	12 gr
16 gr	20 gr	33 gr
27 gr	26 gr	22 gr
24 gr	26 gr	25 gr
21 gr	35 gr	7 gr
13 gr	10 gr	39 gr
19 gr	24 gr	26 gr
24 gr	21 gr	31 gr
16 gr	20 gr	33 gr
27 gr	34 gr	8 gr
25 gr	28 gr	19 gr
26 gr	33 gr	12 gr
25 gr	23 gr	28 gr
24 gr	22 gr	29 gr
33 gr	27 gr	21 gr
14 gr	13 gr	36 gr
33 gr	27 gr	21 gr
22 gr	8 gr	41 gr
22 gr	8 gr	41 gr
50 gr	33 gr	10 gr
40 gr	35 gr	7 gr
13 gr	10 gr	39 gr
27 gr	34 gr	8 gr
24 gr	29 gr	15 gr
13 gr	18 gr	35 gr
14 gr	13 gr	36 gr
40 gr	35 gr	7 gr
16 gr	25 gr	25 gr
33 gr	27 gr	21 gr
13 gr	10 gr	39 gr
12 gr	28 gr	20 gr
22 gr	8 gr	41 gr
19 gr	20 gr	32 gr
26 gr	26 gr	25 gr
26 gr	11 gr	38 gr
40 gr	35 gr	7 gr

43 gr	31 gr	37 gr
66 gr	39 gr	105 gr
41 gr	48 gr	37 gr
31 gr	25 gr	33 gr
46 gr	33 gr	67 gr
61 gr	33 gr	41 gr
56 gr	36 gr	41 gr
23 gr	33 gr	23 gr
61 gr	26 gr	25 gr
29 gr	14 gr	62 gr
31 gr	31 gr	10 gr
	26 gr	32 gr
	48 gr	17 gr
	17 gr	32 gr
	38 gr	25 gr
	23 gr	77 gr
	51 gr	10 gr
	22 gr	62 gr
	40 gr	46 gr
	36 gr	81 gr
	39 gr	77 gr
	35 gr	64 gr
	45 gr	34 gr
	39 gr	91 gr
		41 gr
		57 gr

16 gr	25 gr	25 gr
26 gr	33 gr	12 gr
31 gr	31 gr	13 gr
15 gr	27 gr	20 gr
19 gr	24 gr	26 gr
24 gr	21 gr	31 gr
31 gr	31 gr	14 gr
19 gr	20 gr	32 gr
16 gr	20 gr	33 gr
24 gr	21 gr	31 gr
14 gr	26 gr	24 gr
15 gr	27 gr	20 gr
25 gr	15 gr	35 gr
25 gr	23 gr	28 gr
22 gr	8 gr	41 gr
32 gr	20 gr	34 gr
12 gr	28 gr	20 gr
27 gr	13 gr	38 gr
22 gr	8 gr	41 gr
30 gr	24 gr	27 gr

Anexo 13: Tabla Sigmas de Seis Sigma

Eficiencia (%)	NIVEL EN SIGMA	DPMO
6,68	0	933200
8,455	0,13	915450
10,56	0,25	894400
13,03	0,38	869700
15,87	0,5	841300
19,08	0,63	809200
22,66	0,75	773400
26,595	0,88	734050
30,85	1	691500
35,435	1,13	645650
40,13	1,25	598700
45,025	1,38	549750
50	1,5	500000
54,975	1,63	450250
59,87	1,75	401300
64,565	1,88	354350
69,15	2	308500
73,405	2,13	265950
77,34	2,25	226600
80,92	2,38	190800
84,13	2,5	158700
86,97	2,63	130300
89,44	2,75	105600
91,545	2,88	84550
93,32	3	66800

Eficiencia(%)	NIVEL EN SIGMA	DPMO
94,79	3,13	52100
95,99	3,25	40100
96,96	3,38	30400
97,73	3,5	22700
98,32	3,63	16800
98,78	3,75	12200
99,12	3,88	8800
99,38	4	6200
99,565	4,13	4350
99,7	4,25	3000
99,795	4,38	2050
99,87	4,5	1300
99,91	4,63	900
99,94	4,75	600
99,96	4,88	400
99,977	5	230
99,982	5,13	180
99,987	5,25	130
99,992	5,38	80
99,997	5,5	30
99,99767	5,63	23,35
99,99833	5,75	16,7
99,999	5,88	10,05
99,99966	6	3,4

*DPMO: Defectos por Millón.

