



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

IDENTIFICACIÓN E IMPULSO DE LA SIMBIOSIS EN UN PARQUE INDUSTRIAL

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
SARA LIZBETH FLORES ARIAS

TUTOR
M.I. FRANCISCA IRENE SOLER ANGUIANO
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. AGOSTO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Fuentes Zenón Arturo
Secretario: M.I. Wellens Purnal Ann Godelieve
Vocal: M.I. Soler Anguiano Francisca Irene
1^{er.} Suplente: Dra. Elizondo Cortés Mayra
2^{do.} Suplente: M.I. Rivera Colmenero José Antonio

Lugares donde se realizó la tesis:
MÉXICO, D.F.

TUTOR DE TESIS:

M.I. Francisca Irene Soler Anguiano.

FIRMA

Agradecimiento

Agradezco de manera especial y con mucho respeto a mi tutora la Maestra Francis Soler Anguiano, ya que durante mi estancia en el posgrado recibí su apoyo y comprensión para la realización de ésta tesis.

Por la colaboración de la alta gerencia de las empresas sujetas al estudio, gracias.

Por su tiempo y dedicación, agradezco a mis profesores sinodales:

M.I. Ann G. Wellens Purnal

Dra. Mayra Elizondo Cortés

M.I. Arturo Fuentes Zenón

M. en I. José Antonio Rivera Colmenero

También, agradezco a mi madre, hermanas y sobrinos pues han sido una motivación importante para mi desarrollo personal y profesional.

Finalmente, agradezco al CONACYT por el importante apoyo económico que me brindó durante mi maestría y a las personas que hacen posible este programa de becas.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Índice de figuras..... | i |
| Índice de tablas..... | ii |
| Resumen | iii |
| Abstract..... | iv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivo general | 2 |
| Objetivos particulares | 2 |
| Alcance..... | 2 |
| Capítulo 1. Marco teórico..... | 4 |
| 1.1 ¿Qué es un parque industrial? | 5 |
| 1.2 Tipos de parques industriales | 5 |
| 1.3 Tamaño del parque industrial | 6 |
| 1.4 ¿Qué es un parque eco-industrial? (PEI)..... | 7 |
| 1.5 Tipos de parques eco-industriales | 8 |
| 1.6 Etapas para el diseño de un PEI | 9 |
| 1.7 Beneficios y oportunidades de los PEI's | 10 |
| 1.8 Riesgos de los PEI's..... | 11 |
| 1.9 Parques eco-industriales a nivel mundial..... | 12 |
| 1.10 Parque eco-industrial y la ecología industrial | 18 |
| 1.11 Parque eco-industrial y la simbiosis industrial | 20 |
| 1.12 Soporte legal..... | 24 |
| Capítulo 2. Metodología..... | 25 |
| Capítulo 3. Caso de estudio..... | 35 |
| 3.1 Antecedentes del parque industrial | 35 |
| 3.2 Empresa de hilatura | 37 |
| 3.3 Empresa de tejido..... | 50 |
| 3.4 Empresa de teñido..... | 62 |
| 3.5 Empresa de confección..... | 70 |
| 3.6 Resultados obtenidos | 77 |
| Capítulo 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 89 |

| | |
|---|-----------|
| Referencias bibliográficas | 91 |
| Anexos..... | 94 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Beneficios obtenidos al configurar un parque industrial como uno eco-industrial..... | 10 |
| Figura 1.2 Niveles de intercambio en la simbiosis industrial en el parque eco-industrial Kalundborg, Dinamarca | 13 |
| Figura 1.3 Diagrama del parque eco-industrial Zaozhuang-China | 17 |
| Figura 2.1 Esquema general de la metodología de investigación..... | 25 |
| Figura 3.1 Localización geográfica del PI en Tepeji del Río de Ocampo, Edo. de Hidalgo, México... | 36 |
| Figura 3.2 Constitución del pequeño-parque industrial por la empresa de hilatura, de tejido, teñido y confección | 37 |
| Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de hilatura | 38 |
| Figura 3.4 Máquina blendomat encargada de realizar la apertura del proceso de hilatura | 40 |
| Figura 3.5 Máquina cardadora que realiza la operación de selección de fibras largas hasta obtener una cinta de fibras (como la que se observa en la imagen) unidas en base al principio de centrifugación | 41 |
| Figura 3.6 Torzales, maquinaria que realiza el hilado de las cintas cardadas de algodón..... | 41 |
| Figura 3.7 Bobinas o husadas de plástico con hilo crudo..... | 42 |
| Figura 3.8 Diagrama de flujo de materiales. Suministro de agua en producción en hilatura..... | 44 |
| Figura 3.9 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de hilatura..... | 47 |
| Figura 3.10 Porcentaje de residuos sólidos y líquidos del proceso de la planta de hilatura | 48 |
| Figura 3.11 Diagrama de flujo social del área de producción de hilatura..... | 49 |
| Figura 3.12 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de tejido | 50 |
| Figura 3.13 Máquina urdidora directa, al fondo se observa una fileta con canillas de plástico envueltas con hilo crudo | 51 |
| Figura 3.14 Resumen de diferencias entre el urdido directo e indirecto | 52 |
| Figura 3.15 El proceso de engomado permite recubrir la hebra del hilo para aumentar la resistencia y evitar la separación de fibras | 53 |
| Figura 3.16 Diagrama de flujo de materiales, suministro de agua en los departamentos de producción, empresa de tejido | 55 |
| Figura 3.17 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de tejido | 58 |
| Figura 3.18 Porcentaje de residuos sólidos y líquidos del proceso de la empresa de tejido..... | 60 |
| Figura 3.19 Diagrama de flujo social del área de producción de tejido..... | 61 |
| Figura 3.20 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de teñido | 62 |
| Figura 3.21 Maquinaria especial para el proceso de teñido de tela | 63 |
| Figura 3.22 Diagrama de flujo de materiales, suministro de agua en los departamentos de producción, empresa de teñido | 64 |
| Figura 3.23 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de hilatura..... | 68 |
| Figura 3.24 Porcentaje de residuos sólidos del proceso de la empresa de teñido..... | 69 |
| Figura 3.25 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de confección | 71 |
| Figura 3.26 Tela cortada transversalmente dispuesta en pequeños lotes para someterla posteriormente a la costura lineal y transversal en la empresa de confección..... | 72 |
| Figura 3.27 Etiquetado de una toalla facial..... | 73 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.28 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de confección..... | 74 |
| Figura 3.29 Porcentaje de residuos sólidos y líquidos del proceso de la empresa de confección ... | 75 |
| Figura 3.30 Diagrama que representa las redes simbióticas identificadas en el parque industrial . | 81 |
| Figura 3.31 Red simbiótica de agua potencial. El 65% de agua total que ingrese al proceso productivo de las empresas de hilatura, tejido y teñido sería agua tratada | 84 |
| Figura 3.32 Adaptado en función a la Normatividad Oficial Mexicana de: Minimización de residuos Textiles | 94 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1 Clasificación de los parques industriales según su superficie | 7 |
| Tabla 1.2 Lista de materiales que se intercambiaban en el parque eco industrial de Kalundborg desde 1972 a 1993..... | 14 |
| Tabla 1.3 Comparativo de beneficios ambientales con y sin simbiosis | 15 |
| Tabla 3.1 Cantidad de agua que es suministrada aproximadamente en la empresa de hilatura en sus diferentes áreas de producción en los cuatro turnos laborables durante una semana de producción..... | 45 |
| Tabla 3.2 Proyección de la cantidad de agua aproximada utilizada en el proceso productivo de la empresa de hilatura..... | 46 |
| Tabla 3.3 Cantidad de agua que es suministrada aproximadamente en la empresa de tejido en sus diferentes áreas de producción en los cuatro turnos laborables (excepto el departamento de vaporizado que sólo labora dos turnos) durante una semana de producción | 57 |
| Tabla 3.4 Proyección de la cantidad de agua aproximada utilizada en el proceso productivo de la empresa de tejido..... | 57 |
| Tabla 3.5 Maquinaria existente en la empresa de teñido en el área de producción, modelo de maquinaria, capacidad de carga de materia prima en kilogramos y capacidad de agua requerida en litros | 65 |
| Tabla 3.6 Maquinaria existente en la empresa de teñido en el área de producción, modelo de máquina, capacidad de carga de toalla y volumen de agua requerido para tal carga | 65 |
| Tabla 3.7 Cantidad de agua que es suministrada aproximadamente en la empresa de teñido en las áreas de producción que así lo requieren en los cuatro turnos laborables durante una semana de producción | 67 |
| Tabla 3.8 Proyección de la cantidad de agua aproximada utilizada en el proceso productivo de la empresa de teñido..... | 67 |
| Tabla 3.9 Diagrama de flujo social del área de producción, empresa teñido..... | 70 |
| Tabla 3.10 Diagrama de flujo social del área de producción, empresa de confección..... | 76 |
| Tabla 3.11 Matriz de evaluación para el intercambio o compartimiento de recursos para la simbiosis industrial | 80 |
| Tabla 3.12 Resultados obtenidos a partir de la matriz de evaluación de sinergias de trabajo en el parque industrial..... | 81 |
| Tabla 3.13 Impacto económico potencial al aplicar simbiosis industrial en el PI..... | 85 |

Resumen

Si bien es cierto que la actividad industrial permite un crecimiento y desarrollo económico-social de los países, también es uno de los principales factores que contribuye al deterioro del medio ambiente, acarreado con ello pérdidas de recursos naturales que en mucho de los casos sirven como materia prima para las empresas.

Actualmente algunos países han adoptado medidas que permiten perpetuar el medio ambiente y sus recursos por ejemplo, el simular sinergias de trabajo en parques industriales similares a las que existen en la naturaleza, para lo cual se plantea rediseñar sistemas industriales a semejanza de los ecosistemas naturales intercambiando flujos residuales entre empresas, compartiendo infraestructura y/o servicios.

Es por ello que en esta investigación se elaboró una metodología para analizar e identificar simbiosis existentes en un parque industrial y así gestionar la reducción de los impactos negativos ambientales y promover una mejora económica.

La metodología se basó en un mapeo de procesos productivos, recolección de datos para la construcción y el análisis de diagramas de flujo de materiales (agua únicamente), de residuos y de personal operativo, así a través de una matriz de evaluación se identificaron 3 sinergias existentes y otras 9 simbiosis altamente potenciales.

Abstract

While it is true that the industrial activity allows a growth and economic-social development of the countries, also is one of the principal factors that contribute to degradation and environmental deterioration, this leads to losses of valuable raw materials for industry.

Nowadays, some countries have already adopted measures to perpetuate the environmental and its natural resources for example, simulating synergy of work in industrial parks as those existing in the nature this is based on the redesigning industrial systems such the natural ecosystems through the exchange of waste, sharing infrastructure and services between enterprises.

In this investigation, a methodology was developed to analyze and identify symbiosis there are in an industrial park to manage reduction negative environmental impact and promote better economic.

This methodology was based in the maPIng of process production, data collection and analysis of flow charts of materials (only water in this case), of waste and of operational personnel, so through of an evaluation matrix were identified 3 synergies existing and other 9 symbiosis potential

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la actividad industrial a nivel mundial tiene como plataforma el asentamiento de plantas industriales, comercial o de servicios en áreas delimitadas que cuentan con servicios e infraestructura en común, estas áreas reciben el nombre de parques industriales. Las actividades que se desarrollan en éstas zonas propician el crecimiento, el desarrollo y la modernización económica y social de los países. Sin embargo, el resultado de la actividad industrial también impacta de manera negativa en el medio ambiente lo que origina escases de recursos naturales y por tanto, escases de materia prima para la manufactura.

Bajo éste contexto, algunos parques industriales ubicados por ejemplo en Dinamarca, Estados Unidos y China, han recurrido a la cooperación entre firmas simulando los procesos simbióticos de la naturaleza; lo que para una empresa es residuo para otra es materia prima, esto con la finalidad de integrar soluciones técnicas, financieras y logísticas diseñadas para minimizar el impacto ambiental permitiendo así el desarrollo sustentable. Lo anterior, define el concepto innovador de parques industriales ecológicos o parques eco-industriales.

En Tamaulipas, México, se creó el primer parque eco-industrial en el año de 1997, está constituido por más de veinte empresas las cuales, a través del desarrollo de sinergias o relaciones simbióticas, han logrado múltiples beneficios económicos, ambientales y sociales.

La tendencia de hoy en día en México y otros países, es la puesta en marcha de la práctica de simbiosis industrial como herramienta principal para construir parques eco-industriales. En contribución a ello, en este trabajo se aplica a un parque industrial (PI), una metodología basada en una de las herramientas de la simbiosis industrial: el seguimiento del flujo de materiales, y ésta última a su vez se apoya del uso de la método del mapeo de procesos para ésta tesis se lleva a cabo

específicamente a nivel producción de las cuatro empresas que constituyen al PI. Además de ello, se elaboran y se analizan diagramas de flujo de materiales (agua), residuos y personal operativo para identificar redes de intercambio existentes así como se evalúan aquellas otras sinergias potenciales de tal manera que los resultados obtenidos sean propuestos al complejo industrial para ser sometidos a una posterior evaluación e implementación.

Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo es analizar, a través del seguimiento de flujo de materiales, las redes de intercambio existentes a nivel producción en un parque industrial así como la identificación de nuevas sinergias que permitan, en un momento dado, gestionar la disminución de los impactos ambientales y la mejora económica, siendo esto parte de la implementación del modelo parque eco-industrial.

Objetivos particulares

Los objetivos particulares son:

- Analizar los diferentes procesos productivos en el parque industrial a través del mapeo de procesos de cada empresa.
- Describir las redes de intercambio que existen en el PI a nivel producción.
- Identificar nuevas simbiosis en el PI.
- Representar las redes simbióticas en un diagrama y enlistarlas.

Alcance

El alcance del presente trabajo de investigación consiste en aplicar, una metodología diseñada a partir de la revisión de la literatura científica acerca de las

experiencias existentes de parques eco-industriales y de simbiosis industrial, a un complejo constituido por cuatro empresas de giro textil ubicado en Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo; con la finalidad de identificar sinergias existentes así como detectar aquellas otras que representen una oportunidad potencial para crear relaciones de intercambio de materiales, residuos y mano de obra. Las simbiosis detectadas son representadas en un diagrama general y propuestas en un listado; sin embargo, estas mismas pueden ser evaluadas económicamente mediante un estudio posterior, finalizando con la elección de las sinergias viables, la implementación y control.

Lo anterior, representa una gran oportunidad para gestionar la reducción de los impactos ambientales negativos que el complejo industrial genera a la comunidad a través de sus actividades, así como también incrementaría los beneficios económicos para las empresas, por ello que la alta dirección de las firmas está de acuerdo con el desarrollo de esta tesis.

Por otro lado, realizar un estudio de las áreas administrativas y productivas en el parque industrial resulta considerablemente extenso, de ahí el interés por analizar concretamente el departamento de producción de cada empresa. Asumiendo lo anterior, se realiza el análisis de materiales específicamente del agua debido a que se cuenta con información disponible, referente a los residuos y mano de obra se consideraron todos los recursos ya que se cuenta con datos suficientes.

Capítulo 1. Marco teórico

Los parques industriales representan una importante oportunidad para el desarrollo económico y social de cualquier país. Sin embargo, la práctica industrial ha traído consigo un serio problema ambiental, los recursos naturales están siendo sobreexplotados, la fauna y la flora se ha visto verdaderamente afectada por excesivos residuos industriales que en su mayoría de los casos no son tratados. Países clasificados como desarrollados (Dinamarca, Estados Unidos, China, etc.) han puesto en marcha una serie de estrategias y planes para la conservación del medio ambiente y sus recursos con el objetivo de desarrollar una industria sustentable.

Algunas de estas medidas son la implementación de parques eco-industriales los cuales intentan simular las simbiosis que existen en la naturaleza, esta idea surge a partir de la teoría de la ecología industrial (Lowe, 1995) cuya estrategia se enfoca en el intercambio de materiales, de residuos y compartición de infraestructura, logrando con ello una disminución en la generación de residuos y en el consumo de recursos naturales, y consecuentemente una mejora de la eficiencia global del sistema (Chertow, 2004).

Pese que México es un país en vías de desarrollo, hoy en día está siendo partícipe de la implementación de parques eco-industriales, tal es el caso del parque eco-industrial desarrollado en Tamaulipas, en el año 1997.

A continuación se expone una serie de conceptos que proporcionarán al lector un conocimiento profundo acerca de la teoría que le da significado al presente trabajo de investigación.

1.1 ¿Qué es un parque industrial?

Un parque industrial es una gran extensión de tierra, subdividida y desarrollada para su uso, por diferentes firmas de forma simultánea, distinguiéndose por su compatibilidad en infraestructura y la proximidad de las firmas que lo integran (Peddle, 1993).

De acuerdo con la definición de la norma mexicana NMX-R-046-SCFI-2005, un parque industrial es la superficie geográficamente delimitada y diseñada especialmente para el asentamiento de la planta industrial en condiciones adecuadas de ubicación, infraestructura, equipamiento y de servicios, con una administración permanente para su operación. Busca el ordenamiento de los asentamientos industriales y la desconcentración de las zonas urbanas y conurbadas, hacer un uso adecuado del suelo, proporcionar condiciones idóneas para que la industria opere eficientemente y se estimule la creatividad y productividad dentro de un ambiente confortable. Además, coadyuva a las estrategias de desarrollo industrial de una región.

1.2 Tipos de parques industriales

Existen muchos tipos de parques industriales que se han concebido con base en algunos aspectos como facilidades físicas, servicios comunes, mecanismo institucional de desarrollo, dirección y operación continuos del centro, ubicación, tamaño, patrocinio ofrecido, etc.

- Según su uso:
 - ✓ Uso industrial básico. Donde básicamente existen actividades manufactureras, así como actividades de almacenaje de mercancías, depósitos de productos en local cerrado y talleres de reparación de bienes de producción y de consumo.

- Mixtos:
 - ✓ Los que están destinados a actividades industriales, oficinas y almacenes.
 - ✓
- Carácter temático.
 - ✓ Lugares donde no necesariamente se manejan contaminantes o sustancias peligrosas, pueden ser destinados para industria pesada o industria básica del hierro y del acero, químicas, u otras actividades no admisibles, por el carácter de sus funciones o por los requisitos especiales del espacio que ocupan, en los parques de tipo básico.
 - ✓ Espacios para actividades especiales por su carácter contaminante o impacto ambiente donde ocurre un consumo abundante y específico de recursos naturales.
 - ✓ Áreas para el depósito, venta y recuperación de productos usados, los cuales estarán destinados a acoger un conjunto de funciones derivadas de la recogida y recuperación de productos, a su depósito e incluso a la venta al por mayor o al por menor.

1.3 Tamaño del parque industrial

La tabla 1.1 se refiere a la clasificación del tamaño de los parques industriales de acuerdo con la superficie que los delimita. Esto es, menos de 2 hectáreas se trata de un micro parque industrial, entre 2 y 10 hectáreas es uno de tamaño pequeño, entre 10 y 50 hectáreas es mediano, mientras que entre 50 y 100 hectáreas es grande, finalmente se considera tamaño macro aquel parque que tenga más de 100 hectáreas de superficie.

Tamaño del parque industrial

| | |
|---------|--------------------|
| Macro | mayores de 100 Ha. |
| Grande | entre 50 y 100 Ha. |
| Mediano | entre 10 y 50 Ha. |
| Pequeño | entre 2 y 10 Ha. |
| Micro | menos de 2 Ha |

Tabla 1.1 Clasificación de los parques industriales según su superficie. Fuente: Norma NMX-R-046-SCFI-2002

1.4 ¿Qué es un parque eco-industrial? (PEI)

El estudio de los parques eco-industriales ha cobrado gran importancia en los últimos años (a partir del año 1993 que es cuando se formalizó el concepto de PEI por un equipo conformado por *Indigo Development*, la Universidad de Dalhousie en Escocia y la Universidad de Cornell) y como consecuencia de ello han aumentado las definiciones de los mismos, que incluyen diferentes estrategias de la ecología industrial además de la creación de redes de intercambio de materia y energía:

Para Lowe (1996) un parque eco-industrial es “un conjunto de compañías generadoras de productos y servicios que intentan mejorar el funcionamiento ambiental y económico a través de la colaboración en la gestión medioambiental y utilización de recursos como energía y agua. La mejora del funcionamiento ambiental y económico incluye el diseño y rediseño de las infraestructuras y edificios del parque, prevención de la contaminación y eficiencia energética.”

Una definición más nos dice que, un parque eco-industrial es una “comunidad industrial en la que los vecinos, industrias manufactureras y compañías de servicios comparten un sentimiento de pertenencia a una comunidad y unos recursos básicos (información, materiales, infraestructuras de prevención de la

contaminación) para maximizar los beneficios económicos y sociales mientras se reducen sus impactos ambientales. Alcanzar estos objetivos exige el diseño y utilización de tecnologías eficientes en el uso de recursos, energía y reciclado de residuos. También implica la creación de una identidad cultural, un diseño ambiental de los edificios y la construcción de redes industriales simbióticas según Oh y Kim (2005)”.

En general, la idea fundamental de las definiciones de parques eco-industriales enmarca la utilización compartida de infraestructuras, servicios, información y la creación de redes de intercambio (simbiosis industrial), con esto último los PEI pretenden imitar las eficiencias de los ecosistemas naturales para alcanzar un consumo y una producción más sostenible, obteniéndose una reducción de las cantidades de residuos (materiales y emisiones) generadas y la conversión de subproductos en recursos y productos reutilizables.

1.5 Tipos de parques eco-industriales

De acuerdo con Chertow (2000) los parques eco-industriales se clasifican en cinco tipos según la superficie geográfica y a la calidad de los intercambios sinérgicos:

- El tipo uno son aquellos parques donde se da el intercambio de residuos. Los materiales recuperados son vendidos o cedidos por terceros distribuidores a otras empresas u organizaciones.
- El segundo tipo son aquellos en los cuales existe el intercambio de residuos dentro de una institución, empresa u organización, por lo general se da en un solo sentido.
- El tercer tipo es aquel parque donde las empresas son cercanas entre sí en una zona industrial definida. En este caso incluye el intercambio de materiales, desechos o energía entre las organizaciones en las proximidades.

- El cuarto tipo es el caso donde las empresas no están cercanas entre sí en una zona industrial definida (p.e. Kalundborg).
- El quinto tipo se presenta cuando las empresas están organizadas en una región más amplia. Este tipo incluye intercambios en una región espacial amplia y un mayor número de empresas.

1.6 Etapas para el diseño de un PEI

Las directrices para la implantación de un parque eco-industrial se han ido desarrollando lentamente, en algunos casos se han desarrollado sobre la base de proyectos de investigación aplicada (Coté, 1998).

Existen múltiples organismos internacionales privados o gubernamentales que delimitan una serie de etapas a considerar en el diseño de parques eco-industriales. Sin embargo, en casi todos ellos se pueden distinguir tres etapas primordiales.

El proceso comienza con una fase de planificación en la que se procede al análisis de la ubicación de las industrias del mismo, con base en las características de éstas y del espacio en el que se ubican. Cuando se parte de la existencia de una actividad previa, durante la fase de planificación del PEI es sumamente importante identificar una empresa ancla, es decir, la empresa con mayor generación de residuos o aquella que mantenga un nivel de simbiosis más amplio con el resto. En ausencia de esta empresa ancla, también se pueden identificar conglomerados de empresas que presenten sinergias en la reutilización de materiales y/o energía, mediante un análisis de flujo de materiales.

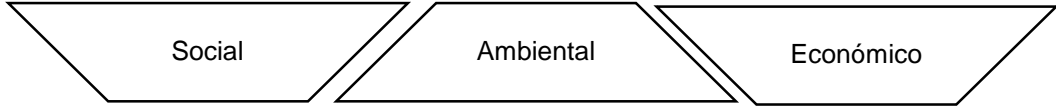
La segunda fase comprende el diseño que contempla aspectos básicos de la simbiosis entre las actividades productivas y el medio en el que se instalan. En ésta se incluyen aspectos como: el estudio de flujos de materiales y energía, así como la generación de subproductos, la integración de las obras de infraestructura

del parque con el entorno; el aprovechamiento bioclimático en los elementos constructivos; el diseño de los caminos de acceso y la distribución de la circulación interna; sistemas de distribución y saneamiento de aguas, etc.

