

**ESTUDIO DE CASO: IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
COMO ESTRATEGIA AMBIENTAL PARA LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS
PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA DE EMPAQUES PLÁSTICOS FLEXIBLES.**

**CASE STUDY: IMPLEMENTATION OF CLEANER PRODUCTION AS
ENVIRONMENTAL STRATEGY FOR HAZARDOUS WASTE MINIMIZATION
INDUSTRY FLEXIBLE PLASTIC PACKAGING.**

Sergio Andrés Piñeros Contreras
Ing. Ambiental y Sanitario

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE
RECURSOS NATURALES

2016

ESTUDIO DE CASO: IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA COMO ESTRATEGIA AMBIENTAL PARA LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA DE EMPAQUES PLÁSTICOS FLEXIBLES.

CASE STUDY: IMPLEMENTATION OF CLEANER PRODUCTION AS ENVIRONMENTAL STRATEGY FOR HAZARDOUS WASTE MINIMIZATION INDUSTRY FLEXIBLE PLASTIC PACKAGING.

Sergio Andrés, Piñeros Contreras

Ing. Ambiental y Sanitario, Director Operativo, Ecolosos S.A.S.
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, sergioandres0411@hotmail.com

RESUMEN

La implementación de la producción más limpia como estrategia ambiental para la minimización de residuos peligrosos en la industria de empaques plásticos flexibles define determinadas soluciones operativas además de tecnológicas aplicadas a los procesos, productos y servicios para lograr dentro de un sistema de gestión ambiental basado en el ciclo Planear- Hacer- Verificar- Actuar, enfocar 6 fases procedimentales con herramientas específicas basadas en matrices de análisis que permiten a la industria cumplir con las políticas de disminución de impactos ambientales por aspectos relacionados con la segregación de materiales o desechos de carácter peligroso, así mismo para reducir los costos asociados por la falta de planeación de los recursos y por supuesto generar procesos productivos de mayor eficiencia como eficacia que propendan por la conservación junto con el desarrollo sostenible. En general se logró la implementación de dos grandes aspectos que compensan y corrigen la actual problemática ambiental relacionada con los residuos peligrosos, basados con las buenas practicas operacionales así como las técnicas de minimización; para el primero corresponde soluciones como la coordinación entre departamentos, control de inventarios, almacenamiento y manipulación de materiales, prevención de fugas y derrames, mantenimiento preventivo, segregación de residuos, guías o manuales de operación además del tratamiento físico para residuos. Para el segundo aspecto modificación del proceso de producción, reducción del volumen y la recuperación.

Palabras Clave: producción más limpia, residuo peligroso, minimizar.

ABSTRACT

The implementation of cleaner production and environmental strategy for hazardous waste minimization in industry flexible plastic packaging defines certain operational solutions as well as technology applied to processes, products and services to achieve within an environmental management system based on the Plan-Do-Check-Act cycle, focus 6 procedural steps with specific tools based on analysis matrices that enable the industry comply with the policies of decreasing environmental impacts aspects segregation of waste materials or hazardous nature, and same to reduce the costs associated with the lack of planning of resources and of course generate more efficient production processes and efficiency which foster conservation with sustainable development. Overall the implementation of two major aspects that compensate and correct the current environmental problems related to hazardous waste, based with good operating practices and minimization techniques was achieved; the first corresponds to solutions such as coordination between departments, inventory control, storage and handling of materials, preventing leaks and spills, preventive maintenance, waste segregation, guidelines or operating manuals in addition to physical treatment to waste. For the second aspect of the production process modification, volume reduction and recovery.

Keywords: cleaner production, hazardous waste, minimize.

INTRODUCCIÓN

La Producción Más Limpia (PML) es una estrategia ambiental, que desde un enfoque aplicado sistemáticamente a las áreas, los productos y los servicios de las Industrias de empaques plásticos flexibles, mejora la cantidad segregada de residuos peligrosos (RESPEL) donde se tiene identificada una alta demanda en el consumo de materias primas.

La tendencia clave en los envases para alimentos, sugiere pasar de estructuras rígidas como botellas y cajas, a sustratos flexibles como bolsas y películas que si bien demuestran mejoras técnicas en cuanto a calidad o presentación, están llevando al aumento no planificado de residuos sólidos que en la mayoría de los casos se convierten en peligrosos por el uso de sustancias químicas.