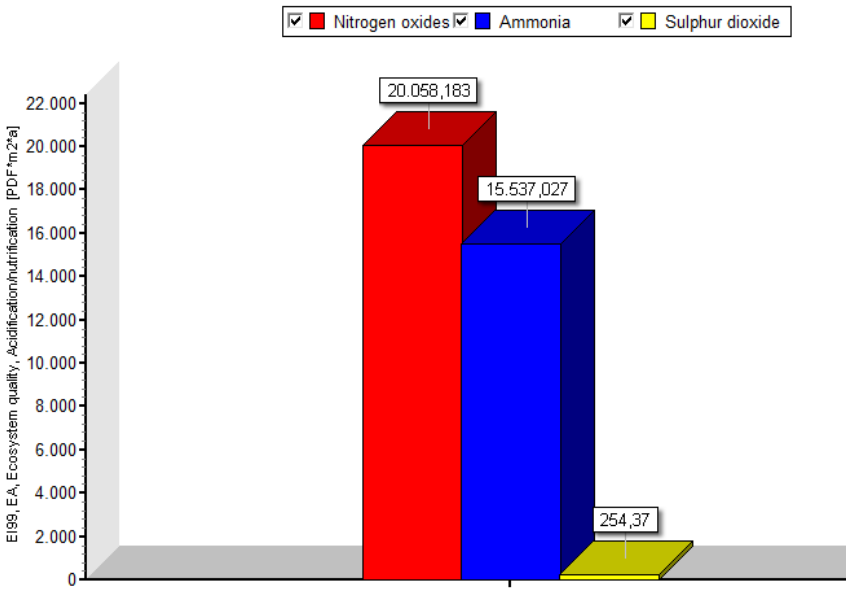
Anexo 14: Análisis especifico del ciclo de vida del algodón

Acidificación

Lluvias acidas: La acidificación provoca una mayor movilidad del aluminio y de los metales pesados, lo que origina la contaminación de las aguas subterráneas. La Figura No. 47 muestra la cantidad de especies que mueren al año por el cultivo y procesamiento de las 600 toneladas de algodón.

Resultado: por cada 54 metros cuadrados de cultivo se muere una especie al año.

Figura No. 47. Acidificación Ciclo de Vida Algodón



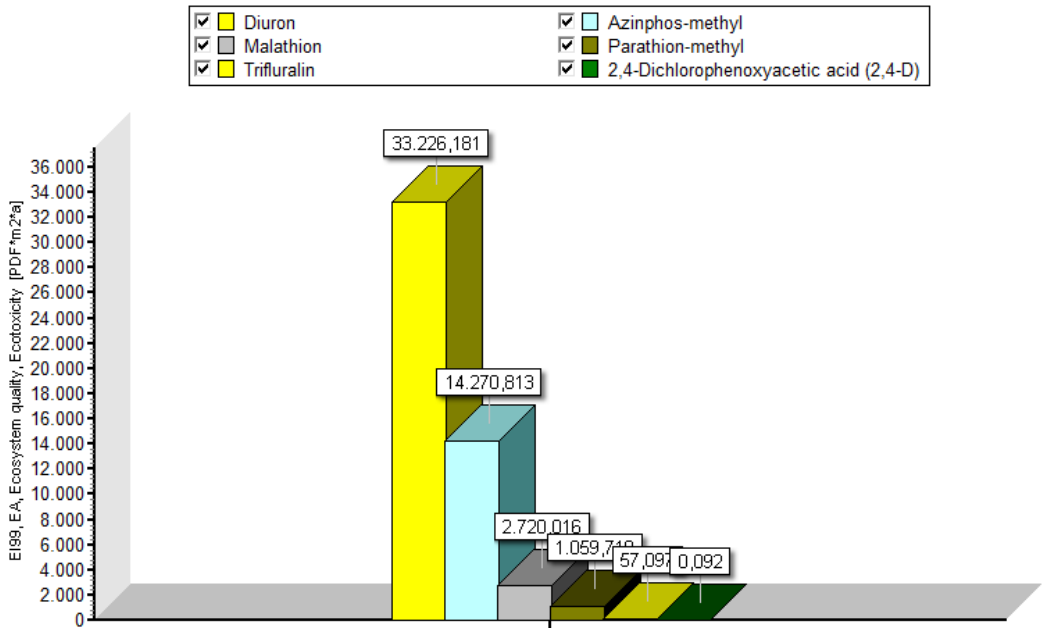
Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Ecotoxicidad aire (pesticidas)

Muestra los efectos tóxicos producidos por productos químicos o elementos físicos en el medio ambiente, en este caso el aire, en la siguiente página en la Figura No. 48 se puede observar los principales tóxicos de los pesticidas que se generan en el cultivo de algodón.