La tercera de las etapas en el proceso de implantación de un parque eco-industrial es la relativa al establecimiento de cartografía que posibilite la planificación y control de las condiciones medioambientales en el parque y su entorno.

1.7 Beneficios y oportunidades de los PEI's

Algunos de los beneficios que se presentan cuando los parques industriales son configurados como parques eco-industriales son los que se exponen en la figura 1.1.



| Social | Ambiental | Económico |
|--|--|-------------------------------------|
| Extensión de las oportunidades comerciales locales | Uso eficiente de recursos | Rentabilidad superior |
| Mejoramiento de la salud | Reducción de residuos | Refuerzo de la imagen en el mercado |
| Mejoramiento de las oportunidades de empleo | Soluciones ambientales innovadoras | Eficiencia ambiental comprobada |
| Orgullo de la comunidad | Aumento en la protección de los ecosistemas aledaños | Lugares de trabajo de mejor calidad |
| | Mejoramiento continuo | Acceso para financiamiento |

Figura 1.1 Beneficios obtenidos al configurar un parque industrial como uno eco-industrial. Fuente: Potential benefits of eco-industrial development. 1999.

Las oportunidades que ofrece un parque eco-industrial es que se considera, por la mayoría de los expertos, como una de las estrategias para alcanzar el desarrollo industrial sustentable y como herramienta útil para la aplicación de ideas de la ecología industrial conllevando a una mayor protección del ambiente y, simultáneamente, creando un nuevo modelo para el desarrollo económico local.

1.8 Riesgos de los PEI's

Algunos riesgos que se asumen al iniciar la implementación de PEI's son:

- Dificultades en la gestión: En la mayoría de los casos, las empresas no confían y tampoco muestran interés en el proceso de establecimiento de un PEI. La colaboración y participación responsable entre las empresas, agencias públicas de consultoría, diseñadores industriales, proyectistas y compañías locales presentes en el parque podría asegurar el éxito de la reorganización del polígono industrial para la transformación a un PEI. El mayor riesgo es la posible incapacidad para superar la fragmentación tradicional entre las empresas y entre los grupos de poder instalados en éstos.

- Riesgos asociados a las relaciones: Según, Gibas, D. y Deutz, P. (2007) describen una serie de condicionantes que deben tenerse en cuenta ante la iniciativa del desarrollo de un PEI, tales aspectos hacen aún más difícil la colaboración de las empresas:
 - ✓ Las industrias deben ser diferentes y ajustarse unas a otras.
 - ✓ Los acuerdos entre las empresas participantes deben tener sentido comercial y producir beneficios.
 - ✓ El desarrollo debe ser voluntario, y en estrecha colaboración con las autoridades que gestionan el parque.
 - ✓ Los miembros deben estar dispuestos a depender unos de otros.
 - ✓ Es necesario que la distancia física entre las empresas participantes sea pequeña, para mejorar los aspectos relacionados con el transporte.
 - ✓ La necesidad de mejora continua, tanto productiva, como en términos de conocimiento hace que se requiera de una sustancial inversión en infraestructura y en investigación.

- Riesgo por retraso tecnológico: Resulta que para las estructuras eco-industriales la tecnología se considera como un obstáculo y no como la potencialidad de desarrollo, introducir tecnologías ambientalistas al principio implica grandes inversiones que muchas veces no se realizan por falta de financiamiento o interés.

1.9 Parques eco-industriales a nivel mundial

1.9.1 Parque eco-industrial Kalundborg –Dinamarca

Kalundborg es una ciudad de 20.000 habitantes localizada en el norte de Dinamarca. Desde 1960, la ciudad se convirtió en un centro industrial de gran importancia para el país gracias a la configuración de un parque eco-industrial a gran escala en su región; este hecho le ha merecido un reconocimiento como paradigma urbano de productividad (Cote, 1999).

Sin embargo, el proyecto de configuración del parque no fue resultado de un proceso de planeación como tal, sino más bien, consecuencia de una cooperación gradual de cuatro industrias vecinas en el municipio de Kalundborg a lo largo de un periodo de más de veinte años (1972): la central eléctrica ASNAES, la refinería de petróleo STATOIL, empresa de paneles de cartón yeso GYPROC además de una planta farmacéutica NOVODISK, más tarde se integran otras empresas y el mismo municipio de Kalundborg.

Esta cooperación se basó esencialmente en la simbiosis industrial, donde el parque industrial se entendía como una cadena alimenticia con el intercambio de materiales, energía, agua e información. En la figura 1.2 se describe que en el primer nivel están los productores primarios de energía que son la planta eléctrica ASNAES (ASNAES está en el corazón de la red) y la refinería STATOIL, en el segundo nivel están los consumidores energéticos primarios: la planta de ácido

sulfúrico KEMIRA, la industria de paneles de cartón yeso GYPROC y la planta farmacéutica NOVODISK, en el tercer nivel está el consumidor energético secundario: el municipio de Kalundborg, finalmente, se encuentran el eslabón de los descomponedores: una planta de biomasa, y las granjas acuícolas, porcinas y de cultivo.

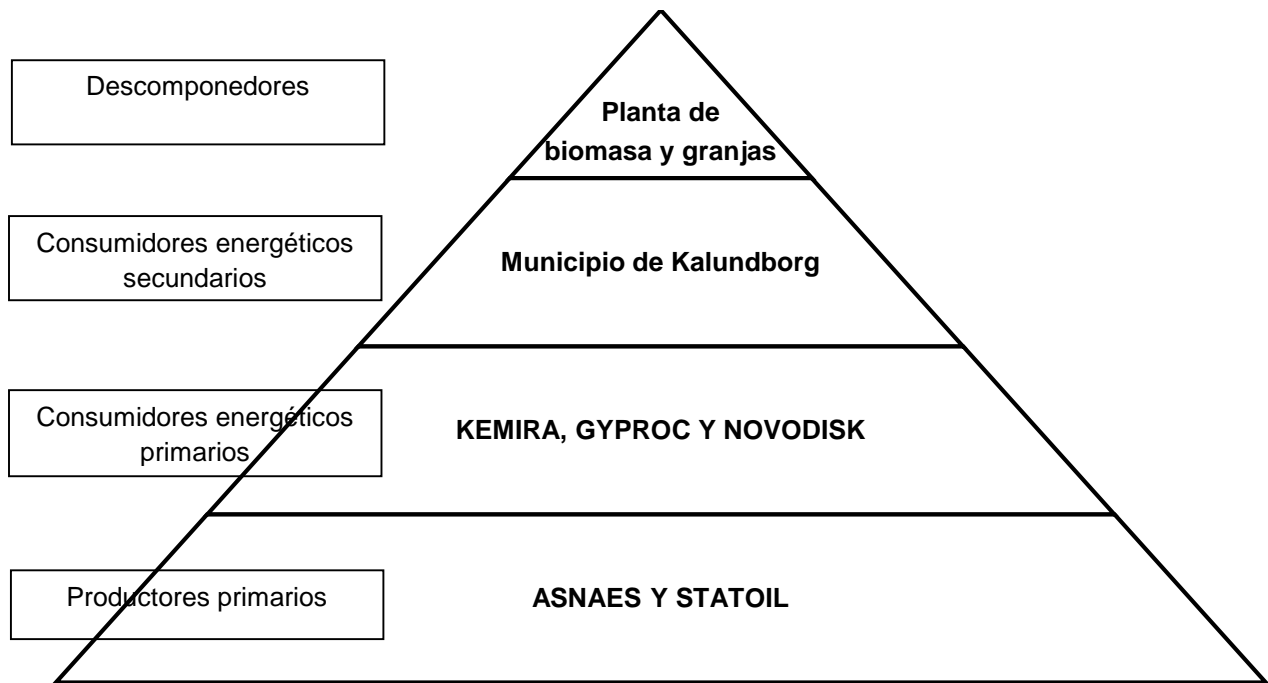


Figura 1.2 Niveles de intercambio en la simbiosis industrial en el parque eco-industrial Kalundborg, Dinamarca. Elaboración propia.

Los principales materiales que se intercambiaron durante algunos años en Kalundborg se exponen en la tabla 1.2, se menciona el origen y destino de los mismos, la cantidad en toneladas por año y si estos fueron intercambiados a cambio de un recurso económico o no.

Por otra parte los beneficios ambientales se comparan y se resumen en la tabla 1.3. Se puede observar, por ejemplo, que la cantidad de liberada de CO₂ (bióxido de carbono) es de 4.3 miles de toneladas sin realizar simbiosis mientras que aplicando simbiosis redujo a 4.1 miles de toneladas.

En cuanto al consumo de materia prima, el recurso con mayor porcentaje de reducción según la tabla, es el yeso natural, pues sin simbiosis la empresa Gyproc demandaba 132.000 toneladas, una vez que establece simbiosis con la empresa Asnæs requiere 52.000 toneladas de yeso natural.

| Material | Origen | Destino | Gratis/venta | Comenzó | Tn./año |
|-----------------------------|---------------|------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Gas excedente | Statoil | Gyproc | Venta | 1972 | 8,000 |
| Lodo | Novo Nordisk | 1,000 granjas | Gratis | 1976 | 1,100,000 |
| Escorias y cenizas | Asnæs | Aalborg Pórtland | Venta | 1979 | 200,000 |
| Vapor | Asnæs | Kalundborg | Venta | 1981 | 225,000 |
| Vapor | Asnæs | Novo Nordisk | Venta | 1982 | 215,000 |
| Vapor | Asnæs | Statoil | Venta | 1982 | 140,000 |
| Agua (refrigerar) | Statoil | Asnæs | Venta | 1987 | 700,000 |
| Agua caliente de mar | Asnæs | Piscifactoría | Gratis | 1989 | |
| Azufre (líquido) | Statoil | Kemira | Venta | 1990 | 2,800 |
| Agua (bio-tratada) | Statoil | Asnæs | Gratis | 1991 | 200,000 |
| Gases de combustión | Statoil | Asnæs | Venta | 1992 | 60,000 |
| Yeso | Asnæs | Gyproc | Venta | 1993 | 85,000 |

Tabla 1.2 Lista de materiales que se intercambiaban en el parque eco industrial de Kalundborg desde 1972 a 1993.
Fuente: Indigo Development.

Al día de hoy, las empresas: Novo Nordisk, Novozymes, Gyproc, municipio de Kalunborg, Dong energy, RGS 90, Statoil, Kara/Novoreny Kalunborgforsyning, (nueve empresas públicas y privadas) pertenecen al parque eco industrial en Dinamarca. También actualmente, se presentan más de treinta intercambios entre los actores de Kalunborg.

El éxito de la implementación de la simbiosis industrial en éste parque eco-industrial ha dado origen a que países de América, Europa y Asia adopten éste modelo con la finalidad de reducción de costos y aumentos de ganancias.

| Sust. Tóxicas | Sin simbiosis | Con simbiosis | 0% Reducción |
|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| CO2 | 4.3 Miles de Tn. | 4.1 Miles de Tn. | 4.6% |
| SO2 | 26.000 Tn. | 25.000 Tn. | 3.8% |
| <i>Cenizas volantes</i> | 200.000 Tn. | 65.000 Tn. | 67.5% |
| Yeso | 80.000 Tn. | 0 | 0% |
| <i>Agua residual</i> | 1.1 Miles de m3 | 0.2 Miles de m3 | 81.81% |
| <i>Azufre</i> | 2.900 Tn. | 0 | 0% |
| Consumos | Sin simbiosis | Con simbiosis | 0% Reducción |
| <i>Carbón</i> | 1.6 Miles de Tn. | 1.57 Miles de Tn. | 1,9 % |
| <i>Petróleo</i> | 40.000 Miles de Tn. | 21.000 M de Tn. | 47,5 % |
| <i>Agua</i> | 4.9 Miles de Tn. | 3,5 M de Tn. | 28,6 % |
| <i>Yeso Natural</i> | 132.000 Tn. | 52.000 Tn. | 60 % |

Tabla 1.3 Comparativo de beneficios ambientales con y sin simbiosis. Fuente: Indigo Development.

1.9.2 Parque eco-industrial Chaparral Steel

A principios de los años 90's gerentes de Chaparral Steel comenzaron a explorar las sinergias que se podían implementar entre esta compañía y la empresa productora de cemento Portland en Texas, USA.

Una de las sinergias detectadas más importantes fue que la escoria de acero podía ser utilizado como materia prima para el cemento ya que contenía silicato dicálcico (cal calcinada), la empresa de cemento compró la escoria en lugar de comprar cal para someterla a calcinación, con ello las emisiones de CO2, NOx y

SO₂ disminuyeron, la empresa productora de acero redujo desperdicios y por consecuencia los beneficios para ambas empresas aumentaron.

1.9.3 Parque eco-industrial de Zaozhuang –China

El parque industrial de Zaozhuang tiene un área de 150 hectáreas, en donde se localizan más de diez empresas. Las actividades de esta organización incluyen una planta productora de amoníaco, una central eléctrica, una cementera, una textilera, una fábrica de coque, una fábrica de cerámica y una fábrica productora de acetileno a partir de carburo. Además existe una planta de tratamiento de aguas residuales y un área residencial ubicada muy cerca al parque.

La figura 1.3 muestra el diagrama del parque industrial y la relación que existe entre la materia prima; este modelo está basado en las relaciones que se establecen entre el recurso hídrico y la energía, satisfaciendo no solamente la industria, sino el sector urbano que se encuentra alrededor.

Se puede observar que la planta de tratamiento de aguas residuales proporciona el agua ya tratada a la central eléctrica y a la planta de amoníaco, satisfaciendo de este modo la demanda de este recurso y buscando el ahorro del mismo. La central eléctrica provee vapor de sus procesos a otras empresas con calderas de vapor pequeñas.

La industria que utiliza el carburo puede proveer con sus residuos a la central eléctrica y el yeso, el producto del proceso de la desulfurización, es utilizado como materia prima para la cementera.

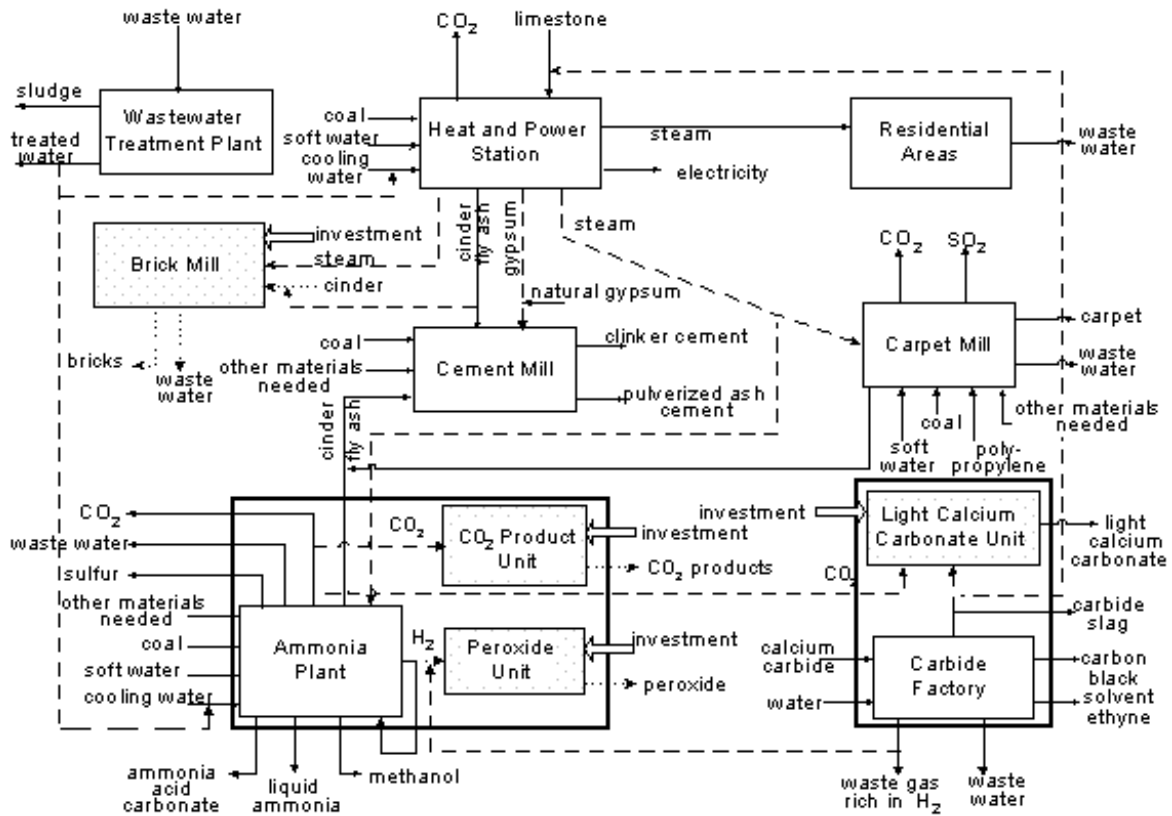


Figura 1.3 Diagrama del parque eco-industrial Zaozhuang-China. Fuente: <http://www.globallearningnj.org>

1.9.4 Parque eco-industrial Tamaulipas, México

En octubre de 1997, el BCSD-GM (*Business Council for Sustainable Development - Gulf of Mexico*) lleva a cabo un proyecto de demostración de sinergia de subproductos de Tamps., México. En este importante corredor industrial ubicado en la frontera norte de México, se establece un importante complejo de la gran industria química y petroquímica.

Veinte empresas participaron en el proyecto de detección de sinergias las cuales son: Indelpro S.A. de C.V., G.E. Plásticos, Grupo Primex, Policyd, Polioles, Poliesters Pecten, PPG, Dupont, Novaquim, NHUMO, INSA-emulsión, INSA-Solución, Pemex, Petrocel-DMT, Petrocel-PTA, Sulfamex, Minera Autlán, Cryoinfra, Grupo Tamps., Johns Mansville, Enertek; identificándose 63 sinergias viables y se seleccionan 13 posibles para el corto plazo.

Algunas de estas sinergias se enlistan a continuación:

- PVC residuos: Grupo Primex convierte los residuos de PVC en suelas de zapatos.
- Recuperación de CO₂: Cuatro participantes emiten cantidades significativas de dióxido de carbono. Los consumidores del área del proyecto obtienen CO₂ de la planta de Cryoinfra Ciudad de México, o de sus competidores.
- Residuos poliméricos para los materiales de construcción: Johns Manville se centraron en los residuos de polímeros de GE-Plastics, PRIMEX, Policyd e INDELPRO para determinar si pueden ser utilizados para hacer materiales de construcción.
- Polietileno / polipropileno bolsas: Seis empresas fueron disponiendo de 134 toneladas de bolsas de plástico cada año. GRUPO TAMPS., los utilizó en la construcción de plataformas para carga de buques.
- Gasificación: PEMEX tenía un flujo importante de hidrocarburos residuales disponibles como fuente de combustible que podía utilizar el municipio.

1.10 Parque eco-industrial y la ecología industrial

En ésta investigación, se refiere a la ecología industrial como un área interdisciplinaria que intenta asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, con una interrelación entre industrias, el medio social y natural que tiende a cerrar el ciclo de materia y quiere llevar los sistemas industriales hacia el desarrollo sostenible (Cervantes, 2007).

Uno de los objetivos de la ecología industrial es cerrar el ciclo de materia, es decir, usar los residuos de una industria que sirva como materia prima para otras industrias muy similares a lo que ocurre en los ecosistemas naturales, lo que permite un nivel cero de desperdicios.

También la ecología industrial tiene como objetivo la creación de sistemas de industrias interrelacionados formando redes (parques eco-industriales o parques eco-eficientes) donde, además de intercambiar materiales, se crean redes socioeconómicas que se vinculan en relaciones de cooperación, cliente-proveedor, de investigación, de pertenencia a asociaciones, de colaboración en proyectos comunes, etc. Integrar la actividad tecnológica es otro objetivo de la ecología industrial, con ello se analizan las entradas de recursos y salidas de residuos. De acuerdo con Erkman (2001) esta visión sistémica ha sido una de las grandes aportaciones de la ecología industrial.

Para la autora de ésta investigación, ha sido de gran importancia retomar el tema de simbiosis industrial que a su vez es una de las herramientas de la ecología industrial dado que ésta última, como ya se mencionó anteriormente, permite tener una visión sistémica; esto es ver al objeto de estudio (al parque industrial en este caso) como un conjunto de partes interrelacionadas con la finalidad de crear redes simbióticas de trabajo que permitan solucionar o minimizar problemas económicos, ambientales y sociales. Las redes simbióticas resultan ser la mejor solución y no soluciones aisladas que a la larga llevan a otros problemas.

Desde el enfoque de la ecología industrial, pueden observarse tres elementos clave (Cervantes, 2007):

1. Creación una red de industrias o entidades relacionadas con su entorno.
2. Imitación del funcionamiento de los ecosistemas naturales.
3. Inclusión de los tres sectores del desarrollo sustentable (social, económico y ambiental).

Las herramientas que emplea la ecología industrial son el análisis de ciclo de vida (LCA), indicador de desarrollo sostenible, análisis de flujo de materia (MFA), diseño para el medio ambiente (DFE) por sus siglas en inglés. Por otra parte, la ecología industrial se sirve de algunos métodos como lo son la simbiosis industrial

y metabolismo industrial (Ayres, 2001) para contribuir al cumplimiento de sus principales objetivos.

1.11 Parque eco-industrial y la simbiosis industrial

La simbiosis industrial (SI) forma parte de la ecología industrial, es una semejanza a las relaciones de intercambio a nivel biológico de la naturaleza (Chertow, 2011).

La simbiosis industrial nace en Kalundborg, Dinamarca (1972) mediante una serie de acuerdos entre distintas empresas y el municipio, es hasta ahora el método por excelencia usado por la ecología industrial (Cervantes, 2011), pues es un método que engloba beneficios a nivel económico, social y ambiental.

Según la definición del Programa Nacional de Simbiosis Industrial (NISP por sus siglas en inglés) “la simbiosis industrial involucra industrias tradicionalmente separadas y otras organizaciones en un acercamiento colectivo con una ventaja competitiva que trata con el intercambio físico de materiales, energía, agua y/o subproductos, además del uso compartido de activos, logística, expertos, y transferencia de conocimientos.” El presente trabajo de investigación toma ésta definición como base.

La SI industrial tuvo como primer objetivo el aspecto económico de las empresas; sin embargo, conforme se obtenían resultados se enfocó en aspectos ambientales y sociales ya que se veían ampliamente beneficiados también.

La simbiosis industrial, también llamada sinergia de subproductos, puede darse entre varias organizaciones dentro de una misma empresa, entre varios departamentos o, en la misma empresa en el mismo departamento pero entre diferentes unidades de producción, entre empresas dentro de un área industrial como es el caso de parques eco-industriales.

Para diferenciar la simbiosis industrial de otros tipos de intercambios que se realizan en la industria de acuerdo con Chertow (2007), se utiliza la “heurística 3-2”, donde se establece como criterio mínimo que al menos tres entidades diferentes deben participar en el intercambio de al menos dos tipos de recursos para ser considerado como un caso básico de simbiosis industrial. La heurística 3-2 tiene como fin crear relaciones complejas entre empresas y no sólo intercambios lineales o de dirección única de recursos.

Hoy en día no existe una serie de pasos que garantice el éxito de una simbiosis industrial, o un reagrupamiento de experiencias que aseguren la toma de decisiones para tal objetivo. Sin embargo, se han establecido algunos principios que se deberían de satisfacer para que la SI se realice adecuadamente:

- La colaboración creativa entre los generadores y consumidores para que sea redituable.
- Se debe motivar a todos los participantes mostrándoles los beneficios y avances que el emprendimiento del proyecto significa.
- Comunicación estrecha entre los participantes (empresa, comunidad, gobierno, etc.), la información debe fluir libremente entre ellos.
- Es necesario innovar, romper paradigmas, desde la invención de nuevas tecnologías hasta la creación de estrategias para superar obstáculos reglamentarios.
- La participación de todos los integrantes de una empresa, desde el presidente hasta los operarios es fundamental.
- Un proyecto de sinergia de subproductos debe evaluarse a lo largo de todo el ciclo de vida de éste (antes, durante y después de su implementación) para asegurar el logro de los objetivos económicos, ambientales y sociales.