A medida que las industrias evolucionan, su entorno productivo también, cambiando sus estructuras como sus esquemas de producción y de consumo. El desarrollo tecnológico junto los patrones presentes en la oferta como la demanda provocan un aumento en los volúmenes de residuos generados. Las carencias de infraestructura han potenciado la disposición incontrolada de estos como la operación de plantas de reciclaje, tratamiento y disposición en condiciones ambientalmente no aptas. Esta situación puede ocasionar impactos ambientales en la salud con costos asociados extremadamente altos.

Anteriormente, se consideraba un residuo sólido como un único y exclusivo desecho no diferenciado del resto; pero ahora se concibe otro tipo con características definidas: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o de riesgo biológico (CRETIB) que individuales o en conjunto confieren propiedades distintas y por ende tratamientos especializados con costos bastante altos.

Actualmente, existe una alta demanda de residuos peligrosos que requieren un manejo especial integral desde que se generan hasta cuando son llevados a rellenos de seguridad que es el lugar de disposición final y definitivo, bajo estrictos controles ambientales según las características fisicoquímicas.

Igualmente, las industrias de empaques plásticos flexibles maximizan su producción tecnificando sus procesos, sin embargo no contemplan la posibilidad de invertir en procesos productivos mucho más limpios o amigables con el medio ambiente que involucren, no solo reducir impactos, sino el uso controlado, eficiente y eficaz de materias primas, recursos o materiales que son fácilmente desechados.

Bajo esta premisa existe una administración equivocada de los recursos desde una perspectiva industrial, además no se están planificando procesos productivos realmente acordes a las políticas ambientales relacionadas con la prevención, la minimización y el aprovechamiento de los residuos, que en una amplia expresión terminan convirtiéndose en peligrosos.

Este artículo responde a la necesidad de gestión, planificación y por supuesto racionalización de las materias primas enfocadas a su uso o aprovechamiento desde una perspectiva ambiental. Cuando no se ha logrado optimizar los procesos productivos y no existe un control diferencial para cada unidad, se generarán inevitablemente residuos que por sus características fisicoquímicas se convierten en peligrosos surgiendo entonces un mayor problema, no solo por costos en su tratamiento, sino por el manejo especial que requieren durante su manipulación sumado al transporte; totalmente distintos a los residuos convencionales.

La estrategia ambiental de PML es el medio idóneo para el mejoramiento ambiental y beneficios económicos, la identificación de oportunidades junto con la implementación de alternativas. El uso eficiente de los recursos además de la optimización de los servicios genera, como resultado, menores impactos ambientales y costos operativos más bajos. Culturalmente se está propagando la idea del reciclaje como la racionalización de los diferentes recursos, todo con el ánimo de preservar y cuidar el medio ambiente; de ahí surge la necesidad de incorporar un único concepto capaz de responder con todas las expectativas que se tengan. La PML agrupa e individualiza este enfoque ambiental llevándolo a otro nivel, proponiendo soluciones alternativas o novedosas que involucren un mayor desenvolvimiento, y sobre todo compromiso por parte de todos, no solo en la industria sino en la sociedad.

El presente artículo tiene un enfoque estructurado y funcional; como la planeación ambiental sugiere que cada elemento organizacional cumpla sus objetivos para que al mismo tiempo se apoye de otros para complementarse; así mismo, es imperativo que para la Industria de empaques plásticos flexibles exista un proceso sistemático, en el cual la implementación requiera de una serie de etapas organizacionales al interior, que deban desarrollarse de forma ordenada y con secuencia lógica, con acciones específicas dirigidas al cumplimiento de las metas propuestas.

De esta manera se implementa la PML como una estrategia ambiental para la minimización de RESPEL en la Industria de empaques plásticos flexibles, por lo cual se establece en un primer momento las fases para un proceso planificado ambiental de PML, después se aplica la PML a los procesos, productos y servicios de la Industria de empaques plásticos flexibles y por último se minimiza la segregación de mediante la gestión ambiental y el manejo integral de los recursos naturales.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) la PML se define como:

La aplicación continúa de una estrategia ambiental preventiva de forma integrada para los procesos, productos y servicios con el fin de incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el medio ambiente y los seres humanos. La producción más limpia puede ser aplicada en cualquier proceso de cualquier actividad industrial o de servicios, a los productos por sí mismos y a diferentes actividades requeridas por la sociedad[2].

La PML para procesos a partir de Q. Oscar Y S. Adrian en el año 2007 “traduce en resultados que combinan la conservación de materias primas, agua y energía, eliminación de materiales tóxicos o peligrosos junto la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones como residuos desde la fuente durante los procesos de producción”[3].