La Figura No. 48 muestra la cantidad de especies que mueren al año por el cultivo de las 600 toneladas de algodón. Resultado: por cada 38 metros cuadrados de cultivo muere una especie al año.

Figura No. 48: Ecotoxicidad aire (pesticidas) Ciclo de Vida Algodón



Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Explicación de los efectos por los tóxicos de los pesticidas:

Diuron: Se lo considera tóxico para el ser humano; provoca irritación en piel y mucosas al contacto. Los efectos sistémicos son sólo probables ante una ingesta considerable, y abarcan la taquicardia y la reducción de la capacidad pulmonar, náusea, vómitos, enfisema moderado y pérdida crónica de peso ante la exposición prolongada.

Azinfos-metil:

Efectos agudos: Neurotóxico. Como organofosforado inhibe la acetil- colinesterasa sustancia necesaria para el funcionamiento del cerebro y el sistema nervioso. Causa de muerte: fallo respiratorio.

Efectos crónicos: Tóxico para los riñones. Interfiere en la fertilidad masculina y femenina; Provoca malformaciones durante el embarazo y es mutagénico.

Malatión:

Seres humanos/mamíferos: El malatión es un neurotóxico que afecta al sistema nervioso central, las intoxicaciones agudas se manifiestan en súbitos excesos de transpiración, abundante secreción de saliva, diarrea, bronquitis, infarto al miocardio y coma. La muerte sobreviene por paro respiratorio.

Organismos acuáticos: Existen numerosos valores de toxicidad para diferentes especies de peces. Después de varios meses de exposición, aparecen deformaciones. El malatión inhibe el crecimiento de las algas.

Metil-paration:

Es altamente tóxico por inhalación e ingestión y moderadamente tóxico por absorción dérmica. Al inhalarlo puede causar goteo de nariz, tos, molestias al pecho, asfixia y resoplidos por la constricción o exceso de fluidos en los tubos bronquiales.

Al contacto con la piel puede causar sudor localizado y contracciones musculares involuntarias. El envenenamiento grave por cualquier vía afectará el sistema nervioso central, produciendo incoordinación, hablar arrastrando las palabras, pérdida de reflejos, debilidad, fatiga, contracciones involuntarias de los músculos, temblores de la lengua o de los párpados, y finalmente parálisis de las extremidades y de los músculos respiratorios.

Trifluralina:

Las consecuencias sobre la salud de la trifluralina dependen del tiempo de exposición y suelen producirse por inhalación de la sustancia. Una exposición de corta duración puede producir irritación ocular, y el contacto prolongado o repetido con la misma puede producir sensibilización de la piel.

La toxicidad es baja para mamíferos y aves. Por el contrario, los peces y otros organismos acuáticos son altamente sensibles a la trifluralina, así como las abejas y otros insectos. En la cadena alimentaria referida a los seres humanos tiene lugar bioacumulación, concretamente en peces. La sustancia podría causar efectos prolongados en el medio ambiente. Puede persistir durante 6 u 8 meses.

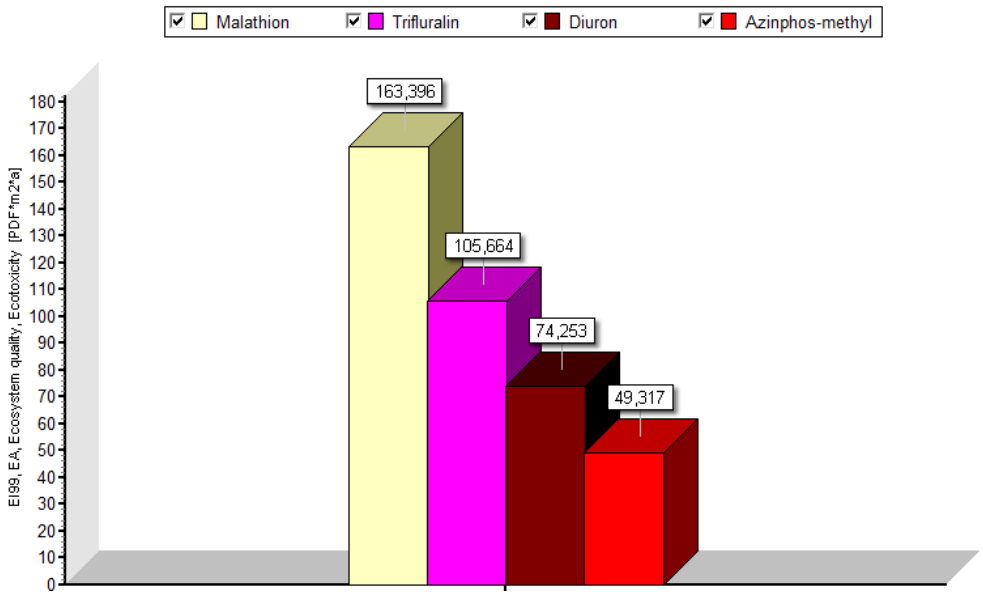
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético: (elemento para producir el agente naranja)