1.11.1 Herramientas de la simbiosis industrial

Partiendo del principio de la ecología industrial, de acuerdo con Chertow (2004) la simbiosis industrial en esencia, trata con los ciclos y la reutilización de materiales en una perspectiva amplia del sistema, los elementos o herramientas para tal se describen a continuación:

1. Análisis de energías integradas y materiales.
2. Ciclo de vida.
3. En cascada.
4. Cierre del bucle.
5. Seguimiento de flujo de materiales.

El seguimiento de flujo de materiales o diagramas de flujo de sistemas industriales son comúnmente las herramientas más empleadas para observar las relaciones que existen en las empresas de manera interna, es decir, se utilizan para describir visualmente los movimientos de flujos materiales y/o energéticos de sus procesos.

Por otro lado, los diagramas de flujo también pueden representar las relaciones existentes entre varias empresas para conocer el flujo de materias primas, productos, agua, residuos, energía e información. La simbiosis industrial requiere del análisis de los diagramas para la detección de sinergias y la creación de redes eco industriales, tal como se llevó a cabo en el año de 1999 en el corredor industrial de Altamira, a través de dicho análisis se detectaron nuevas sinergias así como se lograron sistematizar y visualizar las interrelaciones que de alguna manera ya se estaban dando.

1.11.2 Beneficios que conllevan fomentar la simbiosis industrial

Son tres aspectos importantes en las industrias que resultan beneficiados al aplicar el método de simbiosis industrial, y estos son:

- A nivel medio ambiente:
 - ✓ Reducción de la contaminación.
 - ✓ Producción de una alta eficiencia de energía comparada con las empresas no vinculadas.
 - ✓ Reducción de las cantidades de desechos o residuos.
 - ✓ Reducción de consumo de materiales vírgenes, ya que mediante el intercambio de residuos se maximiza el reciclaje de materiales.

- Para la empresa:
 - ✓ Mayor rentabilidad.
 - ✓ Aumentos en la producción.
 - ✓ Reducción de costos operativos y de producción (tratamiento y disposición de residuos).
 - ✓ Competitividad empresarial.
 - ✓ Innovación.
 - ✓ Atracción de inversión privada y nuevos productos.
 - ✓ Desarrollo de proyectos sustentables entre empresas.

- A nivel social
 - ✓ Desarrollo económico a través de la generación de empleos y productos.
 - ✓ Disminución de enfermedades y malestares a causa de la contaminación.
 - ✓ Aumento de calidad de vida.

1.12 Soporte legal

Las empresas, hoy en día requieren realizar ciertas prácticas que permitan alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental; es por ello que éste trabajo de investigación pretende contribuir a cumplir lo que las normas ambientales dictan una vez satisfecho el objetivo de investigación.

1.12.1 Normatividad internacional y nacional para la gestión de calidad ambiental en el sector industrial

Haciendo énfasis en el sector industrial, éste, a nivel internacional se rige bajo ciertas normas como son las ISO por sus siglas en inglés (International Organization for Standardization), particularmente existe la familia ISO 14000 comprendida por una serie de normas que proporcionan herramientas prácticas para las empresas y organizaciones que buscan identificar y controlar su impacto ambiental y mejorar continuamente su comportamiento ambiental.

1.12.2 Plan de gestión ambiental para Tepeji del Río

Ésta investigación, gestiona el cumplimiento de la normativa oficial de México así como el ordenamiento ecológico territorial en cuanto a la descarga de aguas residuales industriales, manejo de residuos sólidos industriales, promover el reciclaje y el reuso del material de desecho industrial, control de emisiones atmosféricas industriales, entre otros.

Capítulo 2. Metodología

La metodología de investigación de ésta tesis, se basa en una de las herramientas de la simbiosis industrial llamada seguimiento de flujos de materiales, misma que se complementa (a criterio de la autora) con el seguimiento de flujo de residuos y de personal operativo. Dicha metodología se aplica a nivel productivo en el parque industrial sujeto a estudio y se divide principalmente en tres etapas como se observa en la figura 2.1 y que posteriormente se describe a detalle.

| Metodología | | | | |
|-------------|--|--|---|---|
| | Etapa | Descripción | Subetapa | Descripción |
| 1 | Revisión literaria | Parques industriales Parques eco-industriales Simbiosis industrial Procesos productivos de las empresas textiles | Elección y revisión literaria de la herramienta de simbiosis industrial | Seguimiento de flujo de materiales Mapeo de procesos Diagramas de flujo |
| 2 | Mapeo de los procesos productivos | Recorrido físico de las empresas Identificación del inicio y fin de los procesos Recabación de datos Delimitación de recursos a analizar Elaboración de diagramas | | |
| 3 | Análisis de diagramas de flujo y obtención de resultados | Análisis comparativo visual de los diagramas Elaboración y aplicación de la matriz evaluativa de las SI Representación de las SI en un diagrama general Enlistado de las SI | | |

Figura 2.1 Esquema general de la metodología de investigación. Elaboración propia.

Etapas 1.- Revisión literaria de las generalidades de los parques industriales, también acerca de los antecedentes y generalidades de los parques eco-industriales y simbiosis industrial, así como de los procesos productivos de empresas de giro textil en específico del proceso de hilatura, tejido, teñido y confección.

- A.** Se revisó material bibliográfico acerca de las generalidades de los parques industriales.
- B.** Se realizó una revisión literaria científica de los antecedentes de los parques eco-industriales y simbiosis industrial.

Subetapa 1.1.- Elección y revisión literaria de la herramienta necesaria para satisfacer el objetivo principal de la investigación.

- a)** En particular, para este estudio se eligió el seguimiento de flujo de materiales como herramienta de la simbiosis industrial para la identificación y creación de redes eco-industriales.
- b)** Se efectuó una revisión literaria acerca de la herramienta elegida. El método que se emplea para realizar el seguimiento de flujo de materiales es el mapeo de procesos y este a su vez de la construcción y análisis de diagramas de flujo. A continuación se explica brevemente el método de mapeo de procesos y diagramas de flujo.

Mapeo de procesos y diagramas de flujo

El objetivo de mapear o diagramar es mostrar gráficamente. Los diagramas de flujo son herramientas de análisis que permiten describir, de manera cualitativa y/o cuantitativa, la secuencia ordenada de las etapas que conforman los procesos y el movimiento de los distintos flujos entre ellos.

Características de los diagramas de flujo

Los diagramas de flujo se caracterizan por:

- Representar mediante una simbología estandarizada, clara y precisa un proceso.
- Mostrar los datos de tipo cuantitativo con claridad.
- Es una herramienta visual que permite ser interpretada por cualquier persona aún si no se encuentra relacionada con el tema del cual trata el diagrama.
- Representar la realidad lo más semejante posible.
- Permitir el análisis de datos y la toma de decisiones.

Beneficios del diagrama de flujo

Un diagrama de flujo permite conocer un proceso de forma visual y clara, mejorando su comprensión. También la diagramación hace posible apreciar las interrelaciones que forman parte del proceso así como las que se dan con otros procesos y subprocesos. Algo importante es que facilita analizar un proceso para generar alternativas útiles como el intercambio de materiales o residuos. Los diagramas de flujo son una herramienta que facilita la implementación de acciones de mejora como en el caso del intercambio y/o cooperación de materiales, residuos y recursos comunes entre empresas.

Tipos de diagramas de flujo

Dado que no existe una tipología general y delimitada en cuanto a los diagramas de flujo (de acuerdo con la revisión bibliográfica) ya que un diagrama se puede construir para múltiples casos, en ésta investigación

sólo se consideraran tres tipos de diagramas los cuales se describen a continuación.

Diagrama de flujo de materiales

Éste tipo de diagrama describe el flujo de los materiales que son utilizados en cada una de las etapas que integran los procesos productivos existentes dentro de las empresas, dando seguimiento al orden real de las transformaciones que cada material va experimentando.

En este tipo de diagrama se incluye las materias primas desde su origen hasta su disposición final, se deberá incluir las entradas y salidas a cada proceso. Tal es el caso del diagrama de flujo del agua, ya que se puede reflejar el agua consumida, el agua reutilizada, las aguas residuales, el origen y destino de las aguas utilizadas en cada proceso.

Diagrama de flujo de residuos

La construcción del diagrama de flujo de residuos requiere incluir el ingreso de materiales en el proceso, registrar el producto generado al final del proceso, los subproductos generados en cada etapa del proceso, los residuos y el destino final de estos residuos.

Diagrama de flujo de personal operativo

También es posible desarrollar diagramas de flujo de personal operativo, ya que en cada etapa del proceso productivo se registra el cargo que el personal tiene, también se registra la cantidad de personas que ejecutan las actividades del cargo. Este diagrama puede contener información tanto de personal operativo especializado al proceso como personal de apoyo o

staff. El diagrama permite visualizar la posibilidad de crear equipos de trabajo compartido entre las firmas.

Aplicaciones de los diagramas de flujo

Los diagramas de flujo son utilizados como principales herramientas en múltiples disciplinas. En el ámbito de la informática se emplean para representar la dirección que sigue la información que está contenida en un algoritmo, los datos se encierran en figuras que reciben el nombre de figuras lógicas. En áreas administrativas se utilizan para conocer los posibles resultados obtenidos al seguir las distintas rutas posibles para abordar ciertos problemas.

En la ingeniería, los diagramas de flujo son indispensables pues representan sencillamente la secuencia de acontecimientos desde que la materia prima llega a la fábrica, pasa por diferentes fases del proceso, hasta que es transformado en artículos acabados y puestos en venta.

Los diagramas de flujo son herramientas muy flexibles en cuanto a la aplicación que se les puede dar, la construcción de éstos gráficos es muy sencilla pese a que existen múltiples metodologías que indican cómo realizarlos.

Una aplicación reciente de éstos gráficos se realiza en el tema de ecología industrial, al igual que en otras disciplinas, se emplean los diagramas de flujo para exponer de forma clara y visual la secuencia de procesos que se realiza en una empresa o bien, en un conjunto de empresas. En los gráficos se puede incluir etapas de un proceso desde la transformación de las materias primas y los residuos, emisiones y descargas generados en cada etapa, así como los materiales y energía intercambiados.

Mediante un análisis de los diagramas de flujo es posible identificar fácilmente nuevas sinergias dentro de la misma o con entidades externas, esquematizando el intercambio de materia, energía, residuos, e información que existen entre las empresas. Con ello se tendría el aprovechamiento de residuos que pudieran servir como materia prima para otra empresa favoreciendo el cierre de ciclo de materia, imitando a los ecosistemas naturales. De esta manera se fomenta la creación o ampliación de las redes eco-industriales en una región.

Los distintos tipos de diagramas de flujo ayudan detectar interrelaciones que pudieran surgir entre todas las entidades que forman parte de una región y también ayudan a detectar posibles usos de los residuos como materia prima.

Con los diagramas de flujo sociales se pueden identificar empresas que tienen posibilidades de compartir proveedores, clientes, servicios de transporte, servicios conjuntos para el manejo de los residuos generados por cada uno, procesos u otras opciones.

Para las empresas o entidades el hecho de conocer el uso que se le da a los materiales, energía o información les ayuda a planear estrategias que le permitan hacer un uso más eficiente de materiales y energía, reducir costos por redistribución de recursos y rediseñar sus relaciones para un mayor beneficio en la entidad.

Así también, con los diagramas de flujo se puede visualizar la evolución de un sistema, con el paso del tiempo, a partir de observar los cambios en las sinergias y relaciones que se dan entre diferentes empresas del mismo sistema.

Todo esto favorece la creación de redes entre empresas, tendiendo así a la formación de un sistema interrelacionado, como pretende la ecología industrial.

Pasos para la construcción de diagramas de flujo

Existen múltiples técnicas que proporcionan una serie de pasos para construir de manera correcta un diagrama de flujo, a continuación se expone una técnica que conlleva siete pasos:

1. Determinar límites: Conocer donde comienza y donde termina un proceso, o subproceso.
2. Enumerar los pasos: Iniciar la descripción de la tarea, el diagrama de flujo puede mostrar ya sea la información suficiente para comprender el flujo general de proceso o detalle cada acción finito y punto de decisión.
3. Secuencia de pasos: Use notas post-it para que pueda mover las tareas, no dibujar flechas hasta más tarde.
4. Dibujar símbolos apropiados: Dependiendo del tipo de información que se requiere diagramar son los símbolos que el autor puede emplear, se usan flechas para unir subprocesos o indicar el flujo de la información.
5. Dibujar gráficos con enfoque de modelo del sistema: En la entrada corresponde información sobre el uso basado en las personas, máquinas, materiales, métodos, y el medio ambiente. En los procesos se señala el uso de subconjuntos de procesos en serie o en paralelo. En la salida se muestran los resultados del uso o los resultados deseados. Finalmente se pueden agregar comentarios.
6. Comprobar Integridad: Incluir información figura pertinente, con el título y la fecha para una fácil referencia.
7. Finalizar el diagrama de flujo: Cuestionarse si el proceso se está ejecutando como lo señala el diagrama.

- C. La etapa uno se finalizó efectuando una revisión literaria acerca de los procesos productivos que se llevan a cabo en empresas dedicadas al giro textil como acercamiento previo a la industria.

Etapa 2.- Mapeo de los procesos productivos en las cuatro empresas que conforman el parque industrial de acuerdo con los siguientes pasos:

- A. Mediante el recorrido físico de las instalaciones de cada empresa, se identificó y documentó el inicio y el fin del proceso de producción.
- B. Se identificó cada subproceso.
- C. A través de la observación directa, aplicación de un cuestionario (consultar en anexo B) a los supervisores del departamento de producción de las empresas, indagación al mismo personal operativo; se recabaron datos de entrada y salida de materiales, subproductos o residuos obtenidos, así como también se recolectó información acerca de los cargo que se desempeñan por subproceso.
- D. Una vez recolectados los datos se definió que materiales, residuos y mano de obra son alcanzables para realizar la diagramación y el análisis posterior para satisfacer el objetivo del trabajo de investigación.
- E. Se representó en diagramas de flujo los datos recabados acerca del agua, de los residuos, del personal de producción y de staff, lo anterior utilizando Microsoft Visio 2013.

Etapa 3.- Análisis de diagramas de flujo y obtención de resultados.

- A. Se realizó un análisis comparativo en primera instancia de forma visual de los diagramas de flujo de materiales, de residuos y de mano de obra para identificar donde ya se dan las sinergias o donde existe la posibilidad de implementarlas.
- B. Se construyó una matriz para justificar dicha identificación de simbiosis mediante indicadores.

Con base en la heurística 3-2 propuesta por el autor Chertow y a una serie de preguntas, se construyó una matriz con la finalidad de evaluar las simbiosis existentes y aquellas otras aún no consideradas como tal (la matriz y preguntas fueron elaboradas por la autora de la presente investigación y validadas por la directora de tesis así como por los supervisores de las empresas sujetas al estudio).

A continuación se describe la estructura de la matriz:

La matriz se conformó por 54 renglones y 6 columnas. La primera columna se dividió en tres bloques:

- El primer bloque contiene a su vez 6 preguntas dirigidas específicamente para el agua.
- En el segundo bloque se tienen 50 preguntas enfocadas a los residuos industriales dado que se trata de 10 tipos de subproductos diferentes.
- El tercer bloque contiene 8 preguntas las cuales corresponden a los distintos cargos de staff de los departamentos de producción.

Se formularon las preguntas de tal manera que se contestaran con un **si** o un **no**, posteriormente se ordenaron en los renglones de la primera columna. El número de las mismas se delimitó en consenso entre los supervisores de las empresas, la directora y autora de ésta tesis, esto con la finalidad de dar prioridad a las preguntas más reveladoras y para dar practicidad a la evaluación.

Las siguientes cuatro columnas corresponden a las empresas de hilatura, tejido, teñido y confección; los renglones respectivos se utilizaron para contener las respuestas cerradas. Como el número de empresas estudiadas fueron cuatro y con base en la heurística 3-2 de Chertow

entonces se supuso que la respuesta **si** equivalía a **0.25** puntos y **0** puntos a la respuesta **no**.

Al contestar las preguntas (conforme a la información y resultados obtenidos en el análisis de los diferentes diagramas además del conocimiento y experiencia de los supervisores), al sumar los puntos y al obtener un resultado igual o mayor a **0.5** se asumió que existe un caso simple de simbiosis industrial. De lo contrario, no era posible la creación de la red simbiótica. (Si el número de empresas para el caso de estudio fueran tres, la respuesta si tendría un valor de 0.333 y 0 la respuesta no, para considerar la existencia de un caso de simbiosis simple, se sumaría y el resultado tendría que ser mayor a 0.666).

- a) Representación de las simbiosis identificadas en el parque industrial así como el enlistado de las mismas.

Finalmente, se construyó una estructura que representa visualmente las simbiosis del parque industrial. Se recomienda representar las redes simbióticas señalando con flechas la dirección en que se da el intercambio de recursos o compartición de los mismos, a su vez apoyarse de símbolos gráficos.

Se elaboró un enlistado describiendo brevemente las sinergias identificadas.

Es importante resaltar que la metodología antes expuesta, puede ser aplicada a otros conjuntos industriales de distintos giros de producción, la diferencia radicaría en las preguntas que se plantearan en la etapa de la evaluación de las sinergias ya que los materiales, residuos y personal operativo no son los mismos y en la asignación de la puntuación.

Capítulo 3. Caso de estudio

3.1 Antecedentes del parque industrial

El parque industrial (PI) sujeto a estudio se encuentra ubicado en Tepeji del Río de Ocampo y fue fundado en 1867. Actualmente está comprendido por cuatro empresas privadas del giro textil dedicadas a la producción y confección de textiles. Las empresas manejan el proceso completo de producción textil, desde la recepción del algodón, aproximadamente 23.4 toneladas con suministro semanal (93.6 ton/mes), hasta la comercialización de sus productos.

Las empresas suman alrededor de 330 empleados, desde administrativos hasta operarios, son consideradas medianas empresas, dentro del rango de Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs). Entre la gama de productos que ofrecen las empresas son: toallas faciales, para manos, medio baño, baño completo, batas de baño, tapetes para baño y sábanas.

Entre algunos de sus clientes encontramos a los hoteles: Real de Minas, Camino Real, Fiesta Americana y Fiesta Americana Grand, Sheraton, Plaza Lancaster, Marriott; además de clubes deportivos como: Club de golf Bosques, Lomas Sporting Club, Club de Golf Santa Anita, Country Club Yucatán, Club Deportivo y Cultural Cruz Azul, City club; supermercados como: Sam's club o Walt-mart; y tiendas departamentales como: Suburbia y El Palacio de Hierro, manejando pedidos superiores a las 250 000 piezas (Walmart) y 80 000 piezas (Suburbia). El PI es uno de los más importantes en el centro del país, con una participación del mercado doméstico nacional de 10 %, y un 80 % del mercado compuesto por clubes y cadenas hoteleras dentro de la clasificación gran turismo, cuatro y cinco estrellas.

3.1.1 Localización geográfica y física del parque industrial

El parque industrial se encuentra ubicado en Tepeji del Río de Ocampo, municipio perteneciente al Estado de Hidalgo, México, como se puede ver en la figura 3.1.



Figura 3.1. Localización geográfica del PI en Tepeji del Río de Ocampo, Estado de Hidalgo. México. Elaboración propia.

Las coordenadas geográficas del PI son 19°54'18.49" de latitud norte y 99°20'33.29" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a 2,150 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se encuentra localizado físicamente en la colonia Centro de Tepeji del Río de Ocampo, colinda al noroeste con la presidencia municipal, al este con el Ex convento de San Francisco de Asís.

3.1.2 Empresas que constituyen el PI

El PI cuya extensión territorial es de 7 hectáreas, está constituido por cuatro empresas privadas e independientes que en conjunto cubren el ciclo de producción textil desde la recepción de materias primas, pasando por los procesos de producción correspondientes obteniendo productos semiprocesados, hasta el producto final que aparece en el mercado a disposición del consumidor.

Las empresas se ilustran en la figura 3.2, se puede observar que las empresas de hilatura, tejido, teñido y confección se encuentran contenidas dentro de un área común y que la distancia que las separa es relativamente corta (no se cuenta con información acerca de las medidas de las distancias).

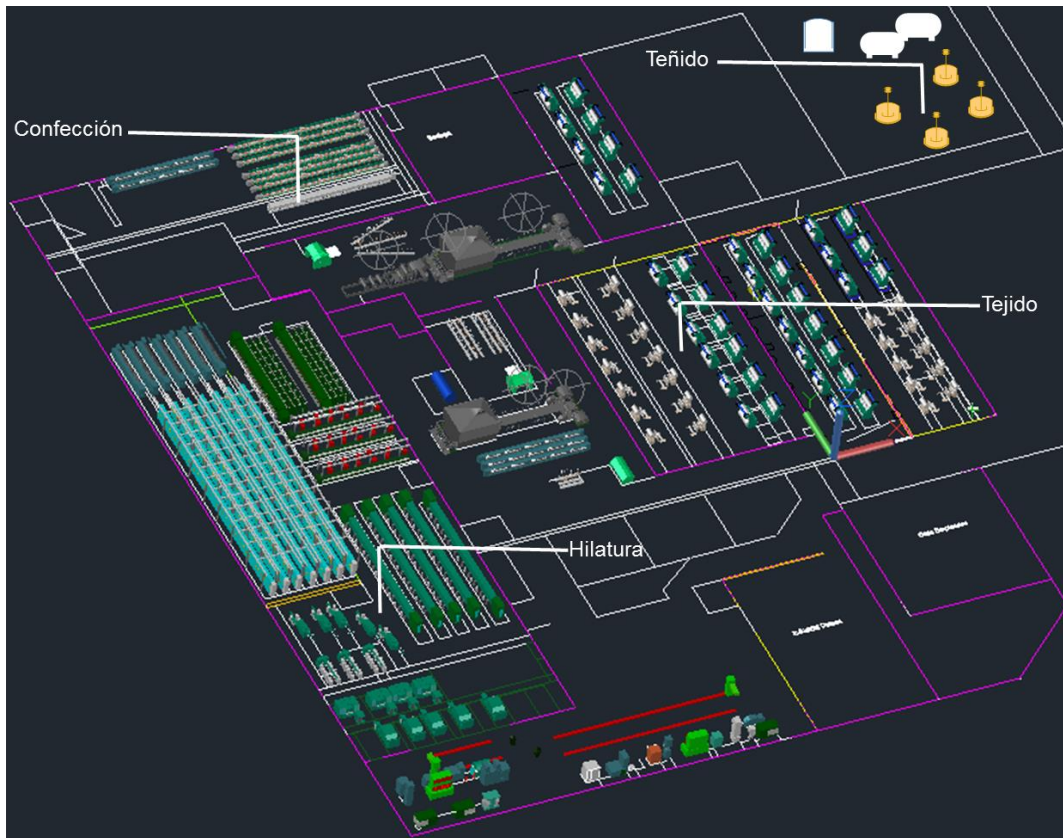


Figura 3.2 Constitución del parque industrial por la empresa de hilatura, de tejido, teñido y confección. Elaboración en colaboración con las empresas sujetas al estudio.

3.2 Empresa de hilatura

La empresa de hilatura es semiautomatizada dedicada a la transformación de fibras textiles (exclusivamente algodón) en hilo a través de tecnología alemana y china. Con más de 150 empleados, los cuales laboran en cuatro turnos diferentes, la empresa de hilatura es una de las más importantes en la región abasteciendo de hilo a empresas de tejido en Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo.