En la industria de empaques plásticos flexibles los principales procesos divididos en etapas de conversión, corresponden a aquellos que determinan las características finales del producto y que desde la recepción de las materias primas direccionan posibles pérdidas de materiales, energía, recursos; además de la generación de impactos ambientales por emisiones, vertimientos o finalmente generación de RESPEL.

Según T. Emilio en el año 2004 “la fabricación de envases flexibles consta de varias etapas de conversión que corresponden a la extrusión, coextrusión, laminación, metalización e impresión”[4]. Con la extrusión se produce la lámina, gracias a que la resina termoplástica es sometida a alta temperatura y presión, forzándola a salir por una abertura especialmente dispuesta. Gracias a la coextrusión se hace una sola película o lámina definida por el agregado simultaneo de varias capas de resinas plásticas extruidas.

El proceso de laminación o laminado en el cual se adiciona un sustrato a una matriz polimérica, que por la acción de un adhesivo se unen, con el objeto de mejorar aún más sus propiedades de barrera a aromas. La metalización que consta de recubrir los sustratos plásticos con una película delgada de metal que en la mayoría de los casos es el aluminio. La Figura 1 describe todo el proceso de producción asociado a la industria de empaques plásticos flexibles para el actual estudio de caso.

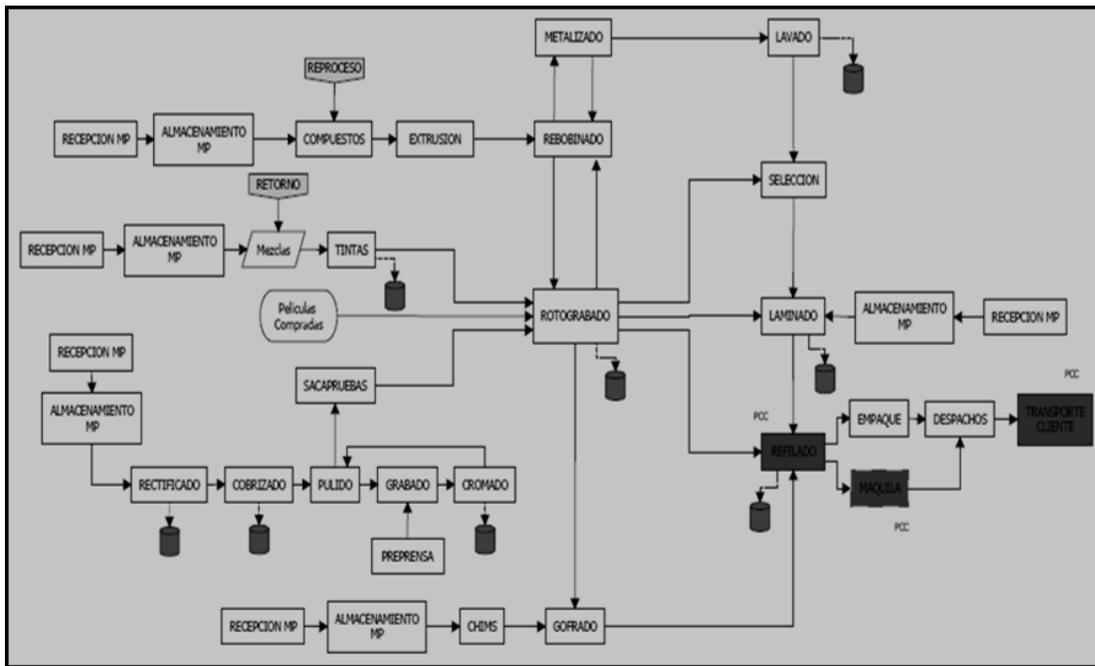


Figura 1. Proceso de elaboración Empaques Plásticos Flexibles
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según Q. Oscar Y S. Adrian para el caso de los productos y servicios implica:

Para el primero la reducción de los impactos ambientales, de seguridad y salud de ellos teniendo en cuenta el ciclo de vida desde las materias primas, su extracción, manufactura, uso así como disposición final del producto. En el segundo la PML implica la incorporación ambiental a los procesos de diseño y entrega de servicios [3].

Además de los procesos, los productos son los encargados de definir dentro de un marco de gestión integral ambiental la idoneidad previa en la selección de herramientas capaces de mitigar posibles impactos ambientales por la generación de RESPEL. De ahí que las cantidades, carácter de peligrosidad y presentación física de un residuo permite evaluar el estado actual del proceso de producción interno.