El 2,4-D puede ingresar al organismo por ingesta (a través del tracto gastrointestinal) y por vía cutánea (el ester del 2,4-D también ingresa por vía pulmonar). Afecta el sistema nervioso central y periférico (convulsiones y parálisis) y la motricidad, e interviene en el metabolismo intermedio de los hidratos de carbono. El 2,4-D ingerido pasa sin alterarse por el organismo y se elimina rápidamente sin que se deposite en el cuerpo (DVGW, 1988). Produce fuerte irritación ocular y leve irritación cutánea.

Ecotoxicidad agua (pesticidas)

Muestra los efectos tóxicos producidos por productos químicos o elementos físicos en el medio ambiente, en este caso el agua, la Figura No. 49 muestra la cantidad de especies que mueren al año, la mayoría de estas por el cultivo de las 600 toneladas de algodón. Resultado: por cada 5000 metros cuadrados de cultivo muere una especie al año.

Figura No. 49: Ecotoxicidad agua (pesticidas) Ciclo de Vida Algodón.



Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana, Efectos cancerígenos [DALY]

En la Tabla No. 22 se observa que la las emisiones de agua fresca causados por la Trifluralina, puede afectar la salud de los seres humanos que estén expuestos a está produciendo cáncer aunque no tiene un valor relevante que se acerque a 1.

Emisiones orgánicas al aire: Benceno = 1,2045E-007 (puede producir leucemia)

Pesticidas al aire: Trifluralina = 5,7621E-006

Pesticidas al agua: Trifluralina = 0,00010743

Tabla No. 22: Salud Humana, Efectos cancerígenos, Ciclo de Vida Algodón

Flows	**0,00011331**
Resources	
Emissions to air	**5,8825E-006**
Inorganic emissions to air	
Organic emissions to air (group VOC)	**1,2045E-002**
Other emissions to air	
Particles to air	
Pesticides to air	**5,7621E-006**
Emissions to fresh water	**0,00010743**

Fuente: GaBi 4: Software *and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana, Cambio Climático [DALY]

En la Tabla No. 23 se puede observar que el oxido nitroso es el gas que más aporta, además es uno de los principales gases de efecto invernadero generando el calentamiento global, aunque su valor no alcance el 1, su acumulación afecta a los seres humanos.

Tabla No. 23: Salud Humana, Cambio Climático, Ciclo de Vida Algodón

Flows	**0,067091**
Emissions to air	**0,067091**
Inorganic emissions to air	**0,067087**
Ammonia	
Carbon dioxide	0,01402
Carbon dioxide (biotic)	0,00059813
Carbon monoxide	
Nitrogen oxides	
Nitrous oxide (laughing gas)	0,052468
Sodium chlorate	
Sulphur dioxide	
Organic emissions to air (group VOC)	**3,8659E-006**
Group NMVOC to air	
1,3-dichloropropene (US LCI)	
Hydrocarbons (unspecified)	
Methane	3,8659E-006
Other emissions to air	
Particles to air	
Pesticides to air	
Emissions to fresh water	

Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana, Respiratorio (inorgánico) [DALY]

Explicación de los gases que más aportan en este indicador que afecta la salud humana que aparece en la Tabla No. 24 en la siguiente página:

Tabla No. 24: Salud Humana, Respiratorio (inorgánico), Ciclo de Vida Algodón

	Hilatura
Flows	**0,4224**
Emissions to air	**0,4224**
Inorganic emissions to air	**0,41109**
Ammonia	0,08482
Carbon dioxide	
Carbon dioxide (biotic)	
Carbon monoxide	9,9021E-005
Nitrogen oxides	0,31283
Nitrous oxide (laughing gas)	
Sodium chlorate	
Sulphur dioxide	0,013342
Organic emissions to air (group VOC)	
Other emissions to air	
Particles to air	**0,011308**
Dust (PM10)	0,002997
Dust (PM2.5)	0,0076993
Dust (unspecified)	0,00061222
Pesticides to air	
Emissions to fresh water	

Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Amoníaco: concentraciones elevadas producen irritación de garganta, inflamación pulmonar, daño de las vías respiratorias y ojos. A medida que aumenta la concentración puede llegar a producir edema pulmonar, o producir la muerte cuando supera las 5000 ppm.