Cuenta con un proceso de producción conformado por seis subprocesos, estos últimos se muestran en la figura 3.3:

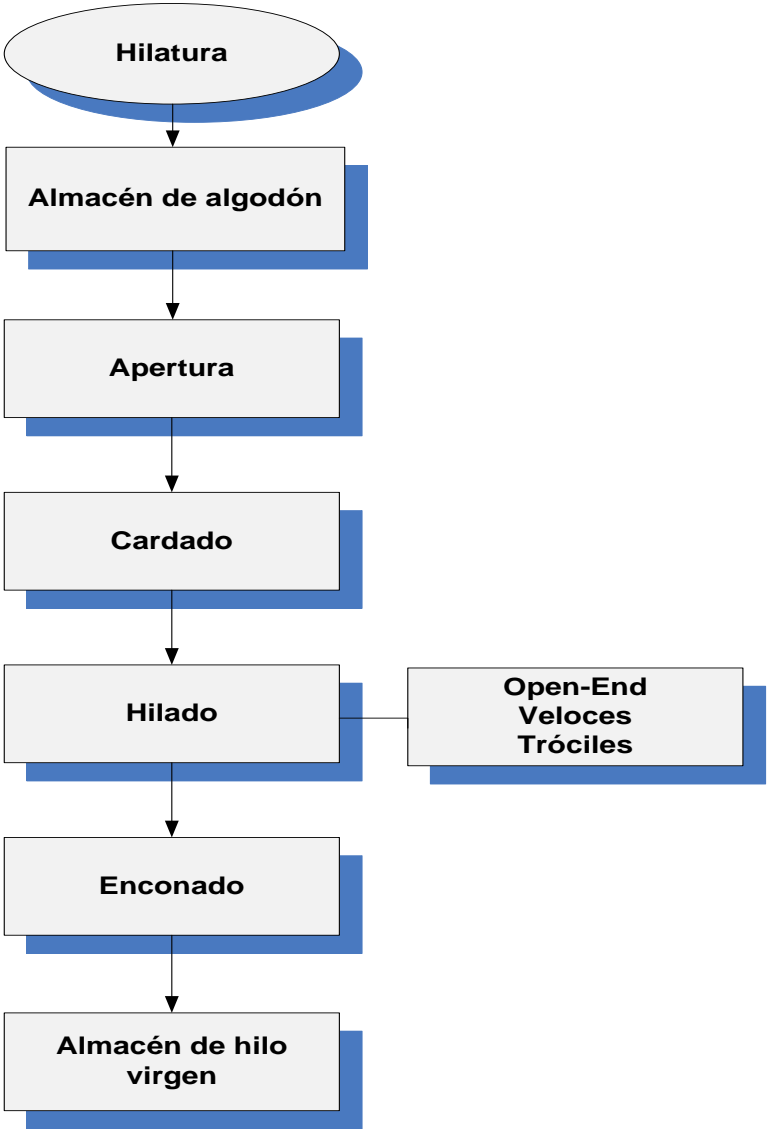


Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de hilatura. (Elaborado a partir de la información obtenida en la investigación).

Como indica el diagrama de flujo de proceso de la figura 3.3, se inicia con una etapa de recepción y almacenaje de materia prima (algodón). Después continúa el proceso ingresando la materia prima al departamento de apertura, seguido a ello entra a cardado y después a estiradores, al término de este proceso, continua la transformación del material en hilo como tal, casi para finalizar se encona el hilo

obtenido anteriormente. Por último pasa el producto terminado a almacén de hilo virgen.

3.2.1 Breve descripción de los subprocesos de la empresa de hilatura

A continuación se describe brevemente los subprocesos que en la figura 7 se exponen:

- Almacén de algodón

El almacén de algodón es el lugar físico que destina la empresa para resguardar las fibras naturales, en éste caso, únicamente algodón.

Este espacio se encuentra ubicado a la entrada de la planta y ocupa un área de 100 m² donde se almacenan pacas de algodón crudo que son provistas desde la frontera norte del país. El algodón tiene como característica ser una fibra corta de 1 1/32 pulgadas.

El almacén tiene un sistema contra incendios pues el algodón es altamente inflamable así como un sistema humidificador por atomización de agua que mantiene una temperatura de 24°C y una humedad relativa no menor a 70% a 75%, al contar con una humedad relativa adecuada se reducen los problemas de electricidad estática permitiendo que los materiales sean más manejables y que la velocidad de las máquinas se incremente. Mensualmente se almacenan 93.6 ton/mes pacas de algodón.

- Apertura

Apertura es la primera operación del proceso de hilatura. Las pacas de algodón son puestas una tras otra a lo largo de una zona delimitada, posteriormente una máquina llamada blendomat (ver figura 3.4) saca copos de algodón de las pacas y los transporta por succión a través de ductos pasando por los siguientes equipos:

Abridora intensiva, duxtes DX, los cuales se encargan de abrir, limpiar, extraer micro polvo y partículas, extrañas de algodón. Luego el algodón es transportado por succión al mezclador o batiente, en ésta operación se abre la fibra y tiene salidas neumáticas por tuberías y se puede dirigir la salida de fibras o bien, a una zona del cuarto del batiente o a una habitación de reposos cuando ya está debidamente mezclada. En esta operación se añade ensimaje (aceite emulsionable) a las fibras a fin de lubricarlas y facilitar el trabajo de las cardas.



Figura 3.4 Máquina blendomat encargada de realizar la apertura del proceso de hilatura. Fotografía capturada por la autora.

- Cardado

La operación de cardado tiene por finalidad separar las fibras e individualizarlas, eliminar impurezas que continúan contenidas en el material, seleccionar las fibras con base en su longitud, removiendo así las fibras cortas. Posteriormente paralelizar y estirar las fibras seleccionadas, con esto se realiza la elaboración de una cinta. En la figura 3.5 se aprecia la máquina cardadora.



Figura 3.5 Máquina cardadora que realiza la operación de selección de fibras largas hasta obtener una cinta de fibras (como la que se observa en la imagen) unidas con base al principio de centrifugación. Fotografía capturada por la autora.

- Hilado

Una vez que se ha cardado el algodón continúa el proceso de hilatura que básicamente consiste en elaborar o fabricar el hilo crudo con las características de producción requeridas a partir de la cinta o mecha, se realiza por medio de la hilatura a rotor o denominada también Open – End, que estira y confiere cohesión a la masa de fibras. Otra máquina que cumple la misma función son los torzales, la máquina se expone en la figura 3.6.



Figura 3.6 Torzales, maquinaria que realiza el hilado de las cintas cardadas de algodón. Fotografía capturada por la autora.

- Enconado o bobinado

El hilo que ha sido producido es almacenado en canillas o husadas de plástico (la figura 3.7 muestra las bobinas de hilo) para una mejor manipulación del mismo y realizar adecuadamente los procesos posteriores del hilo. La máquina cuenta con un brazo robot que purga o elimina fallas del hilo, tales como partes gruesas, partes delgadas, enredos, aglomeraciones de pelusa y fibra, restos de semilla, materias extrañas que pueden quedar entre torcidas con las fibras.



Figura 3.7 Bobinas o husadas de plástico con hilo crudo. Fotografía capturada por la autora.

- Almacén de producto en proceso

Es el espacio físico donde las canillas con hilo se almacenan en cajas de plástico, las cajas son apiladas en el área de almacenaje cerca del área de carga.

3.2.2 Diagramas de flujo de materiales, de residuos y de personal operativo de la empresa de hilatura

Mediante el mapeo de procesos realizado en la presente investigación, se enfatizó en tres importantes rubros: materiales (únicamente agua), residuos o subproductos y la parte social, realizando a su vez para cada uno de ellos el

diagrama de flujo correspondiente. En las siguientes líneas se realiza el análisis de dichos diagramas.

3.2.2.1 Análisis del diagrama de flujo de materiales (agua)

La empresa de hilatura, a lo largo de su proceso de producción cuenta con seis subprocesos que requieren del suministro de materiales e insumo, para ésta sección del trabajo de investigación se hace la representación únicamente del suministro de agua al sistema de producción.

La naturaleza del proceso productivo demanda ciertas condiciones climáticas debido a que la materia prima es fibra de algodón y el producto que se obtiene al final de su transformación es hilo, el cual requiere cumplir estándares de calidad. Es por ello que se mantienen controlados algunos aspectos ambientales en el área de producción, uno de ellos es la humedad pues de los problemas que se evitan son:

- Materiales con baja absorción.
- Estática.
- Polvo o pelusa.
- Hilo quebradizo.
- Baja elongación.
- Baja elasticidad.
- Ambiente laboral hostil.

Generalmente, estos problemas se originan cuando el aire en el ambiente está seco y no se mantiene el nivel correcto de humedad relativa. Para ello las áreas de producción de la empresa cuentan con un sistema humidificador por atomización de agua.

En la figura 3.8 se describen las cantidades de agua que son suministradas en determinadas áreas productivas.

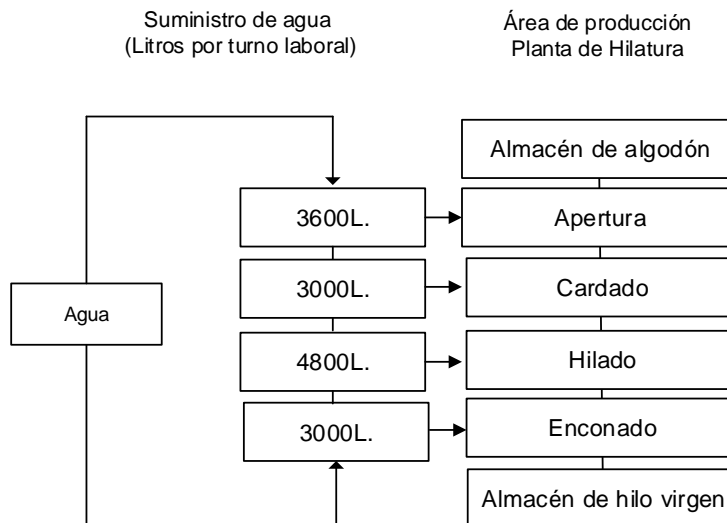


Figura 3.8 Diagrama de flujo de materiales. Suministro de agua en producción en hilatura. Elaboración propia con información obtenida en la investigación de campo.

El sistema humidificador por atomización de agua tiene una capacidad de aspersión de 600 litros por hora, mismos que son distribuidos a través de una red de tubería que se encuentra en el techo de cada departamento.

El humidificador trabaja necesariamente 6 horas en promedio en el departamento de apertura ya que es el primer proceso en donde se realiza la limpieza y separación de fibras de algodón, con ello se evitan problemas de polvo o pelusa (también llamada borra), estática, problemas de atascamiento de maquinaria hasta problemas de salud de los operarios. Por tanto, se suministra en promedio durante 6 horas 3600 litros de agua en un turno laboral. La humedad relativa en apertura debe estar al 42% con una temperatura de 26°C.

En cardado y estiradores se regula la humedad relativa al 40% y la temperatura a 27°C con la atomización de 3000 litros de agua en un turno, se rocía agua en un promedio de cinco horas.

El departamento de hilatura comprende maquinaria open-end, tróciles, y veloces. La sección de open-end debe conservar una temperatura de 28 a 30°C y una humedad relativa del 45%, la sección de tróciles también requiere operar a una temperatura de 28°C a una humedad relativa del 45%. La sección de trabajo de veloces debe trabajar a una temperatura de 28°C y a una humedad del 40%, por tanto, el suministro de agua en el departamento de hilatura es de 4800 litros de agua, dado que en promedio son ocho horas de funcionamiento del sistema de aspersión.

El área de enconado también debe conservar una humedad relativa del 40% y una temperatura de 27°C con la atomización de 3000 litros de agua, en un promedio de cinco horas se suministra tal cantidad de agua. La humedad relativa se regula y controla a través de un ciclómetro ya que es de vital importancia mantener los parámetros de temperatura y humedad en el estándar para alcanzar la calidad de hilo requerida.

El agua empleada total por una semana de operación en la empresa de hilatura se resume en la tabla 3.1:

Suministro de agua por turno durante una semana de producción
(litros/turno laborable)

| Departamento de producción | Primer turno | Segundo turno | Tercer turno | Cuarto turno | Total (litros por 4 turnos) |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|
| Apertura | 21600 | 21600 | 18000 | 18000 | 79200 |
| Cardado | 18000 | 18000 | 15000 | 15000 | 66000 |
| Hilado | 28800 | 28800 | 24000 | 24000 | 105600 |
| Enconado | 18000 | 18000 | 15000 | 15000 | 66000 |
| <i>Total de agua aprox. suministrada durante una semana =</i> | | | | | 316800 litros/semana |

Tabla 3.1 Cantidad de agua que es suministrada aproximadamente en la empresa de hilatura en sus diferentes áreas de producción en los cuatro turnos laborables durante una semana de producción. Elaboración propia a partir de los datos e información obtenida en la investigación de campo.

Si las cantidades anteriores se extrapolan a un año de producción, se tendrían aproximadamente los litros que se muestran en la tabla 3.2:

| Suministro de agua por turno durante un año de producción (litros/turno laborable) | | | | | |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| Departamento de producción | Primer turno | Segundo turno | Tercer turno | Cuarto turno | Total (litros por 4 turnos) |
| Apertura | 1123200 | 1123200 | 936000 | 936000 | 4118400 |
| Cardado | 936000 | 936000 | 780000 | 780000 | 3432000 |
| Hilado | 1497600 | 1497600 | 1248000 | 1248000 | 5491200 |
| Enconado | 936000 | 936000 | 780000 | 780000 | 3432000 |
| <i>Total de agua aprox. suministrada durante un año =</i> | | | | | 16473600 litros/año |

Tabla 3.2 Proyección de la cantidad de agua aproximada utilizada en el proceso productivo de la empresa de hilatura. Elaboración propia.

Éste análisis permite ver que la cantidad de agua empleada a lo largo del proceso productivo es considerable y vital para obtener un producto terminado con las características de calidad requeridas, en éste caso, obtener un hilo con la resistencia, elongación, elasticidad necesaria, entre otros aspectos.

Cabe señalar que el agua que entra al sistema productivo, no es posible recuperarla pues el algodón la absorbe y el restante se evapora en el medio ambiente.

3.2.2.2 Análisis del diagrama de flujo de residuos

La empresa de hilatura por la naturaleza de producción que presenta, tiene un principal residuo sólido que es el algodón (renombrado como algodón de hueso), otros subproductos que se obtiene son la mecha de algodón, hilo, cartón y además como residuo líquido aceite quemado.

La figura 3.9 muestra el diagrama donde se representa la entrada de materia prima, materiales auxiliares y la salida de subproductos o residuos de cada subproceso del proceso general.

Diagrama de flujo de materiales y residuos

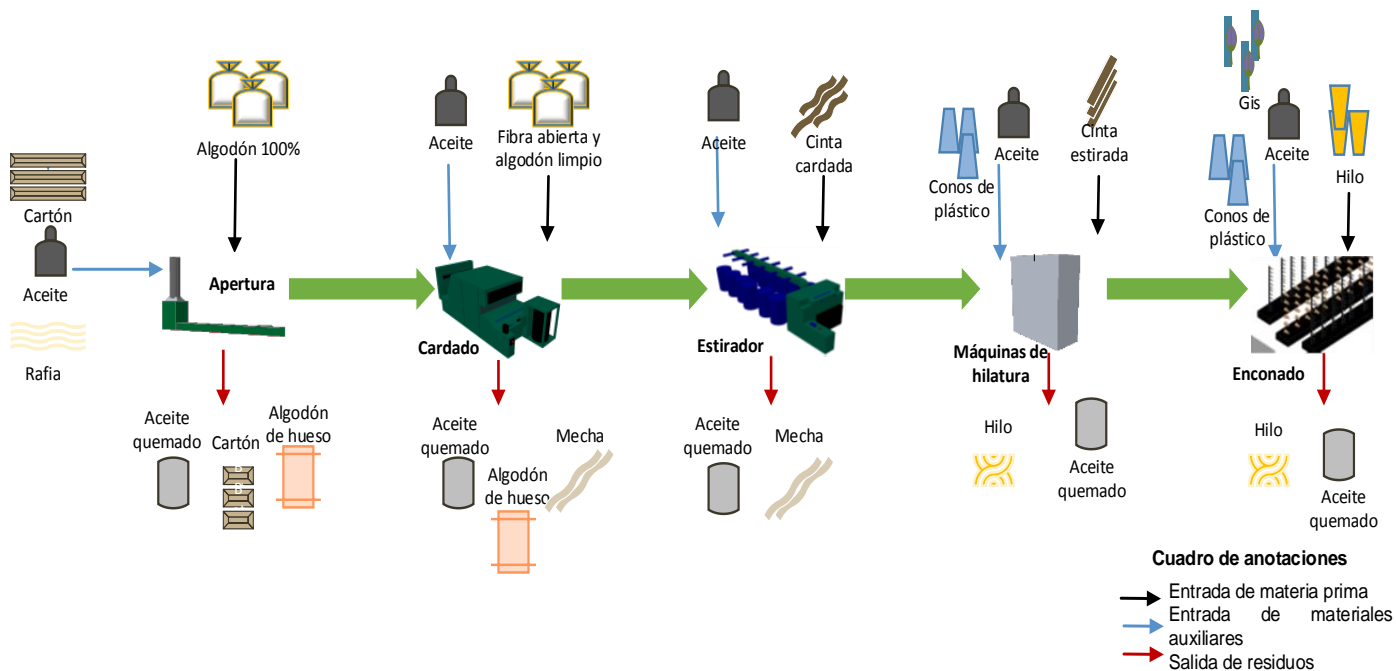


Figura 3.9 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de hilatura. Elaborado a partir del mapeo de procesos.

El primer subproceso es apertura, donde se tiene como entrada de materia prima algodón 100% (algodón con el estándar de calidad específico), los materiales auxiliares son sacos de rafia que contienen el algodón, cartón que sirve de protección de los sacos y aceite lubricador para el buen funcionamiento de la maquinaria. Los residuos sólidos que se obtienen en apertura son algodón de hueso (nombre que recibe en la planta), cartón y aceite quemado como residuo líquido.

En cardado entra como materia prima, el algodón abierto y fibra limpia, así como también aceite para maquinaria, se obtiene algodón de hueso, mecha y aceite quemado como subproductos.

La sección de estiradores recibe mecha cardada y aceite industrial como insumos y de salida se tiene solamente mecha y aceite quemado.

Las máquinas de hilatura (open end y veloces) son alimentadas por cinta estirada, los materiales auxiliares son conos de plástico (para embobinar hilo) y aceite lubricador. El proceso tiene por desperdicio hilo crudo y aceite quemado. Los veloces pasan bobinas de hilo al área de enconado, los materiales de apoyo son conos de plástico, gises (para marcar datos de producción en el cono de hilo) y aceite. Los residuos en éste subproceso es hilo crudo y aceite quemado.

La figura 3.10 expone los porcentajes de los residuos que se obtienen durante el proceso de producción de hilo en un turno laboral de ocho horas.

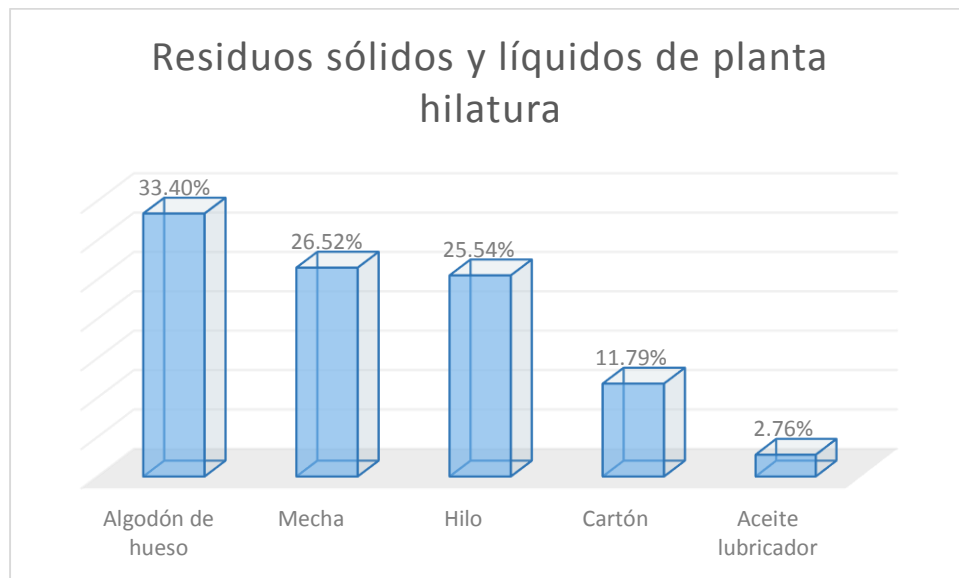


Figura 3.10 Porcentaje de residuos sólidos y líquidos del proceso de la empresa de hilatura. Elaborada a partir de la información obtenida en el mapeo de procesos.

De acuerdo con la figura, se puede observar que el principal residuo es el algodón de hueso dado que el área de apertura obtiene en promedio (por turno de ocho horas) 25 Kg de éste subproducto y el área de cardado 9 Kg más; un total de 34 Kg de algodón de hueso (33.4%). El siguiente subproducto es la mecha, en cardado se tienen 12 Kg y en estiradores 15 Kg, lo que suma 27 Kg del residuo (26.52%).

Como tal, las máquinas de hilatura obtienen en promedio 26 Kg de desecho de hilo crudo. El área de open-end 7 Kg, veloces 8 Kg y enconado 11 Kg (25.54%). El cartón que es ya no es utilizado en apertura suma en promedio 12 Kg (11.79%). Finalmente, de toda la maquinaria se obtiene aceite quemado 3.23 L/día equivalente a 2.81 Kg (el aceite utilizado tiene una densidad de 0.87 kg/litro) lo que representa del total tan sólo el 2.76%.

3.2.2.3 Análisis del diagrama del personal operativo

La empresa de hilatura cuenta con un equipo de trabajo que interactúa en el área de producción directa e indirectamente (equipo staff). Los que participan en la transformación de la materia prima en producto terminado a través de la manipulación de maquinaria y materiales, y los que aseguran el correcto funcionamiento del equipo y maquinaria, además de los que mantienen el ambiente en condiciones favorables para la producción.

En la figura 3.11, se exponen los cargos que se desempeñan según el departamento de producción así como también el equipo staff que interfiere.

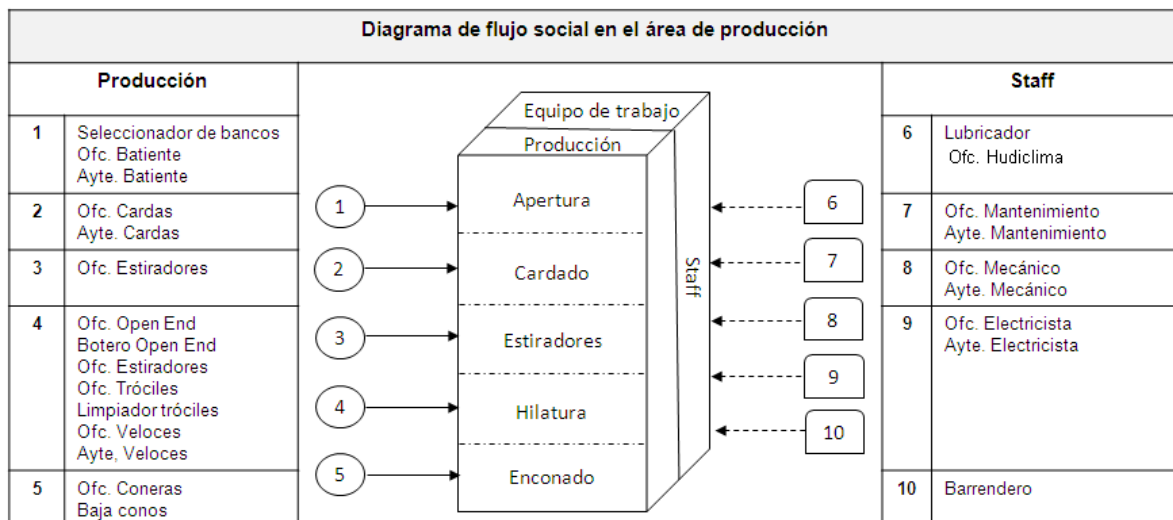


Figura 3.11 Diagrama de flujo social del área de producción de hilatura. Elaboración propia con información obtenida en la investigación de campo.

Como se puede observar, las diferentes áreas de trabajo de producción requieren de mano de obra especializada como por ejemplo, los oficiales y los ayudantes de apertura. Sin embargo, el equipo staff puede desempeñar sus funciones en cualquier departamento, pues las tareas de mantenimiento en general, control de clima, intendencia, etc., pueden realizarse en un área u otra.