Gracias a la labor desempeñada con Ecolcos S.A.S empresa encargada del manejo integral de RESPEL, a quien actualmente (2016) el autor del artículo presta sus servicios como director operativo fue posible reconocer los principales residuos con carácter de peligrosidad consignados en la Tabla 1, los cuales son el punto de partida para implementar la PML en una Industria de Empaques Plásticos Flexibles.

Tabla 1. Residuos Peligrosos generados en una Industria de Empaques Plásticos Flexibles

INDUSTRIA DE EMPAQUES PLÁSTICOS FLEXIBLES					
RESPEL					
		LODOS DE Cu Y Cr	RESIDUOS DE ADHESIVOS	SOBRANTES DE TINTAS Y RESIDUOS DE SOLVENTES	MATERIALES CONTAMINADOS CON SOLVENTES, TINTAS O ACEITES
Estado		Semisólido	Semisólido	Líquido	Sólido
CRETIB		Tóxico	Tóxico	Inflamable	Tóxico
Frecuencia de Generación		Semanal	Semanal	Semanal	Semanal
Cantidad Generada en esta frecuencia		2000 kg	100 kg	3000 kg	1500 kg
Tiempo de almacenamiento		Quincenal	Quincenal	Quincenal	Quincenal
Embalaje		Canecas Metálicas de 55 gal.	Cuñetes metálicos de 5 gal.	Canecas Metálicas de 55 gal.	Big bags o pacas compactadas
Proceso que genero este residuo		Tratamiento de las Aguas Residuales	Producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.	Producción, preparación y utilización de Tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.	Labores diarias de impresión, limpieza de máquinas o equipos y trabajo diario de las áreas de producción y mantenimiento.
Lista de Residuos o desechos peligrosos(Decreto4741/2005) 2015)	Procesos o Actividades	Y21: Compuestos de cromo hexavalente Y22: Compuestos de Cobre	Y13: Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos	Y12: Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.	Y18: Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales
	Corriente de Residuos				

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Existen otros RESPEL también importantes durante el proceso productivo, sin embargo a ellos se les está dando un manejo directo con los proveedores; conocido como el postconsumo el cual vale la pena considerar como una parte conceptual de la PML, sin embargo no aplica para todos los casos ya que muchos residuos son muy complejos en cuanto a su composición física y química.

Los RESPEL que son entregados al proveedor incluyen los aceites minerales usados, las baterías de los equipos, los tóner de impresora, las lámparas fluorescentes y algunos Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos(RAEES).

1.2. APLICACIÓN DE LA PML A LOS PROCESOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS

Para lograr el éxito en la implementación de estrategias de PML se hace un diagnóstico ambiental para reconocer la situación de la Industria, se identifican puntos con oportunidades de mejoramiento en los procedimientos bajo los cuales se realizan los diferentes servicios.

Las herramientas para la consecución de la PML, se basan en aquellas que permiten visualizar dificultades, situaciones, procedimientos, prácticas y minimización de consumos; como por ejemplo el Ecomapa en el cual es posible identificar aquellas áreas o puntos críticos en la industria de empaques plásticos flexibles que generan un alto riesgo de contaminación y por supuesto presentan un alto porcentaje en la generación de RESPEL.

Algunos conceptos y definiciones rescatan el uso actual de los Ecomapas dentro de las industrias, varios autores como C.I Pardo en el año 2012 lo definen de la siguiente forma “los eco-mapas determinan situaciones ambientales empresariales a través de datos, permite definir y priorizar problemáticas, sirve de soporte y entrenamiento, es útil para la comunicación con las partes interesadas y no se requiere contar con procedimientos o instructivos previos”[5]. Con ello se logra adicionar un elemento más en la consecución de objetivos ambientales dentro de la implementación.

La Matriz DOFA un consolidado que identifica las debilidades, oportunidades, fortalezas u amenazas representadas por áreas o servicios, por los componentes además de aspectos ambientales previamente encontrados. Esta matriz surge de un método conocido por su mismo nombre y según J. Amaya Correa en el año 2010 “su verdadera finalidad es la planeación estratégica que lleve la empresa a integrar procesos que anticipen o minimicen las amenazas del medio, fortalecimiento de las debilidades de la empresa, potenciamiento de fortalezas internas y el real aprovechamiento de oportunidades”[6].