Óxidos de Nitrógeno: Los síntomas por inhalación de ácido nítrico pueden ser: Labios y uñas azuladas, opresión en el pecho, asfixia, tos, expectoración de sangre, mareos, hipotensión arterial, pulso rápido, dificultad para respirar y debilidad.

Dióxido de Azufre: Tos, jadeo, dolor de garganta, los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico.

La Tabla No. 24 que se observo, indica que el oxido nitroso se encuentra con 0,31283 y el amoniaco 0,08482 son los gases inorgánicos que más afectan la salud humana y que sumados alcanzan 0,41109 alcanzando un nivel crítico comparado a los anteriores, ya que se acerca mucho al 1 que significa la muerte segura de los seres humanos.

Salud Humana, Respiratorio (orgánico) [DALY]

En la Tabla No. 25 de la siguiente página se puede observar que los hidrocarburos no especificados son los gases orgánicos que afectan la salud humana respiratoria de los humanos con un valor de 0,00046, no es un valor muy alto que represente la muerte del ser humano.

Tabla No. 25: Salud Humana, Respiratorio (orgánico), Ciclo de Vida Algodón

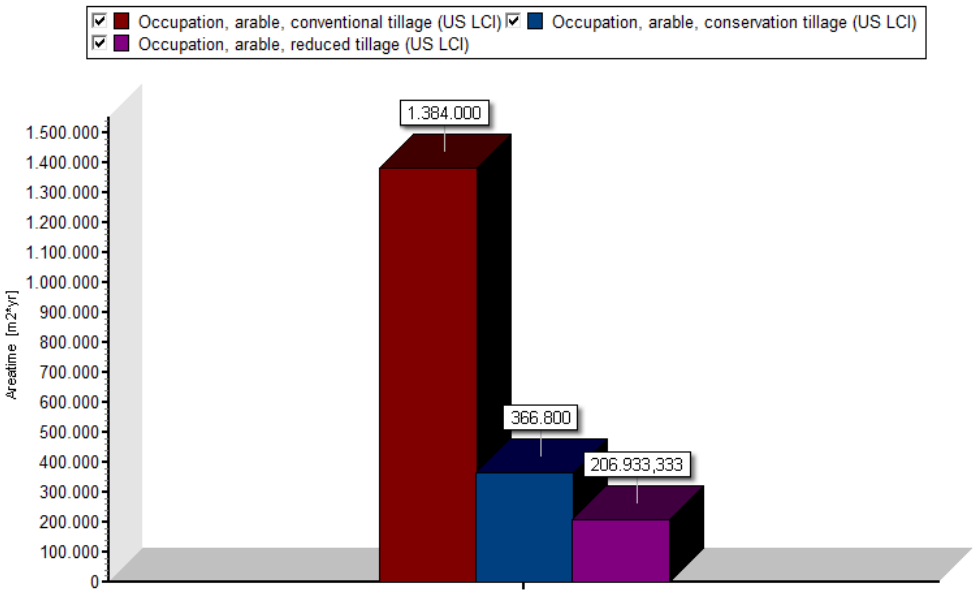
Flows	**0,00046765**
Resources	
Emissions to air	**0,00046765**
Inorganic emissions to air	
Organic emissions to air (group VOC)	**0,00046765**
Group NMVOC to air	**2,5954E-006**
Halogenated organic emissions to air	
Benzene	2,2549E-008
NMVOC (unspecified)	2,5093E-006
Toluene (methyl benzene)	1,2556E-008
Xylene (dimethyl benzene)	5,1008E-008
1,3-dichloropropene (US LCI)	
Hydrocarbons (unspecified)	0,00046505
Methane	8,863E-010

Fuente: GaBi 4: Software *and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Tierra Cultivada

En la Figura No. 50 se puede observar la cantidad de tierra que se necesita para obtener 600 Toneladas de algodón (1.957.733 metros cuadrados).