3.3 Empresa de tejido

El proceso de producción en la empresa de tejido se considera como un proceso semiautomático. En la figura 3.12, se observa el diagrama de flujo del proceso de tejido, se observa que hay dos procesos diferentes para obtener tela, siendo estos urdido directo e indirecto. A su vez, estos obtienen urdidos con diferentes características según la maquinaria que los trabaja, puede ser máquinas de fileta V, en paralelo o de faja. Posteriormente, pasan por el proceso de engomado y al final se teje el hilo para obtener la tela.

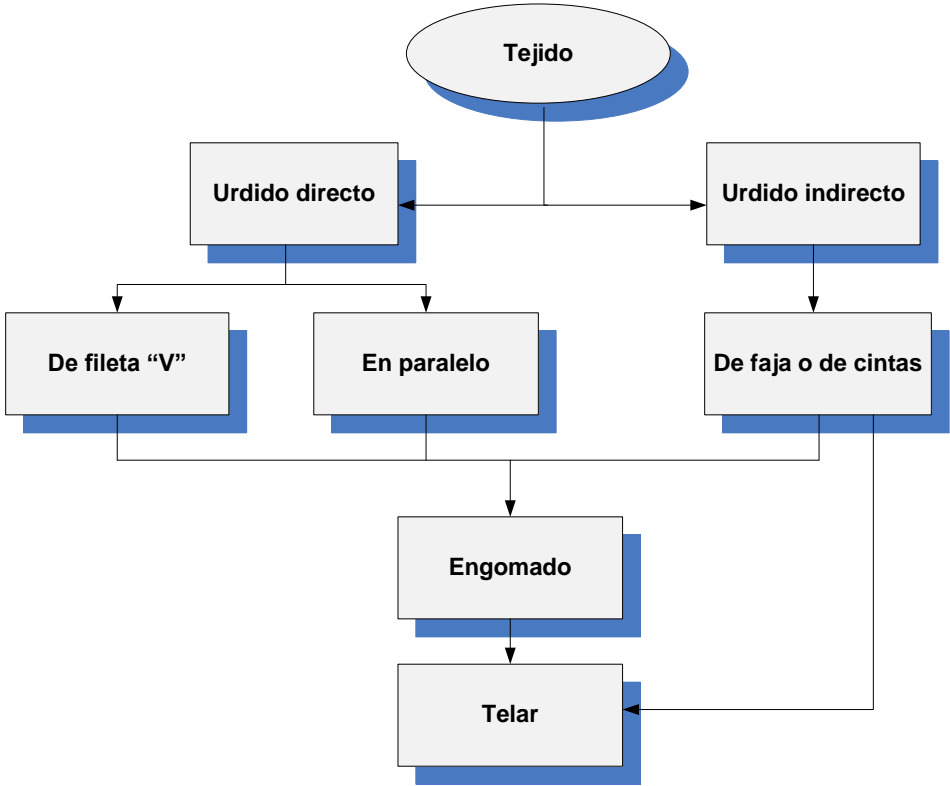


Figura 3.12 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de tejido. (Elaborado a partir de la información obtenida en la investigación).

3.3.1 Breve descripción de los subprocesos de la empresa de tejido

Se describe a continuación cada subproceso de la empresa de tejido.

- Urdido directo e indirecto

Urdido es la operación con la que se obtiene un conjunto de hilos ordenados, plegados en forma paralela y con una longitud preestablecida. Se realiza mediante máquinas urdidoras como se observa en la figura 3.13. Hay dos tipos de urdido el directo y el indirecto:

El urdido directo se emplea cuando los hilos de urdimbre tienen las mismas características. La urdimbre pasa de la fileta al rollo, que contiene una fracción del total de hilos que se requieren en el tejido.

El urdido indirecto o seccional trabaja los hilos que tienen diferentes características, por tanto este orden no debe ser alterado. La urdimbre se deposita primero sobre un tambor, formando cintas, por otro lado cuando se completa el número de hilos para el tejido, se pliega sobre el rollo.



Figura 3.13 Máquina urdidora directa, al fondo se observa una fileta con canillas de plástico envueltas con hilo crudo. Fotografía capturada por la autora.

Las diferencias entre el urdido directo y de faja o seccional son resumidas en la figura 3.14.

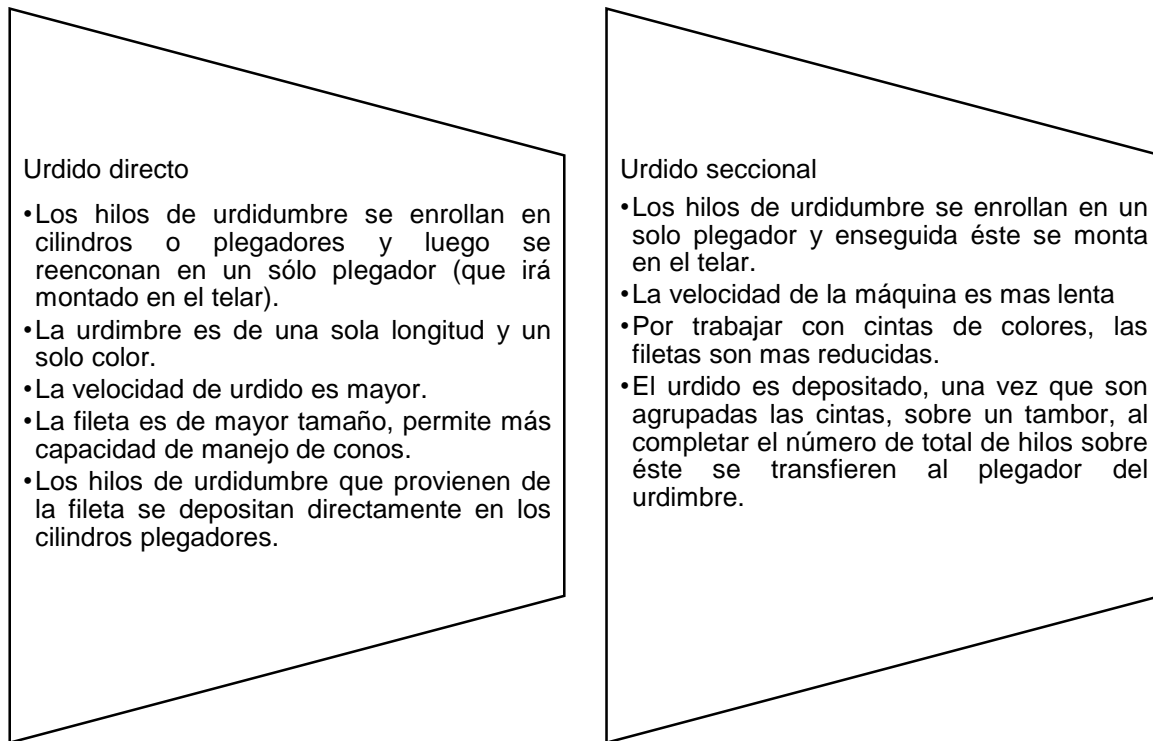


Figura 3.14 Resumen de diferencias entre el urdido directo e indirecto. Elaboración propia.

- Engomado

En el proceso de tejido las fibras son paralelizadas y unidas por medio de la torsión, pero esta unión no se consigue en su totalidad pues existe la presencia de fibras flotantes (pilosidad). Por otro lado, una torsión elevada disminuye la elasticidad del hilo y puede ocasionar rompimientos al tejer, por estas razones se realiza la aplicación de goma, aumentando así la resistencia del hilo y la cantidad de fibras flotantes del hilo, causando así una disminución de la fricción hilo a hilo al tejer y aumentando la eficiencia del telar.

Los objetivos del engomado son: mejorar la calidad y el comportamiento durante la tejida, aumentar la eficiencia y reducir los costos de producción, alcanzar mayor

resistencia y nivelación, con el engomado se evita la separación de las fibras pues actúa como adhesivos como se explica en la figura 3.15.

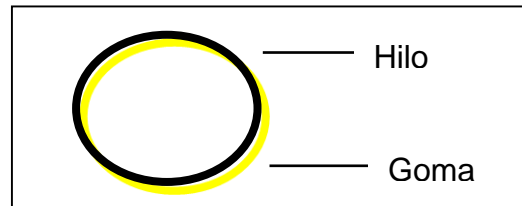


Figura 3.15 El proceso de engomado permite recubrir la hebra del hilo para aumentar la resistencia y evitar la separación de fibras. Elaboración propia.

Existen dos clases de engomado: el engomado directo donde se utiliza el cilindro producido por urdidoras indirectas, o sea que el cilindro tiene el número de hilos necesarios y el engomado indirecto utilizando suministros proporcionados por urdidores directos.

3.3.2 Diagramas de flujo de materiales, de residuos y de personal operativo de la empresa de tejido

A través del mapeo de procesos en la empresa de tejido se definieron los diagramas de flujo de la misma manera que en la planta de hilatura. Se determinó el diagrama de flujo del agua, de los residuos o subproductos obtenidos a lo largo del proceso productivo así como también se realizó la diagramación del flujo social. Con esto, se permite realizar el análisis de cada uno de ellos el cual se expone a continuación.

3.3.2.1 Análisis del diagrama de flujo de materiales (agua)

El sistema de producción de la empresa de tejido está constituido por un departamento donde se lleva a cabo la operación de doblado y torzado de hilo, también se tiene un área de vaporizado, otra sección de urdido directo y urdido

indirecto o de faja, por otro lado se encuentra el departamento de engomado, tejido y por último cortado.

A excepción del área de trabajo de cortado, se tiene el suministro de agua a lo largo de los diferentes salones donde se llevan a cabo las operaciones de transformación de hilo en tela, esto en forma de dispersión de gotas de agua a través de una red de tubería.

Mantener el ambiente bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad permite llevar a cabo y de manera óptima el proceso productivo, los problemas a evitar son similares a los de la empresa de hilatura, estos son:

- Materiales con baja absorción.
- Estática.
- Polvo o pelusa.
- Hilo quebradizo.
- Baja elongación.
- Baja elasticidad.
- Débil torsión de hilo.
- Ambiente laboral hostil.

Sin embargo, la humidificación del ambiente no es la única manera en que entra agua al sistema de producción, ya que en el subproceso de vaporizado y engomado el agua entra directamente a las máquinas para poder realizar una función determinada.

En el diagrama de la figura 3.16, se describen las cantidades de agua que son suministradas en promedio a cada área del proceso productivo.

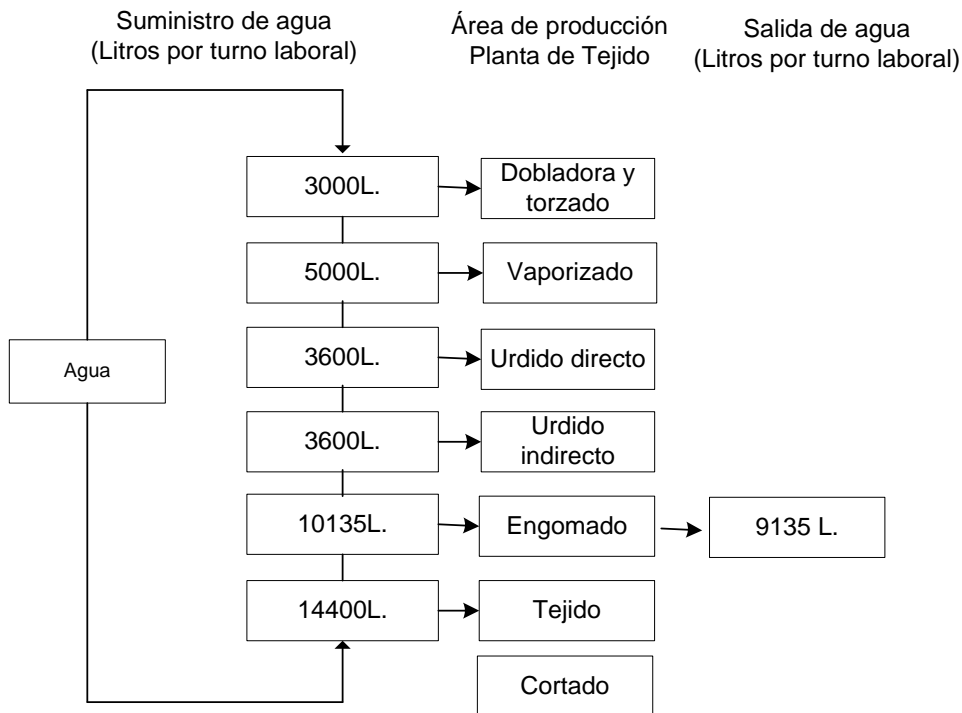


Figura 3.16 Diagrama de flujo de materiales, suministro de agua en los departamentos de producción, empresa de tejido. Elaboración propia con información obtenida en la investigación de campo.

Para mantener una temperatura de 28°C y una humedad relativa del 45%, el departamento de doblado y torzado es rociado con 3000 litros de agua por cinco horas en promedio, lo cual garantiza que el hilo tendrá el torcido necesario, la elongación y resistencia, habrá poca borra y el ambiente de trabajo será adecuado.

El departamento de vaporizado es pequeño, no es necesario que se controle el clima pues cuenta con una ventilación adecuada. Sin embargo, la máquina de vapor requiere ser alimentada con 5000 litros de agua para poder realizar la operación de vaporizado, aquí no es posible recuperar agua por naturaleza propia del proceso.

Por otra parte, urdido directo e indirecto se ubican en dos salones donde se requiere controlar el clima y humedad. En ambos sitios, la temperatura ideal es de 27°C a una humedad relativa del 40% así que se usa el sistema humidificador

rociando 600 litros de agua por hora durante seis horas, en otras palabras, son rociados 3600 litros de agua por turno.

Preparar la goma para el proceso de engomado de la urdimbre requiere de 2027 litros de agua por carga, si en el turno se hacen cinco cargas, entonces por turno se alimenta la maquinaria con 10135 litros de agua. En este subproceso es posible recuperar 9135 litros de agua aproximadamente, no es la misma cantidad de agua que entra ya que parte es absorbida por la urdimbre o se vaporiza hacia el ambiente.

El departamento de tejido está segmentado en cuatro salones, es el más crítico ya que es el proceso donde se da a lugar la transformación de la urdimbre y la trama en tela, la humedad y la temperatura son factores decisivos para la obtención de tela con la calidad solicitada.

Es por ello que cada salón, usa el humidificador por seis horas lo que equivale a 3600 y en conjunto suman 14400 litros por turno laboral. El agua que se utiliza para humedecer el clima no es recuperable, el hilo y la tela absorben gran cantidad de agua, así como también es vaporizada en el medio ambiente. Finalmente, la única parte que no emplea agua es el área de corte.

La tabla 3.3 muestra la cantidad de agua que en promedio se suministra al proceso de producción de tela, siendo lo anterior a lo largo de sus diferentes subprocesos, así como también se resume el total de agua empleada durante una semana laborable.

Al proyectar la cantidad de agua que se emplea en una semana hasta a un año de producción se tiene el volumen total que se presenta en la tabla 3.4:

**Suministro de agua por turno durante una semana de producción
(litros/turno laborable)**

| Departamento de producción | Primer turno | Segundo turno | Tercer turno | Cuarto turno | Total (litros por 4 turnos) |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|
| Doblado y torzado | 18000 | 18000 | 15000 | 15000 | 66000 |
| Vaporizado | 30000 | 30000 | | | 60000 |
| Urdido directo | 21600 | 21600 | 18000 | 18000 | 79200 |
| Urdido indirecto | 21600 | 21600 | 18000 | 18000 | 79200 |
| Engomado | 60810 | 60810 | 50675 | 50675 | 222970 |
| Tejido | 86400 | 86400 | 72000 | 72000 | 316800 |
| <i>Total de agua aprox. suministrada durante una semana =</i> | | | | | 824170 litros/semana |

Tabla 3.3 Cantidad de agua que se suministra aproximadamente en la empresa de tejido en sus diferentes áreas de producción en los cuatro turnos laborables (excepto el departamento de vaporizado que sólo labora dos turnos) durante una semana de producción. Elaboración propia a partir de los datos e información obtenida en la investigación de campo.

**Suministro de agua por turno durante un año de producción
(litros/turno laborable)**

| Departamento de producción | Primer turno | Segundo turno | Tercer turno | Cuarto turno | Total (litros por 4 turnos) |
|--|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|
| Doblado y torzado | 936000 | 936000 | 780000 | 780000 | 3432000 |
| Vaporizado | 1560000 | 1560000 | | | 3120000 |
| Urdido directo | 1123200 | 1123200 | 936000 | 936000 | 4118400 |
| Urdido indirecto | 1123200 | 1123200 | 936000 | 936000 | 4118400 |
| Engomado | 3162120 | 3162120 | 2635100 | 2635100 | 11594440 |
| Tejido | 4492800 | 4492800 | 3744000 | 3744000 | 16473600 |
| <i>Total de agua aprox. suministrada durante un año=</i> | | | | | 42856840 litros/año |

Tabla 3.4 Proyección de la cantidad de agua aproximada utilizada en el proceso productivo de la empresa de tejido. Elaboración propia.

El agua es un energético indispensable para los procesos que se llevan a cabo en la planta de tejido, cumple la función de regular la temperatura y la humedad en los niveles permisibles, además es utilizada principalmente en el proceso de vaporizado así como también en el de engomado, procesos críticos que definen la calidad del producto terminado.

3.3.2.2 Análisis del diagrama de flujo de residuos

La empresa de tejido a diferencia de la de hilatura, se caracteriza por tener mayor cantidad de residuos de tipo peligroso (de acuerdo con la clasificación descrita en el anexo A) dado que algunos de los subprocesos incluyen tratamiento químico. Estos son principalmente aceite quemado, efluentes como DBO (demanda bioquímica de oxígeno), grasas, detergentes, sólidos sedimentables, además de hilo y desperdicio de orilla de tela.

La figura 3.17 muestra el diagrama de flujo de entrada de cada materia prima, materiales auxiliares y la salida de los mismos en forma de residuos.

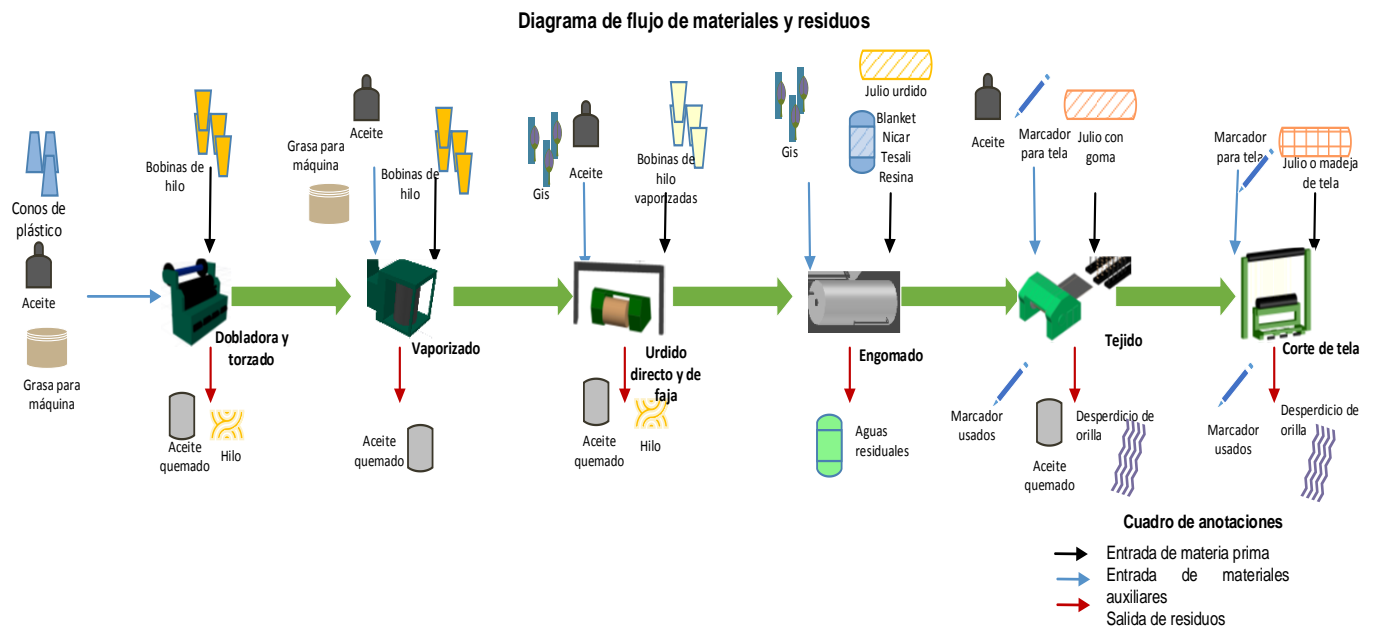


Figura 3.17 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de tejido. Elaborado a partir del mapeo de procesos.

El proceso general de tejido se subdivide en seis subprocesos, el primero está conformado por el conjunto de máquinas dobladoras y de torzado, mismas que son alimentadas con bobinas de hilo, utiliza además canillas o conos vacíos, aceite lubricador y grasa para la operación correcta de la maquinaria, se obtiene hilo crudo y aceite quemado como residuos. Posteriormente, las bobinas de hilo que han sido procesadas en las dobladoras y de torzado pasan al área de vaporizado, en ésta última sólo se ingresan bobinas y ningún material auxiliar.

El siguiente subproceso es urdido (sea directo o de faja) la máquina se suministra de bobinas de hilo vaporizadas como materia prima, otro elemento es el aceite lubricador así como gis (para marcar el julio que se obtiene al final del urdido), los residuos es hilo roto, con defecto o sin calidad, además de aceite que ocupado en el mantenimiento de la maquinaria.

Una vez producida la urdimbre o julio urdido, continúa el flujo de producción y entra al proceso de engomado, los productos químicos para formular la goma son principalmente blanket, nicar, tesali y resina. Se tiene a la salida aguas residuales. Finalmente, la urdimbre es marcada con gis para su identificación. De ahí, pasa el julio urdido a las máquinas de tejido (la empresa emplea máquinas de tejido tipo pinza, de aire y proyectil) que son preparadas con anticipación suministrándoles aceite lubricador para su mantenimiento, a la salida del proceso se tiene desperdicio de orilla de tela, aceite quemado y marcadores vacíos.

Las madejas de tela son cortadas y marcadas de acuerdo con la orden de trabajo, por consiguiente se tienen restos de tela y marcadores vacíos como residuos.

En la figura 3.18 se analizan los porcentajes de los diferentes tipos de subproductos generados durante el proceso productivo de la planta de tejido, siendo estos básicamente hilo, desperdicio de tela, marcadores vacíos y aceite lubricador.

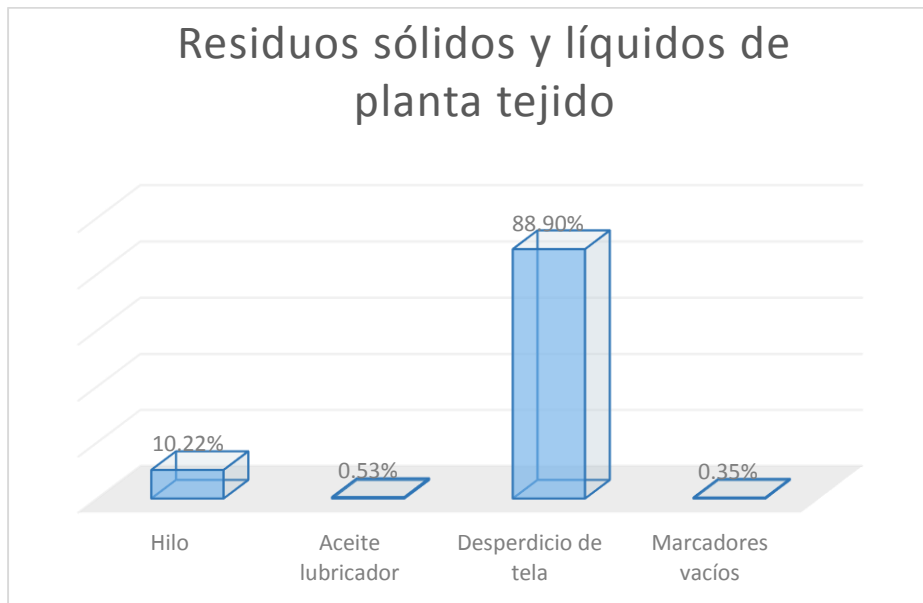


Figura 3.18 Porcentaje de residuos sólidos y líquidos del proceso de la empresa de tejido. Elaborada a partir de la información obtenida en el mapeo de procesos.