Figura No. 50: Tierra Cultivada, Ciclo de Vida Algodón



Fuente: GaBi 4*: Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

AGUA

Según *Water Footprint Network* (WFN, 2011), en Estados Unidos el consumo de agua por cada kilogramo de algodón es de 7307 litros (7307 l/kg). Eso significa que para producir las 600 Toneladas que necesita la Hilandería A se debieron utilizar 4.384.280.638 litros de agua.

Comparativo con otros productos:

- 1.800 litros de agua por un kilogramo de azúcar.
- 300 litros de agua por un litro de cerveza.
- 1.600 litros de agua por un kilogramo de pan.
- 1.000 litros de agua por un litro de leche.
- 2.500 litros de agua por un kilogramo de arroz.
- 15.400 litros de agua por un kilogramo de carne.

Mejoramiento con el uso de desperdicio, ciclo de la vida propuesto:

Los siguientes son los resultados obtenidos por el nuevo ciclo de vida al utilizar el desperdicio de algodón para la producción de un producto que cumpla el enfoque "de la cuna a la cuna":

Disminución del uso de fertilizantes, insecticidas y químicos (6%).

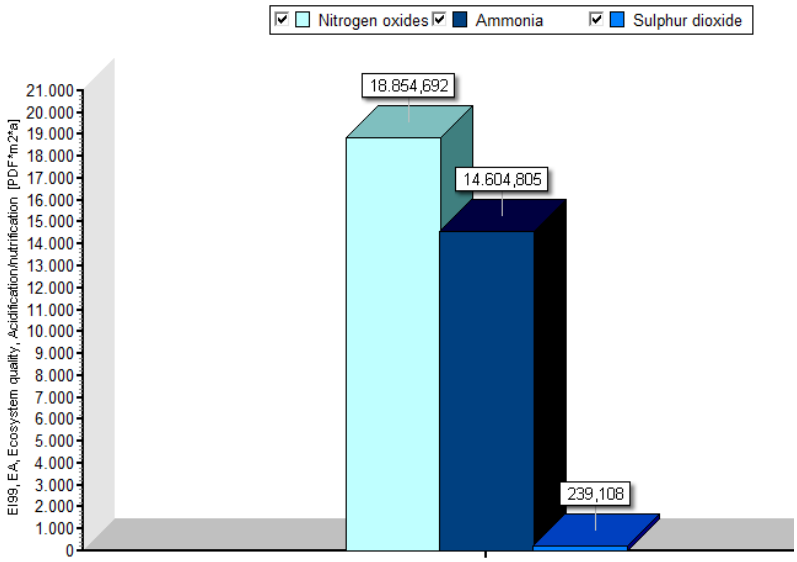
Disminución en el uso del agua (Huella del agua) (6%) 263.056.838 litros de agua ahorrada.

Por la diferencia de área de tierra cultivada (se deja de cultivar en 221.833 metros cuadrados) para la siguiente cosecha.

Los siguientes son los beneficios obtenidos al disminuir en los indicadores que GaBi realizó en el análisis de ciclo de vida:

- Acidificación: 2.150 especies a salvo al año con el nuevo ciclo de vida.

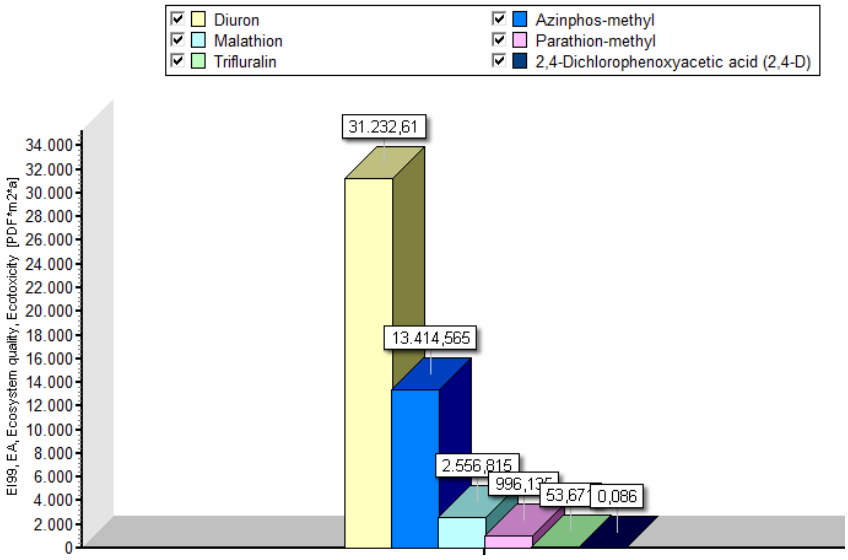
Figura No. 51: Acidificación Ciclo de Vida Algodón Propuesto



Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

- Ecotoxicidad aire: 3.078 especies a salvo al año.