El residuo de mayor generación en la planta de tejido es el desperdicio de tela (88.90%), dado que en el área de tejido y corte se tiene que por turno (8 horas) se producen 256 Kg y 5 Kg respectivamente. En contraste, el hilo representa el 10.22% del total de los subproductos dado que en el subproceso de doblado y torzado.

Una vez que se emplean los marcadores en el área de producción estos son desechados, el porcentaje es de 0.35% o bien, 1.02 Kg equivalente a 51 piezas del total de los subproductos. Finalmente, de aceite quemado o aceite lubricador utilizado en las máquinas se recupera a razón de 1.785 L/día, equivalente a 1.55 Kg (el aceite utilizado tiene una densidad de 0.87 kg/litro), es decir, un 0.53% respecto al total.

3.3.2.3 Análisis del diagrama de personal operativo

Tejido mantiene una flotilla de trabajadores a nivel producción así como también de staff, la mayoría del proceso implica la manipulación de maquinaria especializada para procesar el hilo hasta obtener tela, en el diagrama que se muestra en la figura 3.19 se enlistan los cargos que son desempeñados en los distintos departamentos de producción que existen en la empresa, así mismo son enumerados los cargos del equipo staff.

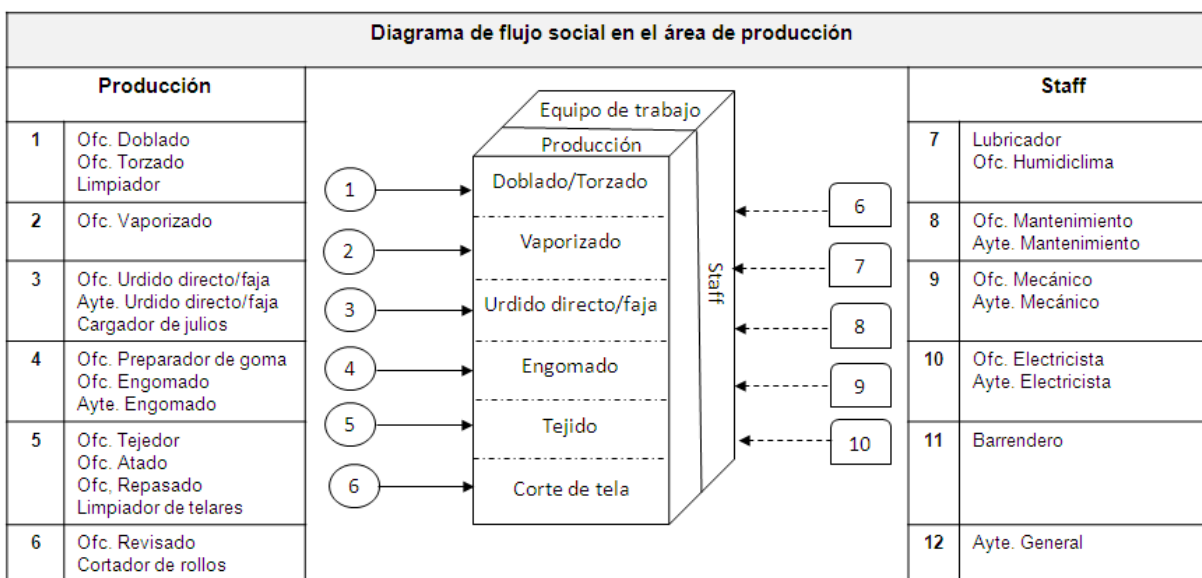


Figura 3.19 Diagrama de flujo social del área de producción de tejido. Elaboración propia con información obtenida en la investigación de campo.

El área de doblado y torzado, vaporizado, urdido directo y de faja (o indirecto), engomado, tejido y el de corte de tela requiere de personal que cumpla actividades específicas, por mencionar algunos los oficiales de doblado, torzado, vaporizado, cada oficial requiere un ayudante como el de urdido y engomado, entre otros. Mientras tanto, el equipo staff está integrado por un lubricador, oficial de humidiclíma, de mantenimiento general, mecánicos, electricistas y barrenderos.

Por otra parte, es preciso destacar que la empresa de hilatura coincide en algunos cargos con respecto al equipo staff, esto es, ambas empresas requieren de

mecánicos, personal de mantenimiento, electricista, barrenderos, controladores del humidiclíma, lubricador de maquinaria.

3.4 Empresa de teñido

La empresa de teñido cuenta con dos secciones donde se lleva a cabo el proceso de teñido de tela y de conos de hilo. Con más de 100 empleados y con una capacidad de operación y de demanda labora dos turnos a la semana.

En el diagrama que se observa en la figura 3.20, se muestra la estructura del diagrama del proceso de producción general:

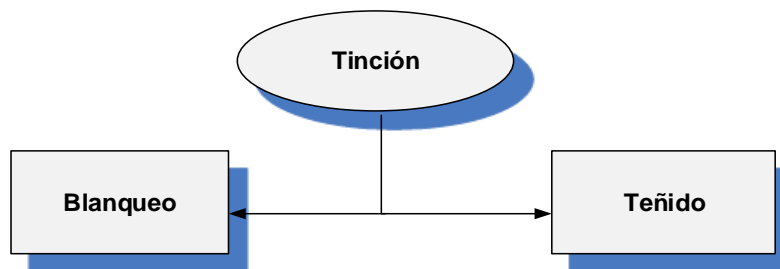


Figura 3.20 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de teñido. Elaborado a partir de la información obtenida en la investigación.

3.4.1 Breve descripción de los subprocesos de la empresa de teñido

- Proceso de teñido

El proceso de teñido se basa fundamentalmente en incorporar a la fibra, hilo, tela o prendas en forma uniforme una materia colorante soluble, natural o sintética, bajo determinadas condiciones.

Para éste caso, la empresa sujeta al estudio, realiza el teñido de hilo y tela pues es necesario que las toallas adquieran un acabado específico en cuanto a los colores.

El proceso de teñido de la tela es a través del sistema discontinuo (agotamiento), el tinte se disuelve en el agua, la tela adsorbe primero (sólo se tiñe la superficie) después penetra en el núcleo de la fibra y finalmente migra lo cual permite la uniformidad del teñido, es importante éste proceso pues las toallas de baño no deben perder colorante durante su uso. En la figura 3.21 se puede observar el tipo de autoclave que emplean para el proceso de teñido.



Figura 3.21 Maquinaria especial para el proceso de teñido de tela. Fotografía capturada por la autora.

- Proceso de blanqueo

En ésta operación se utiliza una solución con agentes blanqueadores y tensoactivos que al ser aplicados en la tela remueve la materia coloreada para obtener un tono color blanco específico para posteriormente darle el tratamiento de teñido. Se puede usar después o en forma simultánea con el descruce y antes del teñido. Después del blanqueo la tela se enjuaga en agua y luego se trata con sustancias reductoras que eliminan el exceso del detergente oxidante.

3.4.2 Diagramas de flujo de materiales, de residuos y de personal operativo de la empresa de teñido

Los diagramas elaborados con la información obtenida durante el trabajo de investigación de campo, o bien, mapeo de procesos, son el diagrama de flujo del agua, de los residuos o subproductos así como también los diagramas del flujo social. Los diagramas de flujo se analizan a continuación:

3.4.2.1 Análisis del diagrama de flujo de materiales (agua)

En los procesos de la industria textil, en particular, en el proceso de teñido se tiene como principal recurso el agua, siendo este el encargado de disolver todo producto químico ya sean colorantes, sosa cáustica, carbonatos, detergentes, entre otros., para poder dar el tratamiento de teñido a la tela y así obtener un producto terminado con especificaciones requeridas por el cliente.

El diagrama de la figura 3.22, muestra el volumen de agua que ingresa al sistema de teñido en cada uno de sus subprocessos, excluyendo aquellos que no emplean tal recurso para su operación.

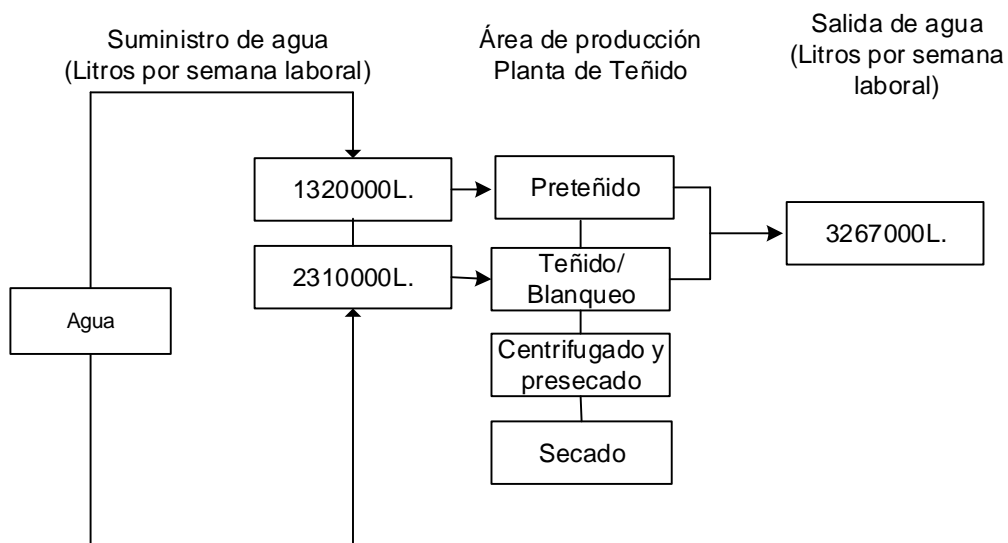


Figura 3.22 Diagrama de flujo de materiales, suministro de agua en los departamentos de producción, empresa de teñido. Elaboración propia con información obtenida en la investigación de campo.

Como se observa, son dos los subprocesos que son alimentados por cierto volumen de agua; el equipo y maquinaria demanda diferentes cantidades de agua, esto es, dos de las ollas empleadas para el preteñido requieren de máquinas llamadas autoclaves cuyas capacidades son las que se exponen en la tabla 3.5:

| Olla | Capacidad de carga de julios/conos (Carga requerida en kilogramos) | Capacidad de agua (Volumen requerido en litros) |
|--------------------|---|--|
| Obermayer 1 | 140 | 6000 |
| Obermayer 2 | 750 | 6000 |

Tabla 3.5 Maquinaria existente en la empresa de teñido en el área de producción, modelo de maquinaria, capacidad de carga de materia prima en kilogramos y capacidad de agua requerida en litros. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa.

Teñido cuenta con dos tipos de ollas o autoclaves con capacidades diferentes, la tabla 3.6 muestra el nombre de la autoclave, la capacidad de toalla que puede tratar y el volumen de agua que requiere para la operación de teñido.

| Olla | Capacidad de carga de toalla (Carga requerida en kilogramos) | Capacidad de agua (Volumen requerido en litros) |
|----------------|---|--|
| Sholl 1 | 750 | 6000 |
| Sholl 2 | 750 | 6000 |
| Atic 1 | 250 | 2000 |
| Atic 2 | 1500 | 7000 |

Tabla 3.6 Maquinaria existente en la empresa de teñido en el área de producción, modelo de máquina, capacidad de carga de toalla y volumen de agua requerido para tal carga. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa.

El proceso de teñido consta de 4 etapas que se describen a continuación:

1. Descrude: Se llena el autoclave con los litros de agua que requiere según sea el caso, se carga la tela así como también se añaden los químicos necesarios (sosa y blanqueador), posteriormente se realiza el descrude o blanqueamiento, una vez que termina el proceso se vacía el agua residual.

2. Teñido: Se alimenta la autoclave con el volumen de agua correspondiente y son añadidos los materiales auxiliares (sal, colorante, carbonatos, ácido acético, exa y humersil), al terminar la operación se descarga el agua residual.
3. Pre-enjuague: Para ésta operación se suministra nuevamente el volumen de agua según el tipo de olla y se adiciona detergente (decol), durante diez minutos se da un tratamiento de enjabonado y un enjuague previo para eliminar el exceso de color en la tela. El agua utilizada en ésta etapa se dispone como agua residual.
4. Enjuague: Ya para finalizar la etapa de teñido, se suministra nuevamente el volumen de agua que cada olla requiere para su operación respectivamente y se agrega suavizante para eliminar restos de detergente.

La maquinaria recibe mantenimiento al final de cada semana (sólo en el primer y segundo turno), esto posterior al proceso de teñido realizado en ese día, el cual consiste en la limpieza interna de las ollas, se carga el agua que normalmente se utiliza para alguno de los procesos anteriores, se agrega sosa y cloro, el agua reboza por determinado tiempo (entra y sale de la máquina) para eliminar colorantes impregnados, también se obtiene agua residual en esta etapa. Cabe señalar que el ciclo de teñido comprendido por las etapas anteriores se realiza una vez por turno.

La tabla 3.7 muestra la cantidad de agua que en promedio es suministrada al proceso de producción de tela, siendo lo anterior a lo largo de sus diferentes subprocesos, así como también se resume el total de agua empleada durante una semana laborable.

**Suministro de agua por turno durante una semana de producción
(litros/turno laborable)**

| Departamento de producción | Primer turno | Segundo turno | Tercer turno | Cuarto turno | Total (litros por 4 turnos) |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|
| Preteñido | 360000 | 360000 | 300000 | 300000 | 1320000 |
| Teñido o blanqueo | 630000 | 630000 | 525000 | 525000 | 2310000 |
| <i>Total de agua aprox. suministrada durante una semana =</i> | | | | | 3630000 litros/semana |

Tabla 3.7 Cantidad de agua que es suministrada aproximadamente en la empresa de teñido en las áreas de producción que así lo requieren en los cuatro turnos laborables durante una semana de producción. Elaboración propia a partir de los datos e información obtenida en la investigación de campo.

El volumen de agua estimado en un año (52 semanas laborables) que se emplea en preteñido y teñido es el que reporta en la tabla 3.8.

**Suministro de agua por turno durante un año de producción
(litros/turno laborable)**

| Departamento de producción | Primer turno | Segundo turno | Tercer turno | Cuarto turno | Total (litros por 4 turnos) |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|
| Preteñido | 18720000 | 18720000 | 15600000 | 15600000 | 68640000 |
| Teñido o blanqueo | 32760000 | 32760000 | 27300000 | 27300000 | 120120000 |
| <i>Total de agua aprox. suministrada durante un año =</i> | | | | | 188760000 litros/año |

Tabla 3.8 Proyección de la cantidad de agua aproximada utilizada en el proceso productivo de la empresa de teñido. Elaboración propia.

3.4.2.2 Análisis del diagrama de flujo de residuos

La empresa de teñido se divide en dos secciones, la primera es preteñido y la segunda es teñido, ambas emplean como principales recursos el agua y productos químicos que ayudan a preparar la tela para agregar color y después para teñirla, por consiguiente, el subproducto que predomina es el agua residual, otras salidas que se obtienen en menor cantidad son retazo de tela y plastiflecha.

A través del diagrama de la figura 3.23 se puede observar el flujo de entrada y salida de materiales para cada subproceso de la compañía de teñido. El primer subproceso es de preteñido y se realiza en ollas autoclaves que dan un tratamiento previo a la tela o bien, a las bobinas de hilo. La entrada de materia prima es el julio o madeja de tela y/o las bobinas de hilo, mientras que son considerados como auxiliares los productos químicos como la sosa caustica, sal, colorantes y carbonato.

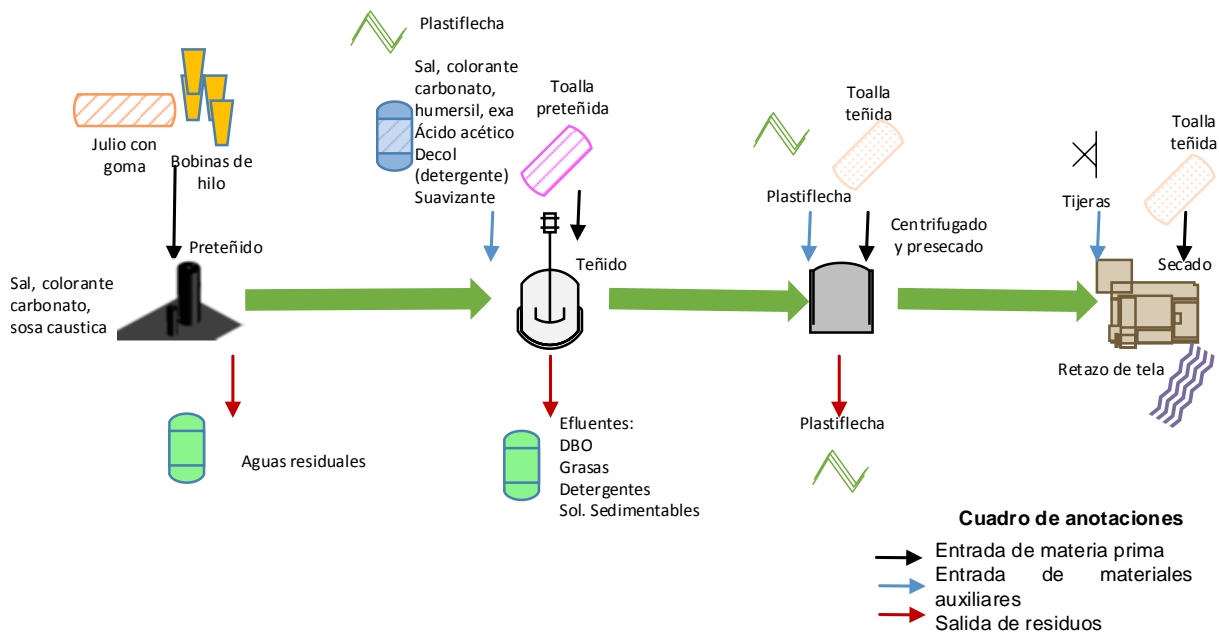


Figura 3.23 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de hilatura. Elaborado a partir del mapeo de procesos.

Una vez que se procesa la tela o hilo, se descargan cantidades de agua residual. Posterior al preteñido, continúa el teñido final que se realiza únicamente a la tela, materia prima del proceso. Los materiales auxiliares son básicamente productos químicos como los colorantes, la sal, carbonato, humersil, exa, ácido acético, detergentes, suavizantes. En éste proceso se obtiene mayor cantidad de aguas residuales.

El subproceso siguiente es centrifugado y presecado, la tela teñida alimenta la maquinaria correspondiente. El material de apoyo son plastiflechas que permiten identificar los lotes de tela, una vez utilizadas las plastiflechas (3 kg por turno) son tratadas como desechos. El último subproceso es secado, aquí la materia prima sigue siendo la tela y sólo se emplean tijeras industriales como material extra. Los subproductos son retazos que se obtienen al recortar la tela (19 Kg aproximadamente al final del turno).

La figura 3.24 muestra los porcentajes de los subproductos obtenidos, entonces se tiene que el principal residuo sólido en teñido es el desperdicio de tela y representa el 86.36% (19 Kg en promedio al final de un turno) y el 13.64% (3 Kg por turno) restante es la plastiflecha.

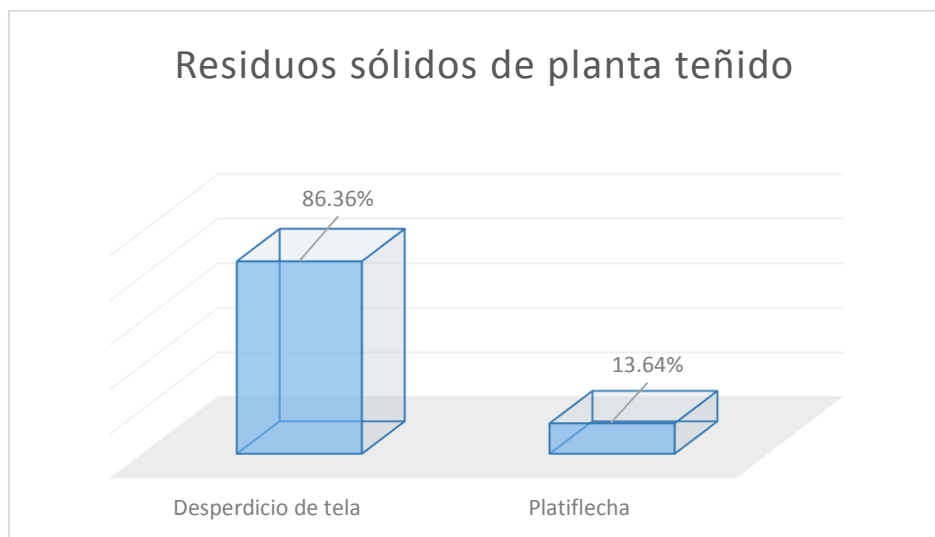


Figura 3.24 Porcentaje de residuos sólidos del proceso de la empresa de teñido. Elaborada a partir de la información obtenida en el mapeo de procesos.

3.4.2.3 Análisis del diagrama de personal operativo

En el diagrama de la tabla 3.9, se puede observar que son cuatro las áreas del departamento de producción en la empresa de teñido, estas son: preteñido, teñido, centrifugado y presecado además de secado. Los cargos que se desempeñan son: oficial y ayudante de las autoclaves (obermaier), oficial de

caldera, oficial y ayudante de Sholl, operador de centrífuga, lavadora, presecado, oficial de presecado, de la maquinaria de rama.

El equipo staff en teñido está conformado por ayudantes generales, personal de máquinas y herramientas, mecánicos y electricistas. Al igual que la empresa de hilatura y tejido, en teñido también tienen mecánicos y electricistas, exceptuando al personal de máquinas y herramientas.

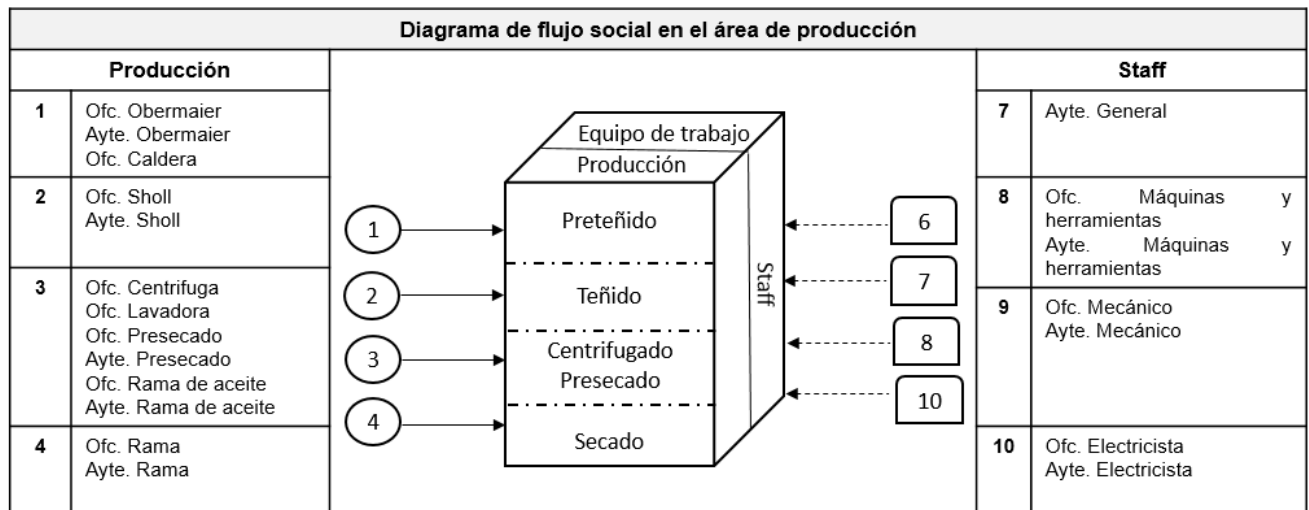


Tabla 3.9 Diagrama de flujo social del área de producción, empresa teñido. Elaboración propia con información obtenida en la investigación de campo.

3.5 Empresa de confección

Confección es una empresa semiautomatizada, dedicada a la transformación de fibras textiles (exclusivamente algodón) en hilo a través de tecnología alemana y china.