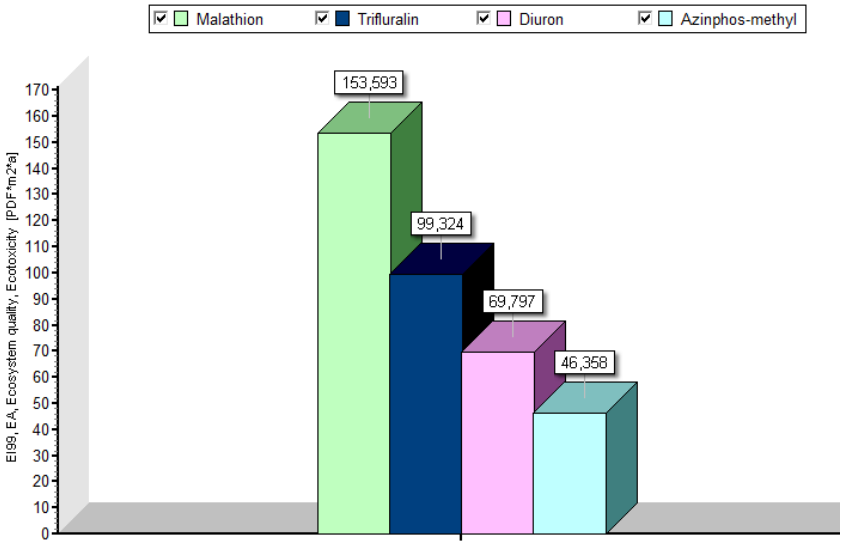
Figura No. 52: Ecotoxicidad aire Ciclo de Vida Algodón Propuesto



Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

- Ecotoxicidad agua: 22 especies a salvo al año.

Figura No. 53: Acidificación Ciclo de Vida Algodón Propuesto



Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

- Factores DALY salud humana: se redujeron todos los indicadores DALY en un 6% por el nuevo ciclo de vida al usar el desperdicio de algodón.

Salud Humana, Efectos cancerígenos [DALY]

Tabla No. 26: Salud Humana, Efectos cancerígenos, Ciclo de Vida Algodón Propuesto

Flows	0,0001073
Emissions to air	6,3222E-006
Inorganic emissions to air	
Organic emissions to air (group VOC)	9,058E-007
Other emissions to air	
Particles to air	
Pesticides to air	5,4164E-006
Emissions to fresh water	0,00010098

Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana, Cambio Climático [DALY]

Tabla No. 27: Salud Humana, Cambio Climático, Ciclo de Vida Algodón Propuesto

Flows	**0,063065**
Emissions to air	**0,063065**
Inorganic emissions to air	**0,063061**
Ammonia	
Carbon dioxide	0,013179
Carbon dioxide (biotic)	0,00056224
Carbon monoxide	
Nitrogen oxides	
Nitrous oxide (laughing gas)	0,04932
Sodium chlorate	
Sulphur dioxide	
Organic emissions to air (group VOC)	**3,6339E-006**
Group NMVOC to air	
1,3-dichloropropene (US LCI)	
Hydrocarbons (unspecified)	
Methane	3,6339E-006
Other emissions to air	
Particles to air	
Pesticides to air	
Emissions to fresh water	

Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana, Respiratorio (inorgánico) [DALY]

Tabla No. 28: Salud Humana, Respiratorio (inorgánico), Ciclo de Vida Algodón Propuesto

Flows	**0,39705**
Emissions to air	**0,39705**
Inorganic emissions to air	**0,38642**
Ammonia	0,079731
Carbon dioxide	
Carbon dioxide (biotic)	
Carbon monoxide	9,308E-005
Nitrogen oxides	0,29406
Nitrous oxide (laughing gas)	
Sodium chlorate	
Sulphur dioxide	0,012541
Organic emissions to air (group VOC)	
Other emissions to air	
Particles to air	**0,01063**
Dust (PM10)	0,0028172
Dust (PM2.5)	0,0072373
Dust (unspecified)	0,00057549
Pesticides to air	
Emissions to fresh water	

Fuente: GaBi 4: *Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Salud Humana, Respiratorio (orgánico) [DALY]

Tabla No. 29: Salud Humana, Respiratorio (orgánico), Ciclo de Vida Algodón Propuesto

Flows	**0,00046501**
Emissions to air	**0,00046501**
Inorganic emissions to air	
Organic emissions to air (group VOC)	**0,00046501**
Group NMVOC to air	**2,7853E-005**
1,3-dichloropropene (US LCI)	
Hydrocarbons (unspecified)	0,00043715
Methane	1,0571E-008

Fuente: GaBi 4*: Software and data base for Life Cycle Engineering, PE INTERNATIONAL* GmbH, April 2007, elaboración propia.