Con más de 150 empleados, los cuales laboran en cuatro turnos diferentes y cuenta con un proceso de producción conformado por seis subprocesos, estos últimos se muestran en el diagrama de la figura 3.25:

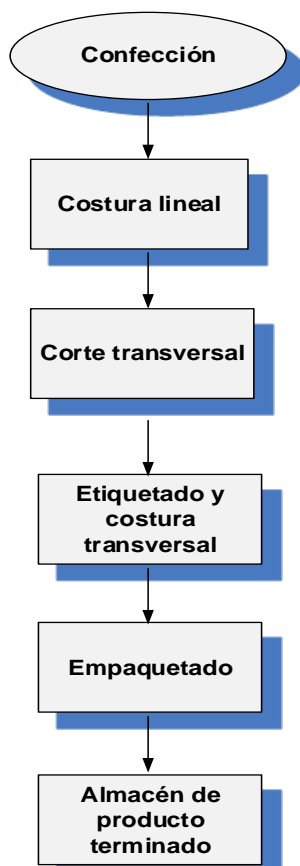


Figura 3.25 Diagrama de flujo del proceso de producción en la empresa de confección. Elaborado a partir de la información obtenida en la investigación.

3.5.1 Breve descripción de los subprocesos de la empresa de confección

La descripción de los subprocesos de la figura 3.25 es la que a continuación se presenta:

- Costura lineal y costura transversal

La costura es el método por el cual se unen dos o más telas al perforarlas y entrelazar un hilo a través de ellas, normalmente con ayuda de una aguja.

Costura lineal o puntada es una operación de pre acabado que consiste en tomar el material cortado o bien, la tela con las especificaciones de cada toalla para después colocarlo en el soporte de la máquina y luego guiarlo por una máquina

de costura a lo largo de la tela. La operación se repite ahora para cocer el lado transversal de la tela, asegurando cumplir con los estándares de producción.

- Corte transversal

Una vez que recibe la empresa de confección la tela en forma de rollo con el teñido requerido, se procede a cortar transversalmente de acuerdo con las medidas necesarias con ayuda de una máquina, cortar la tela requiere una importante precisión ya que si no se realiza adecuadamente habrá pérdidas de insumos textiles o bien, riesgos profesionales. En la figura 3.26 se observa el área de corte y confección.



Figura 3.26 Tela cortada transversalmente dispuesta en pequeños lotes para someterla posteriormente a la costura lineal y transversal en la empresa de confección. Fotografía capturada por la autora.

- Etiquetado

Es la operación de unir mediante una costura una etiqueta a la toalla, ésta etiqueta tiene impresa la información comercial de uso posterior a su compra, así como algunos datos del origen del producto (ver figura 3.27).



Figura 3.27 Etiquetado de una toalla facial. Fotografía capturada por la autora.

- Empaquetado

Una vez que las toallas han sido costuradas y etiquetadas se procede a empaquetarlas en bolsas individualmente así como en cajas de cartón para enviarlas al almacén de producto terminado.

- Almacén de producto terminado

Finalmente, el producto es almacenado en un área de 600 m², las cajas son puestas en grandes anaqueles, permanece el producto ahí hasta su embarque y envío final.

3.5.2 Diagramas de flujo de materiales, de residuos y de personal operativo de la empresa de confección

Se presenta a continuación, el análisis de los diagramas de flujo de agua, residuos y de personal operativo de la empresa de confección.

3.5.2.1 Análisis del diagrama de flujo de materiales (agua)

El proceso de producción de ésta empresa no requiere el suministro de agua en ninguno de sus subprocesos, por consiguiente se omite el análisis del diagrama de flujo de materiales específicamente del agua.

3.5.2.2 Análisis del diagrama de flujo de residuos

Durante el proceso de confección de la tela para transformarla en toalla, se obtienen como principales subproductos retazo de tela y desperdicio de orilla, también se obtiene hilo, residuos de bolsas de plástico, etiquetas, cinta adhesiva y aceite quemado.

La figura 3.28 muestra en el diagrama, el flujo de entrada de materiales, tanto de materia prima y materiales auxiliares así como los residuos que se obtienen al final de cada subproceso.

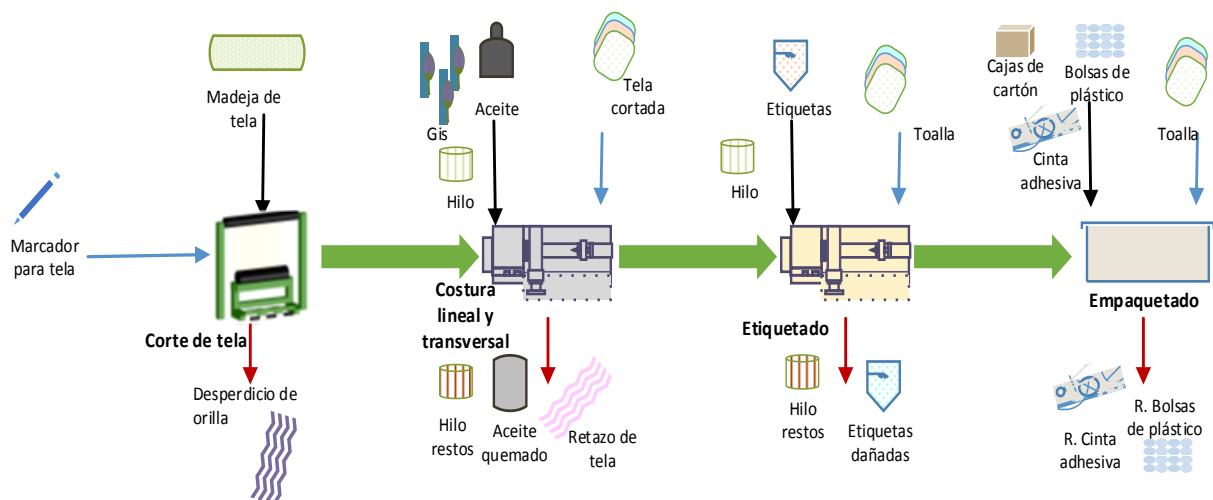


Figura 3.28 Diagrama de flujo de materiales y residuos de la empresa de confección. Elaborado a partir del mapeo de procesos.

En el área de corte como su nombre lo señala, se realiza el recorte de tela en determinadas dimensiones dependiendo de la orden de producción, la tela es la materia prima y se usan marcadores de aceite para identificar los lotes. En la máquina de corte se realiza el proceso obteniendo desperdicio de orilla. Posterior al corte, comienza la confección de la tela, se utilizan como materiales auxiliares el hilo, gis y además de ello, se emplea aceite lubricador para la maquinaria. A la salida de ésta operación se obtiene retazo de tela, hilo y aceite quemado.

La tela continúa siendo la materia prima ahora para la sección de etiquetado, se auxilia éste subproceso de hilo y las etiquetas. Así pues, a la salida se tiene hilo y etiquetas (dañadas, mal cocidas, rotas).

Por último, se envía la toalla al área de empaque donde bolsas de plástico, cartón y cinta adhesiva se utilizan para empaquetar el producto terminado. Los residuos aquí son bolsas de plástico y cinta adhesiva que resultan inservibles para el empaquetado por estar dañados.

La figura 3.29 muestra los residuos que en confección se generan, en promedio, al final del turno. Se observa que el residuo de mayor cantidad es el desperdicio de tela 68.75% (22 Kg), el 21.88% (7 Kg) de los residuos lo conforma las bolsas de plástico y cinta adhesiva, el 6.25% (2 Kg) corresponde al hilo sobrante de la costura, el 1.56% (0.5 Kg) se obtiene aceite lubricante quemado, el 0.94% (0.3 Kg) son los marcadores vacíos que son empleados para marcar la tela.

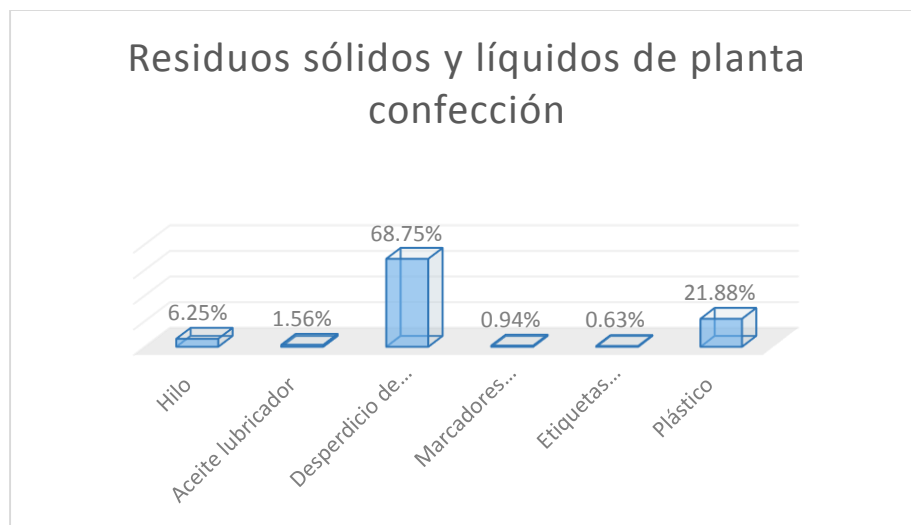


Figura 3.29 Porcentaje de residuos sólidos y líquidos del proceso de la empresa de confección. Elaborada a partir de la información obtenida en el mapeo de procesos.

3.5.2.3 Análisis del diagrama de flujo social

En la empresa de confección es menor el número de cargos a nivel de producción pues cuenta con oficiales de corte, costureras para costura lineal y transversal, manuales y codificadora en la sección de etiquetado, dobladora y selladora para el área de empaquetado.

El grupo staff está constituido por ayudantes generales, barrenderos, mecánicos, electricistas, tal como se muestra en el diagrama de la figura 3.10:

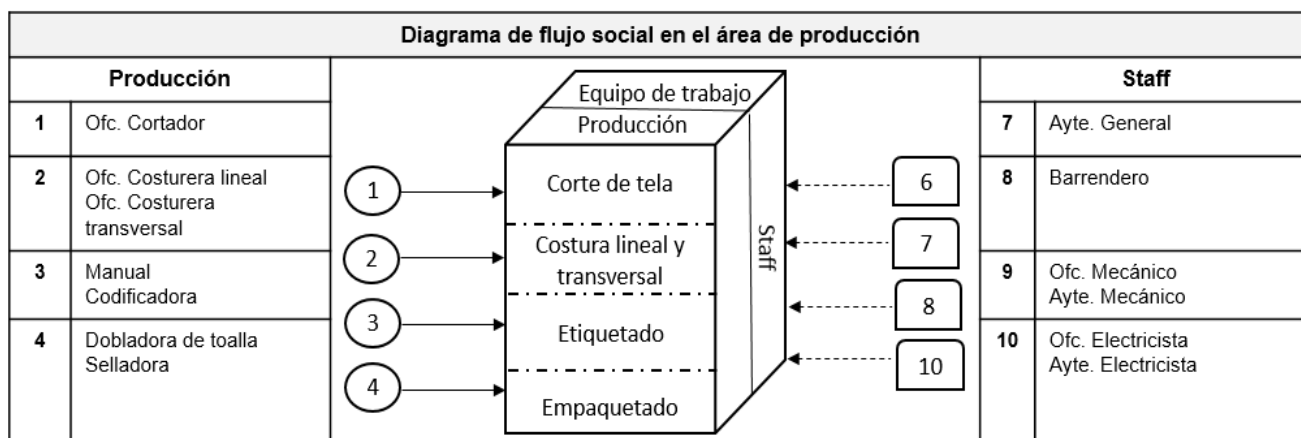


Tabla 3.10 Diagrama de flujo social del área de producción, empresa de confección. Elaboración propia con información obtenida en la investigación de campo.

Al igual que las empresas de hilatura, tejido y teñido, confección también necesita personal para realizar funciones de mantenimiento, de mecánica, operaciones que demanden electricistas y barrenderos, a excepción de controladores del humidiclíma, lubricador de maquinaria pues no son necesarios a nivel de producción.

3.6 Resultados obtenidos

3.6.1 Análisis de los datos recabados en los diagramas de flujo de materiales, de residuos y personal operativo

La tabla 3.11 expone la matriz de evaluación (descrita anteriormente en el capítulo 2). Se puede observar en la primera columna tres bloques, cada uno de ellos contienen una serie de preguntas de tipo cerradas que corresponden al análisis del agua, residuos y personal operativo.

Las columnas siguientes contienen las respuestas a las preguntas de cada empresa, respectivamente. Se supone que el valor de la respuesta **si** equivale a **0.25** puntos y la respuesta **no** equivale a **0** puntos (con base en la heurística 3-2 del autor Chertow, pues sugiere que para un caso simple de simbiosis industrial, al menos en tres entidades diferentes debe existir el intercambio de al menos dos tipos de recursos) así al sumar y obtener un resultado igual o mayor a 0.5 se asume entonces que hay un caso de simbiosis simple.

| Matriz de evaluación para la identificación de simbiosis industrial | Hilatura | Tejido | Teñido | Confeción | Indicador SI= 0.25 NO=0 |
|--|-----------------|---------------|---------------|------------------|--|
| Agua | | | | | |
| ¿Existe la oportunidad de recuperar agua residual una vez finalizado el proceso de producción? | NO | SI | SI | NO | 0.5 |
| ¿El agua residual es reusada en la misma empresa? | NO | NO | NO | NO | 0 |
| ¿El agua residual recuperada es tratable para su redistribución? | SI | SI | SI | NO | 0.75 |
| ¿Se requiere calidad de agua específica para el proceso de producción? | SI | SI | SI | NO | 0.75 |
| ¿Existe restricción alguna si el agua que sea suministrada al proceso de producción provenga de una planta tratadora de aguas residuales siempre y cuando cumpla con la calidad de agua? | NO | NO | NO | NO | 0 |
| Residuos | | | | | |

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|-------------|
| <i>¿Se genera algodón de hueso como residuo en el proceso productivo?</i> | SI | NO | NO | NO | 0.25 |
| <i>¿El algodón de hueso puede ser reintegrado al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿El algodón de hueso es enviado al relleno sanitario de la zona?</i> | SI | NO | NO | NO | 0.25 |
| <i>¿Es recolectado el algodón de hueso para sufrir algún tratamiento como compresión?</i> | SI | NO | NO | NO | 0.25 |
| <i>¿El algodón de hueso puede ser comercializado como materia prima para algún otro producto?</i> | SI | NO | NO | NO | 0.25 |
| | | | | | |
| <i>¿Se genera mecha como residuo en el proceso productivo?</i> | NO | SI | NO | NO | 0.25 |
| <i>¿La mecha puede ser reintegrada al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿La mecha es enviada al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿Es recolectada la mecha para sufrir algún tratamiento como compresión?</i> | NO | SI | NO | NO | 0.25 |
| <i>¿La mecha puede ser comercializada como materia prima para algún otro producto?</i> | NO | SI | NO | NO | 0.25 |
| | | | | | |
| <i>¿Se genera hilo como residuo en el proceso productivo?</i> | NO | NO | SI | NO | 0.25 |
| <i>¿El hilo puede ser reintegrado al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿El hilo que es residual es enviado al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿El hilo es recolectado para sufrir algún tratamiento como compresión?</i> | NO | NO | SI | NO | 0.25 |
| <i>¿El hilo puede ser comercializado como materia prima para algún otro producto?</i> | NO | NO | SI | NO | 0.25 |
| | | | | | |
| <i>¿Se genera cartón como residuo en el proceso productivo?</i> | SI | NO | NO | NO | 0.25 |
| <i>¿El cartón puede ser reintegrado al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿El cartón residual es enviado al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿El cartón es recolectado para sufrir algún tratamiento como compresión?</i> | SI | NO | NO | NO | 0.25 |
| <i>¿El cartón puede ser comercializado como materia prima para algún otro producto?</i> | SI | NO | NO | NO | 0.25 |
| | | | | | |
| <i>¿Se genera aceite lubricador quemado como residuo en el proceso productivo?</i> | SI | SI | NO | SI | 0.75 |
| <i>¿El aceite lubricador puede ser reintegrado al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿El aceite lubricador residual es enviado al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|-------------|
| <i>¿El aceite lubricador es recolectado para darle algún tratamiento?</i> | SI | SI | NO | SI | 0.75 |
| <i>¿El aceite lubricador puede ser comercializado como materia prima para algún otro uso?</i> | SI | SI | NO | SI | 0.75 |
| <hr/> | | | | | |
| <i>¿Se genera desperdicio de tela como residuo en el proceso productivo?</i> | NO | SI | SI | SI | 0.75 |
| <i>¿El desperdicio de tela puede ser reintegrado al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿El desperdicio de tela que es residual es enviado al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | NO | NO | SI | 0.25 |
| <i>¿El desperdicio de tela es recolectado para sufrir algún tratamiento como compresión?</i> | NO | SI | SI | NO | 0.5 |
| <i>¿El desperdicio de tela puede ser comercializado como materia prima para algún otro producto?</i> | NO | SI | SI | SI | 0.75 |
| <hr/> | | | | | |
| <i>¿Se generan envases de marcadores vacíos como residuo en el proceso productivo?</i> | NO | SI | NO | SI | 0.5 |
| <i>¿Los envases de marcadores pueden ser reintegrados al proceso?</i> | NO | SI | NO | SI | 0.5 |
| <i>¿Los envases de marcadores son enviados al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | SI | NO | SI | 0.5 |
| <i>¿Los marcadores vacíos son recolectados para sufrir algún tratamiento como ser rellenos con tinta?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿Los marcadores pueden ser comercializados como materia prima para algún otro producto?</i> | NO | SI | NO | SI | 0.5 |
| <hr/> | | | | | |
| <i>¿Se genera residuos de plastiflecha en el proceso productivo?</i> | NO | NO | SI | NO | 0.25 |
| <i>¿Las plastiflechas pueden ser reintegradas al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿Las plastiflechas son enviadas al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | NO | SI | NO | 0.25 |
| <i>¿Las plastiflechas son recolectadas para sufrir algún tratamiento?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿Las plastiflechas pueden ser comercializadas como materia prima para algún otro producto?</i> | NO | NO | SI | NO | 0.25 |
| <hr/> | | | | | |
| <i>¿Se genera residuos de etiquetas en el proceso productivo?</i> | NO | NO | NO | SI | 0.25 |
| <i>¿Las etiquetas pueden ser reintegradas al proceso?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |
| <i>¿Las etiquetas son enviadas al relleno sanitario de la zona?</i> | NO | NO | NO | SI | 0.25 |
| <i>¿Las etiquetas son recolectadas para sufrir algún tratamiento?</i> | NO | NO | NO | NO | 0 |

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|-------------|
| ¿Las etiquetas pueden ser comercializadas como materia prima para algún otro producto? | NO | NO | NO | SI | 0.25 |
| ¿Se genera plástico como residuo en el proceso productivo? | NO | NO | NO | SI | 0.25 |
| ¿El plástico puede ser reintegrado al proceso? | NO | NO | NO | NO | 0 |
| ¿El plástico que es residual es enviado al relleno sanitario de la zona? | NO | NO | NO | SI | 0.25 |
| ¿El plástico es recolectado para sufrir algún tratamiento como compresión? | NO | NO | NO | NO | 0 |
| ¿El plástico puede ser comercializado como materia prima para algún otro producto? | NO | NO | NO | SI | 0.25 |

Personal operativo

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|-------------|
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de lubricador? | SI | SI | NO | NO | 0.5 |
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de humidiclíma? | SI | SI | NO | NO | 0.5 |
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de mantenimiento? | SI | SI | NO | NO | 0.5 |
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de mecánicos? | SI | SI | SI | SI | 1 |
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de electricistas? | SI | SI | SI | SI | 1 |
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de barrendero? | SI | SI | NO | SI | 0.75 |
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de ayudante general? | NO | SI | SI | SI | 0.75 |
| ¿En el equipo de trabajo se desempeña el cargo de encargado de máquinas y herramientas? | NO | NO | NO | SI | 0.25 |

Tabla 3.11 Matriz de evaluación para el intercambio o compartimiento de recursos para la simbiosis industrial. Elaboración propia.

Con base en los resultados obtenidos en la tabla 3.11 y en el análisis visual de los diagramas de flujo de agua, de residuos y de personal operativo, se enlistan en la tabla 3.12 y se marcan con una **X** si las simbiosis existen o son potenciales. Se identificaron 11 sinergias de trabajo, dos de ellas actualmente se presentan en el parque industrial; las 9 restantes son casos de sinergias potenciales.

En la estructura (ver figura 3.30), se representa a través de flechas la dirección que sigue el intercambio de recursos o bien, la compartición de servicios. Además de ello, también se hace uso de elementos gráficos para simbolizar los recursos o servicios.

| Resultados obtenidos según la matriz de evaluación de simbiosis industrial | Simbiosis Existentes | Simbiosis potenciales |
|--|----------------------|-----------------------|
| Aprovisionamiento de materia prima | X | |
| Servicio de recolección de residuos sólidos y líquidos entre las empresas | | X |
| Tratamiento de residuos sólidos y líquidos | X | X |
| Simbiosis de agua (redistribución y reuso) | | X |
| Servicio lubricación de maquinaria | | X |
| Servicio de control de humedad (humidiclíma) | | X |
| Compartición de equipo técnico de mantenimiento | | X |
| Compartición de cuadrilla de mecánicos | | X |
| Compartición de cuadrilla de electricistas | | X |
| Servicio de cuadrilla de ayudantes generales | | X |
| Servicio de cuadrilla de barrenderos | | X |

Tabla 3.12 Resultados obtenidos a partir de la matriz de evaluación de sinergias de trabajo en el parque industrial.

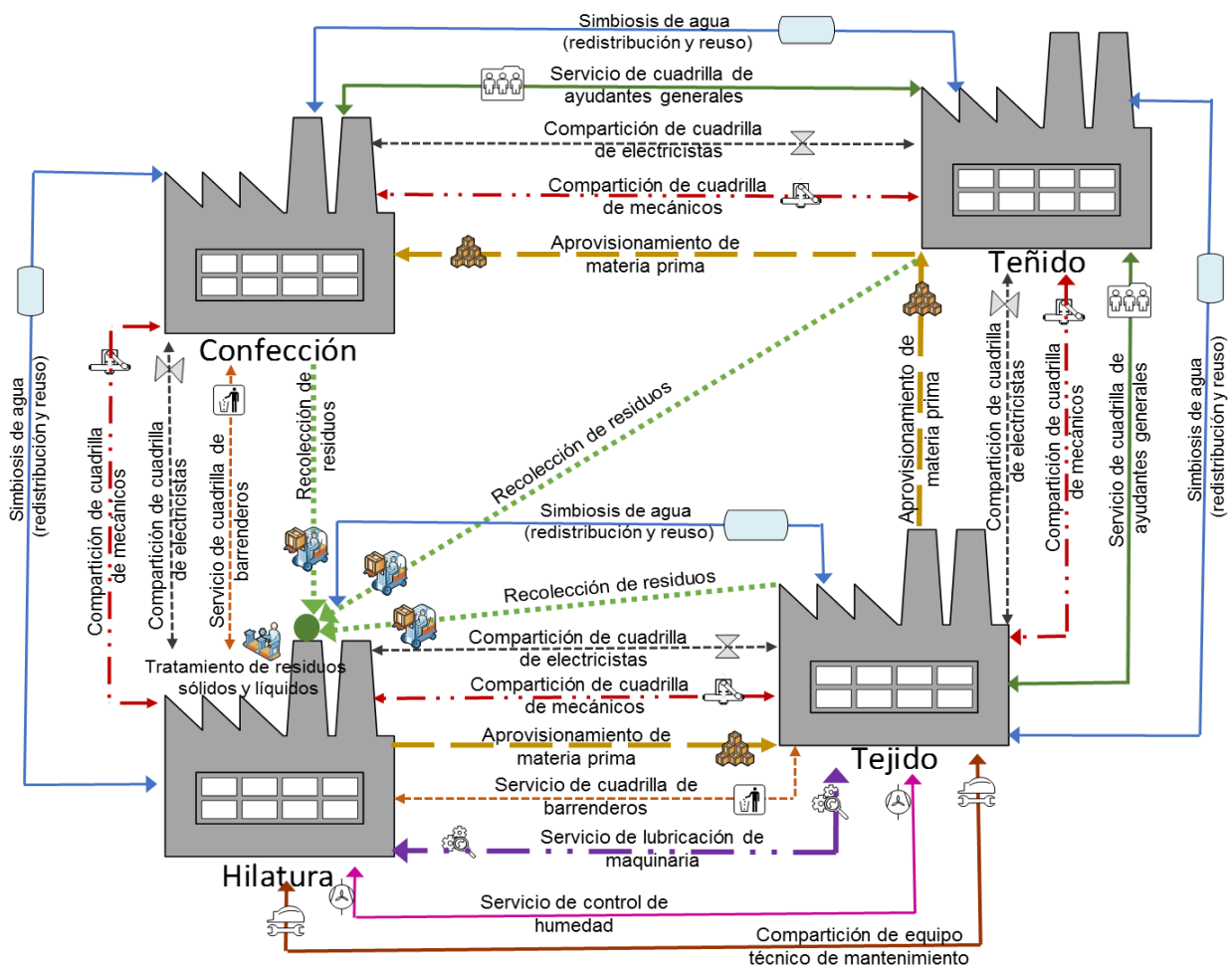


Figura 3.30 Diagrama que representa las redes simbióticas identificadas en el parque industrial. Elaboración propia.