Anexo 15: Modelo encuesta realizada

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Fecha: _____
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ENCUESTA AGRO SUMINISTROS
"Mejoramiento de la productividad de la hilatura del algodón y su proyección en el sector textil, desde el enfoque de la producción más limpia y el LCA"
Responsable: Alexander Mateus Vargas

Nombre del establecimiento: _____
Municipio:_____ Departamento:_____
Nombre del encuestado: _____
Cargo: _____ Tiempo de desempeño: _____
Profesión:_____ Años en el comercio:_____

Esta encuesta se desarrolla con fines académicos, por lo tanto su uso no será comercial, la información aportada tendrá un análisis y resultado que el entrevistado podrá consultar finalizada la investigación.

El objetivo de la encuesta es obtener información por parte de los agros suministros que comercialice hilaza, sobre el uso y las características que posee, comparándose con un nuevo producto a base de desperdicio de algodón. Toda la encueta está relacionada con un mejor uso del desperdicio del algodón en el comercio.

Primera Parte: preguntas del producto actual

1. ¿Cuáles son aproximadamente sus ventas mensuales en kilos del producto actual?
   _____

2. ¿Qué tipo de cliente solicita el producto?

Agricultor	☐	Artesano	☐
Otros	☐	¿Cuáles?	_____

3. ¿Cuáles son las características solicitadas para el producto?

Resistencia	☐	Rendimiento	☐	
Biodegradabilidad	☐	Color	☐	¿Cuál? _____
Otros	☐	¿Cuáles?	_____	

Segunda Parte: Presentación producto nuevo

1. ¿El precio es adecuado?

SI ☐ NO ☐

2. ¿La resistencia es la necesaria?

SI ☐ NO ☐

3. El producto es biodegradable, ¿es importante para su uso?

SI ☐ NO ☐

4. Otras observaciones:

_____
_____
_____
_____

5. ¿Está dispuesto a comprar el producto?

SI ☐ NO ☐

Anexo 16: Estados de Resultados

HILAZAS MATEGAM LTDA
NIT 830.007.641 - 4
ESTADO DE RESULTADOS
(Valores expresados en pesos colombianos)

INGRESOS OPERACIONALES	FEB - MZO
Venta de Hilazas Retorcidas	476.737.735
TOTAL INGRESOS NETOS	**476.737.735**
COSTO DE VENTAS	**356.629.897**
Materia prima de producto manufacturado	334.266.211
Mano de obra de producto manufacturado	22.363.686
GASTOS OPERACIONALES Y DE VENTAS	**15.456.578**
Gastos Administrativos	9.295.158
Gastos de ventas	6.161.420
INGRESOS / EGRESOS NO OPERACIONALES	
Ingresos no operacionales - Financieros	0
Gastos no operacionales	10.490.022
Impuesto de renta	
UTILIDAD (PERDIDA) EJERCICIO	**94.161.238**

CARLOS WALTER GUEVARA HINCAPIE
T.P. No. 38143 - T

HILAZAS MATEGAM LTDA
NIT 830.007.641 - 4
ESTADO DE RESULTADOS
(Valores expresados en pesos colombianos)

INGRESOS OPERACIONALES	**JUL-AGO**
Venta de Hilazas Retorcidas	551.124.258
TOTAL INGRESOS NETOS	**551.124.258**
COSTO DE VENTAS	**407.385.188**
Materia prima de producto manufacturado	384.890.268
Mano de obra de producto manufacturado	22.494.920
GASTOS OPERACIONALES Y DE VENTAS	**15.830.608**
Gastos Administrativos	12.318.517
Gastos de ventas	3.512.091
INGRESOS / EGRESOS NO OPERACIONALES	
Ingresos no operacionales - Financieros	0
Gastos no operacionales	14.354.732
Impuesto de renta	
UTILIDAD (PERDIDA) EJERCICIO	**113.553.730**

CARLOS WALTER GUEVARA HINCAPIE
T.P. No. 38143 - T