3.6.2 Descripción de las simbiosis que existen en el PI

Las sinergias de trabajo reportadas en la tabla 3.12 se enlistan y se describen a continuación.

3.6.2.1 Sinergia de aprovisionamiento de materia prima

La principal sinergia detectada es la del aprovisionamiento de materia prima en forma de cascada, pues como se pudo analizar en el diagrama de flujo de materiales y residuos, el producto final de cada empresa se suministra a la empresa que así lo requiera. La empresa de hilatura surte de hilo a tejido, posteriormente, tejido surte a teñido y esta última a confección (cada empresa también surte a otros clientes que no están comprendidos en el PI).

3.6.2.2 Sinergia en el tratamiento de residuos

3.6.2.2.1 Residuos sólidos

La empresa de hilatura alberga en sus instalaciones una máquina de prensado, la cual compacta residuos como el algodón de hueso, mecha, cartón, plástico e hilo; son subproductos tanto de la misma empresa como de tejido y teñido. Sin embargo, confección no compacta sus residuos, lo cual implica que sean enviados directamente al relleno sanitario de la zona.

3.6.2.2.2 Residuos líquidos

El aceite lubricante quemado es recuperado en la empresa de hilatura y tejido, una vez almacenado en botes específicos para tal residuo son enviados a un almacén (ubicado junto a la prensadora de residuos sólidos) en la empresa de hilatura. Posteriormente, el aceite es vendido.

3.6.2.3 Simbiosis potenciales en el PI

Es importante destacar que la distancia entre las empresas es relativamente corta (no se cuenta con la información de las medidas de las distancias); por tanto, las simbiosis de recolección, tratamiento de residuos y de compartición de servicios que se proponen a continuación, suponen costos mínimos. Sin embargo, el alcance de este trabajo no incluye realizar una evaluación económica de las simbiosis presentadas. Se sugiere realizar como parte complementaria un estudio de viabilidad económica para evaluar dichas sinergias.

3.6.2.3.1 Simbiosis de agua

Una de las simbiosis potenciales que se ha detectado es la del empleo del agua residual principalmente de la empresa de teñido, siempre y cuando sea tratada debidamente para ser utilizada a nivel proceso de producción en las empresas que así lo demanden. Así como también, para emplearla en los sanitarios de las cuatro empresas y en las áreas verdes.

Éste trabajo considera el agua residual como una oportunidad de desarrollo de simbiosis, considerando que en el PI se encuentra en proyecto el tratado de la misma, con ello se asume en este trabajo que es rentable el tratamiento y la redistribución del agua en las instalaciones de las empresas.

La red simbiótica de la figura 3.31, expone las entradas de agua anuales en promedio que las empresas de hilatura, tejido y teñido requieren únicamente para el proceso de producción respectivamente.

Teñido demanda en promedio 188, 760,000 litros/año de agua, de éste total se pierde por la naturaleza del proceso el 20% (37, 752,00 litros/año). Entonces, el resto del insumo (15, 100,8000 litros/año) es agua tratable para usarla en los procesos de hilatura, tejido y teñido mismo.

Por otro lado, tejido en promedio, demanda 42, 856,840 litros/año durante el proceso se pierde el 25% de agua (2, 898,610 litros/año), se recupera el 75% (8, 695,830). Hilatura utiliza en promedio 16, 473,600 litros/año de agua de los cuales no se recupera ninguna cantidad del mismo pues se pierde en el proceso de producción.

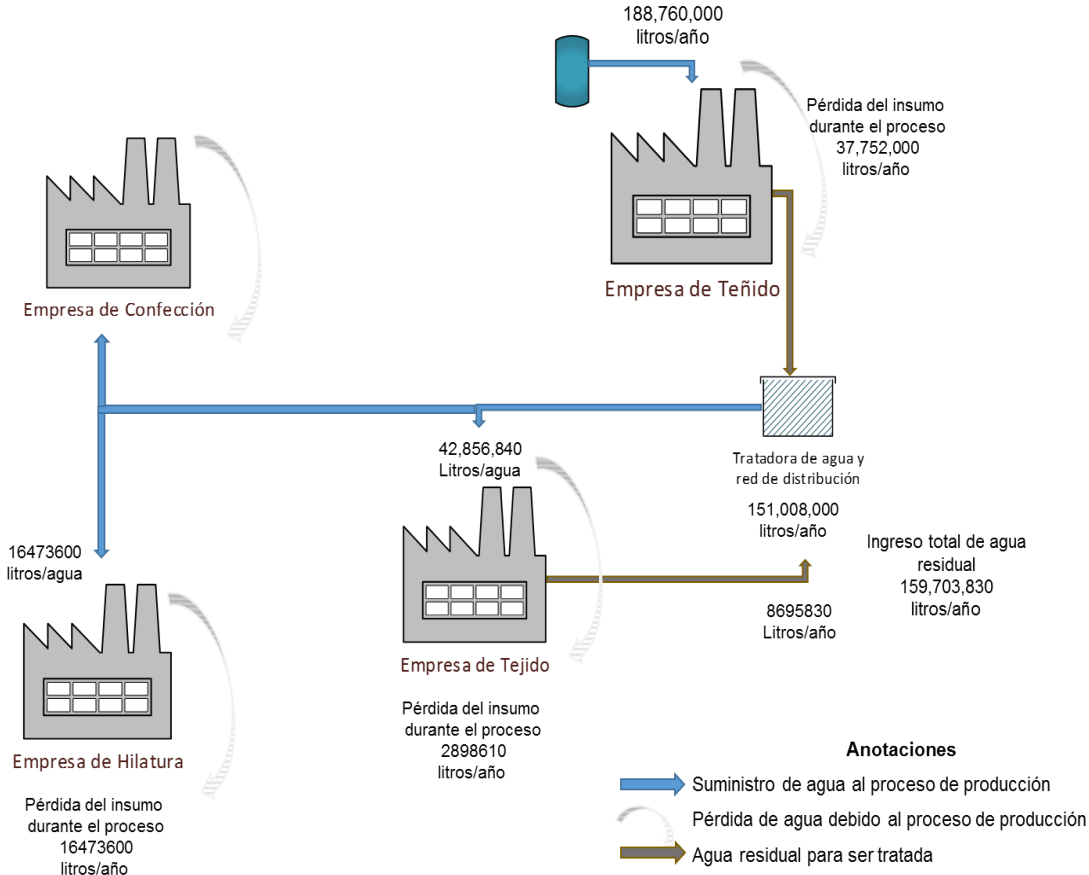


Figura 3.31 Red simbiótica de agua potencial. El 65% de agua total que ingrese al proceso productivo de las empresas de hilatura, tejido y teñido sería agua tratada. Elaboración propia.

La cantidad total de agua que emplea hilatura, teñido y tejido a nivel producción es 248, 090,440 litros/año en promedio (de acuerdo a datos proporcionados en el parque industrial). Suponiendo que ingresan 159, 703,830 litros/año de éste recurso a la planta tratadora (proyecto que se encuentra actualmente en gestión en el PI) y se obtiene la misma cantidad del líquido, se puede redistribuir a las tres plantas, abasteciendo del insumo hasta un 64%.

El impacto económico proyectado a un año al aplicar la simbiosis industrial es el que se lee en la tabla 3.13, el cálculo se realizó considerando que el costo del metro cúbico de agua es de \$16.00 en Tepeji del Río de Ocampo (éste cálculo no incluye costos de tratado ni de redistribución del agua por falta de información).

| | <i>Cantidad de agua que en promedio es utilizada</i> | | <i>Costo \$</i> | |
|-----------------|--|------------------|-----------------------|----------------------|
| | litros/año | m3/año | m3/año | |
| Teñido | 188760000 | 188760 | 3020160.00 | |
| Hilatura | 16473600 | 16473.6 | 263577.60 | |
| Tejido | 42856840 | 42856.84 | 685709.44 | |
| Total | 248090440 | 248090.44 | \$3,969,447.04 | Sin simbiosis |
| | | | \$2,540,446.11 | Ahorro |
| | | | \$1,429,000.93 | Con simbiosis |

Tabla 3.13 Impacto económico potencial al aplicar simbiosis industrial en el PI. Elaboración propia.

3.6.2.3.2 Sinergia en la recolección y el tratamiento de residuos

Como ya se mencionó, la empresa de hilatura trata algunos residuos como el algodón de hueso, mecha, cartón, plástico, hilo que provienen de las empresas de hilatura en sí mismo, así como también tejido y teñido. Sin embargo, residuos de la empresa de confección no son enviados a dichas instalaciones, por tanto, aquí se identifica una red de trabajo para la recolección y el tratamiento de residuos sólidos para evitar que sean enviados al relleno sanitario de la comunidad. Lo anterior, considerando que las distancias son relativamente cortas entre

empresas, así como también la recolección de residuos puede programarse según sea conveniente y evitar elevar costos.

3.6.2.3.3 Sinergia del servicio lubricación de maquinaria

Hilatura y tejido requieren que la maquinaria tenga ciertas condiciones para funcionar correctamente, una de esas condiciones es que deben presentar una lubricación específica, lo cual se logra suministrando aceites especiales. Se propone como sinergia de trabajo compartir personal, insumos y herramientas con la finalidad de reducir costos por mantener, costos de adquisición, entre otros. Se considera como una oportunidad de subcontrato del servicio.

3.6.2.3.4 Sinergia del servicio de humidiclíma

El proceso de producción de las empresas de hilatura y tejido requiere determinadas condiciones ambientales; para ello, se cuenta con un sistema que controla la humedad. Una oportunidad que se identifica aquí, es la flexibilidad que existe para llevar a cabo el compartimiento de recursos, tanto de mano de obra, equipo y herramientas. De acuerdo con lo observado, no es una tarea que requiera ser constantemente ejecutada, lo cual indica que mediante un programa de control se puede realizar dicha operación y mantener ambas empresas con la humedad requerida.

3.6.2.3.5 Simbiosis de equipo técnico de mantenimiento

También, el contar con una flotilla única de mantenimiento para hilatura y tejido, puede simplificar los planes de mantenimiento, pues compartir mano de obra,

equipo y herramientas, insumos de mantenimiento resulta mayormente beneficioso para tales empresas en cuestiones económicas.

3.6.2.3.6 Simbiosis de mecánicos

Contar con una cuadrilla de mecánicos que comparta sus servicios para las cuatro empresas es una sinergia potencial observada, mediante una planeación de mantenimientos preventivos se puede tener un ahorro significativo para las empresas, pues reducirían costos de mano de obra, de equipo y herramientas, etc.

3.6.2.3.7 Sinergia de electricistas

Las cuatro empresas del PI demandan el personal eléctrico y dado que es un recurso staff, se puede tener un equipo de trabajo que provea de sus servicios en un momento dado a las todas las empresas (asumiendo que no hay fallas eléctricas constantes, según la información consultada). Con ello, la compartición del servicio, equipo y personal eléctrico se propone como una sinergia de trabajo.

3.6.2.3.8 Sinergia de cuadrilla de barrenderos

El servicio de barrenderos puede ser una oportunidad para crear una sinergia de trabajo en las empresas de hilatura, tejido y confección, los recursos compartidos reducirían costos por mantener, por adquisición, etc.

3.6.2.3.9 Sinergia de cuadrilla de ayudantes generales

Compartir una cuadrilla de ayudantes generales resulta conveniente en las empresas de tejido, teñido y confección, pues sería un equipo de trabajo flotante que podría ayudar a reducir costos a las empresas.

Capítulo 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la investigación literaria científica, el análisis cualitativo y cuantitativo realizado en el parque industrial, se concluye de manera general lo siguiente:

- Un parque eco industrial pretende la utilización compartida de infraestructuras, servicios, información y la creación de redes de intercambio (simbiosis industrial).
- La creación de parques eco-industriales es uno de los objetivos que el área de la ecología industrial pretende, esta última promueve un enfoque sistémico al considerar aspectos económicos, ambientales, sociales y tecnológicos.
- Una de las etapas para el diseño de un parque eco-industrial consiste en crear redes simbióticas en los procesos productivos de las empresas.
- La simbiosis industrial se apoya de ciertas herramientas, entre ellas el seguimiento de flujo de materiales

De manera particular, se concluye lo siguiente:

- A través del mapeo de procesos de las empresas del parque industrial se realizó el seguimiento de flujo de materiales, residuos y de personal operativo.
- El desarrollo de diagramas de flujo de materiales, residuos y de personal operativo permitió analizar e identificar, en primera instancia, aquellas oportunidades de redes simbióticas.
- La validación de las sinergias identificadas a través de la matriz evaluativa, permitió obtener los siguientes resultados:
 - ✓ Se identificaron dos simbiosis existentes en el PI y las cuales son: sinergia en el aprovisionamiento de materia prima y sinergia en el tratamiento de residuos (aunque para éste caso se identificó la

oportunidad de extender la red simbiótica para tratar residuos de la empresa de confección).

- ✓ Las simbiosis potenciales son las siguientes: sinergia de agua, simbiosis para la recolección y el tratamiento de residuos, sinergia del servicio lubricación de maquinaria, sinergia del servicio de humidiclíma, simbiosis de equipo técnico de mantenimiento, simbiosis de mecánicos, sinergia de servicio eléctrico, sinergia de cuadrilla de barrenderos y sinergia de cuadrilla de ayudantes generales.

Lo expuesto anteriormente, permitió satisfacer exitosamente el objetivo general de la presente investigación.

Por otra parte, se recomienda que para seguir con el proceso de la implementación del modelo de parque eco-industrial se considere los siguientes puntos:

- Ampliar el estudio a otros departamentos de las empresas.
- Realizar un estudio de viabilidad económica con la finalidad de reducir la incertidumbre en el momento de avalar una sinergia industrial.
- Motivar a los participantes del proyecto mostrándoles los beneficios que conlleva la adopción de la simbiosis industrial.
- Evaluar a lo largo de los procesos el ciclo de vida de los subproductos, para asegurar el logro de los beneficios económicos, ambientales y sociales.
- Colaborar directamente con la comunidad, con el gobierno y otras empresas para extender la red simbiótica (siempre y cuando cumpla con los objetivos económicos, ambientales y sociales).
- En la etapa de implementación de un parque eco-industrial, asegurarse que la cartografía posibilita la planificación y el control de las condiciones medioambientales en el parque así como en su entorno.

Referencias bibliográficas

Ayres R. U., Ayres L. W. (2001). *A Handbook of industrial Ecology*. Northampton: Edward Elgar Pub.

Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH). (2009). *Guía de producción más limpia para la industria textil*. Edición AGA & Asociados.

Cervantes G. (2007). *Ecología industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales*. *Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*.

Cervantes G. (2011). *Ecología industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales*. *Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*.

Cervantes G., Sosa G., Rodríguez H., Robles M. (2009). *Ecología industrial y desarrollo sustentable*. Artículo de Divulgación. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán*.

Chertow M. (2000). *Industrial symbiosis: literature and taxonomy*. *Annual review of energy and environment*. Vol. 5.

Chertow M. (2004). *Industrial symbiosis*. *Encyclopedia of energy*. Vol. 3.

Chertow M. (2007). "Uncovering" industrial symbiosis, Special Feature On industrial symbiosis, School of Forestry & Environmental Studies Yale University – *Journal of industrial Ecology*. Vol. 11.

Chertow M. (2011). *Industrial symbiosis*. Yale University. New Haven, Connecticut, United States.

Côté R. P. (1999). *Exploring the analogy further*. *Journal of industrial ecology*. Vol. 3.

Coté R. P., Cohen R. E. (1998). *Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences*. Recuperado de *Journal of cleaner production*.

Damelio R. (2011). *The Basics of Process MaPIng*, 2nd edition.

Ehrenfeld J. (1997). *Industrial Ecology in Practice the Evolution of Interdependence at Kalundborg*, Technology Business and Environment Program. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts, USA.

Erkman S. (2001). *Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system*. Institute for Communication and Analysis of Science and Technology.

Fleig A. (2000). *Eco-industrial parks a strategy towards industrial ecology in developing and newly industrialized*. Eschborn.

Fuentes Z. A. (2012). *Apuntes de la materia mejora de procesos*. Posgrado de ingeniería. UNAM.

Gibas D., Deutz P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of cleaner production*.

Lockuán L. F. (2012). La industria textil y su control de calidad. Tejeduría. Con licencia Creative Commons Attribution-NoComercial-compartirigual 3.0

Lockuán L. F. (2012). La industria textil y su control de calidad. Hilandería. Con licencia Creative Commons Attribution-NoComercial-compartirigual 3.0

Lockuán L. F. (2012). La industria textil y su control de calidad. Tintorería. Con licencia Creative Commons Attribution-NoComercial-compartirigual 3.0

Lockuán L. F. (2013). La industria textil y su control de calidad. Fibras textiles. Con licencia Creative Commons Attribution-NoComercial-compartirigual 3.0

Lowe E., Moran S. R., Holmes D. B. (1995). A field book for the development of eco-industrial parks. Report for the U.S. Environmental Protection Agency. Oakland (CA): Indigo Development International.

Lowe E., Moran S. R., Holmes D. B. (1996), "Fieldbook for the development of eco-industrial parks", Indigo Development.

Lule D., Cervantes G. (2010). Concyteg, Diagramas de flujo de sistemas industriales, una herramienta para la ecología industrial. El caso del corredor industrial de Altamira, Innovación y ecología industrial.

Manahan S. E. (2007). Introducción a la química ambiental. Editorial Reverté UNAM.

Masiá E., Golf E., Montoya R., Sempere V. (2008): Análisis y Determinación de criterios para el Diseño e Implementación de un Parque Eco-Industrial en L'Orxa.

Miranda R. L. (2006). Seis Sigma / Six Sigma: Guía Para Principiantes / Guide for Beginners.

National academy press. (1997). The industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management.

Oh D. S., Kim K. B. (2005). "Eco-industrial park design: a Daedeok Techno Valley case study", Habitat International.

Peddle M. T. (1993). Planned industrial and commercial developments in the United States: a review of the history, literature, and empirical evidence regarding industrial parks and research parks', *Economic Development Quarterly*.

Rosember A. (2007). Artículo. Centro Tecnológico para la Sustentabilidad – CTS-UTN, Argentina. ESTRUCPLAN CONSULTORA S.A.

Ruiz M. C., Fernández I. (2009). Aplicación de la ecología industrial en la planificación y diseño de áreas industriales. XIII congreso internacional de ingeniería de proyectos.

Sangwon S. (2009). Handbook of Input-Output Economics in industrial ecology. University of Minnesota. Vol.23.

Normatividad consultada:

Norma mexicana de parques industriales nmx-r-046-scfi-2002

Norma mexicana de parques industriales nmx-r-046-scfi-2005

NOM-161-SEMARNAT-2011

NOM-052-SEMARNAT-2005

NOM-052-ECOL-1993

Programa de ordenamiento ecológico territorial-Tepeji. (2012).

Sitios web visitados:

Division of berkebile nelson immenschuh mcdowell architects. elements.bnim.com

Indigo Development. Eco-Industrial Parks (EIP). www.indigodev.com/Ecoparks.html

ISO 14000 - Environmental management. www2.epa.gov/laws-regulations

Kalundborg Symbiosis. Some of the largest industrial enterprises in Denmark are partners in Kalundborg Symbiosis (2013). www.symbiosis.dk/en/partnere

NISP 2000. ¿Qué es la simbiosis industrial?. www.nisp.org

www.globallearningnj.org

www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm

www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Pages/nomsxmateria.aspx

Anexos

A. Clasificación de los residuos procedentes de la industria textil

Se muestra en la figura 3.31 la clasificación que recibe cada residuo según las normas oficiales de México (NOM por sus siglas).

| Clasificación | Residuo | NOM |
|---|---|---|
| Residuos no peligrosos asociados al proceso productivo textil | <p>Son los residuos que corresponden principalmente con los productos</p> <p>Residuos de embalaje de papel y cartón.</p> <p>Residuos de embalaje de plástico.</p> <p>Hilo, hilo retenidos en filtros de equipos, mecha y fibra suelta, tela.</p> | NOM-161-SEMARNAT-2011 |
| Residuos peligrosos asociados al proceso productivo textil | <p>Residuos ácidos o alcalinos</p> <p>Residuos provenientes del blanqueado</p> <p>Aceite quemado</p> <p>Grasas y trapos impregnados de aceite.</p> <p>Trapos textiles contaminados con químicos.</p> <p>Residuos de disolventes.</p> <p>Residuos químicos, colorantes, envases con residuos químicos,</p> | <p>NOM-052-SEMARNAT-2005</p> <p>NOM-052-ECOL-1993</p> |

Figura 3.32 Adaptado en función a la Normatividad Oficial Mexicana de: Minimización de Residuos Textiles.

B. Cuestionario para la identificación de simbiosis en el PI

Objetivo: Analizar mediante una serie de preguntas los diagramas de flujo de materiales (agua), de residuos y de operación para detectar posibles simbiosis entre las empresas de giro textil.

Diagrama de flujo de materiales- Agua.

1. ¿En qué parte del proceso de producción existe la entrada de agua?
2. ¿Está documentado los requerimientos de agua por cada etapa del proceso?
3. ¿Qué cantidad de agua se necesita para tal proceso?
4. ¿Cuál es la fuente de suministro del agua?
5. ¿Qué función tiene el agua en el proceso productivo?
6. ¿Qué sustancias químicas son añadidas?
7. ¿Cuál es la transformación que sufre el agua (con o sin químicos) a través del proceso? P.e. se evapora, etc.
8. ¿El agua se emplea para una etapa siguiente? Si la respuesta es **NO**,
9. ¿Qué se hace con esa agua?
10. ¿Dónde se descarga?
11. ¿A qué temperatura se descarga?
12. ¿Qué cantidad de agua es descargada?
13. ¿Se conoce con que composición química se descarga el agua?
14. Si la respuesta es **SI**, ¿Cómo afecta el reuso del agua del proceso productivo anterior a la etapa siguiente?
15. Si el agua es recirculada para el mismo proceso, ¿Cuántas veces recirculan el agua?
16. ¿Tratan el agua mediante algún proceso?
17. ¿Qué hacen con el agua?
18. ¿El agua podría ser utilizado en alguna otra empresa?

Diagrama de flujo de residuos.

1. ¿Cuáles son los principales residuos sólidos a lo largo de la cadena del proceso productivo?
2. ¿Qué cantidad de merma (algodón, hilo, retazos de tela) hay por cada proceso?
3. ¿Qué cantidad de residuos se tiene al final de un turno?
4. ¿Qué características tienen los residuos (peligrosos o no)?
5. ¿Son reutilizados?
6. ¿Se podrían reutilizar para alguna otra etapa de la misma empresa o podría intercambiarse entre alguna otra empresa?
7. ¿Dónde son depositados éstos residuos?
8. ¿Se da algún tratamiento posterior al uso de algún residuo?
9. ¿El municipio pone alguna restricción en el manejo de residuos?

Diagrama de flujo de operación.

1. ¿Las empresas manejan recursos humanos para cada una de las operaciones de las empresas?
2. ¿El equipo de herramientas de trabajo es propio de cada empresa?
3. ¿Las herramientas de trabajo difieren en cada empresa?
4. ¿Existe alguna restricción en la comunicación directa entre empresas?