Seguido de la Matriz MED que incluye Materiales, Energía junto los Desechos; permitiendo analizar todo el flujo de materias primas, energía, recursos y producción de desechos en un área específica. En palabras de E. Barrios Y D. Loreto año 2003 la matriz MED “permite analizar el perfil ambiental, mediante un cruce de las etapas del ciclo de vida de la unidad de análisis considerada respecto a los efectos ambientales que se prevean para cada una de esas etapas”[7], el ciclo de vida permite conocer el punto exacto en el cual se encuentra nuestro

producto o servicio y diseña la estrategia más eficaz para alargar su vida en un mercado cada vez más cambiante y rápido.

1.3. FASES PARA UN PROCESO PLANIFICADO DE PML

Para establecer las fases generales de un proceso planificado de PML es necesario considerar que en un marco ambiental esta herramienta se enfoca dentro de un sistema de gestión (SGA) que integra en todos los niveles de la empresa procedimientos concretos, organizados y complementarios. El sistema de Gestión Ambiental está asociado en general con “ cualquier actividad personal o profesional por sencilla que sea se enmarca dentro del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) proceso cíclico que está asociado a la planificación, implementación, control y mejora continua de cualquier actividad o proceso”(Quintero et al; 2007) [8].

En general se tiene entonces un marco estructurado en el cual es necesario primero PLANEAR, identificando las áreas y servicios de la Industria de empaques plásticos flexibles. En segundo lugar el HACER que involucra un diagnóstico ambiental de áreas y servicios, generación de oportunidades de PML para minimizar los RESPEL, junto con la selección e implementación de soluciones que cumplan el mismo fin.

En consecuencia se incluyen las dos últimas fases de la implementación, y son el VERIFICAR traducido en la obtención de resultados, beneficios ambientales e industriales junto con la evaluación de resultados. El ACTUAR que involucra identificación de acciones de mejoramiento y continuidad del proceso de PML.

Todo el ciclo PHVA está enfocado en direccionar 6 fases más que se establecieron para el desarrollo concreto de toda la investigación y contiene el siguiente orden por contenido temático según la Figura 2.

Figura 2. Implementación de la PML

FASE I INICIO	FASE II ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO	FASE III GENERACIÓN DE OPORTUNIDADES DE PML	FASE IV SELECCIONAR SOLUCIONES DE PML	FASE V IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE PML	FASE VI MANTENIMIENTO DE PROCESOS DE PML
<ul style="list-style-type: none"> IDENTIFICAR LAS OPERACIONES GENERADORAS DE RESPEL. 	<ul style="list-style-type: none"> PREPARAR EL DIAGRAMA DE FUJO DEL PROCESO. HACER UN BALANCE DE MASA Y ENERGÍA. REVISAR EL PROCESO E IDENTIFICAR LAS CAUSAS DE LOS HECHOS. 	<ul style="list-style-type: none"> GENERAR OPCIONES DE MINIMIZACIÓN DE RESPEL. SELECCIONAR OPCIONES VIABLES. 	<ul style="list-style-type: none"> EVALUAR VIABILIDAD TÉCNICA. EVALUAR LOS ASPECTOS AMBIENTALES. SELECCIONAR SOLUCIONES PARA IMPLEMENTACIÓN. 	<ul style="list-style-type: none"> PREPARAR LA IMPLEMENTACIÓN. IMPLEMENTAR SOLUCIONES DE MINIMIZACIÓN DE RESPEL. MONITOREAR Y EVALUAR RESULTADOS. 	<ul style="list-style-type: none"> MANTENER SOLUCIONES DE MINIMIZACIÓN. IDENTIFICAR NUEVOS PROCESOS PARA LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS.

Fuente: Centro Nacional de Producción Más Limpio, 2008 [1].

El Sistema de Gestión Ambiental prioriza las fases de la implementación de la PML para que la Industria de Empaques Plásticos flexibles enfoque correctamente la administración y dirección de los recursos. La Fase I y II hacen parte del Planear; la Fase III, IV y V del Hacer; la Fase VI de Verificar. El Actuar es una

actividad que sugiere definir nuevas herramientas que se adecuen a los cambios futuros después de haberse implementado.

1.4. RESIDUO PELIGROSO (RESPEL)

Son aquellos que demostrada su composición física y química son capaces de generar un daño inminente para la salud y por supuesto el medio ambiente; se pueden presentar de varias formas y muchas veces las mezclas entre algunas sustancias pueden ocasionar riesgos mayores. Así mismo pueden ser completamente inertizados por procesos normales durante su producción, sin embargo no son condiciones suficientes para que dejen de ser peligrosos, de ahí lo que debe imperar es una caracterización general del residuo por pruebas in situ o en laboratorio.

Contando además con procedimientos clave durante su identificación como las fichas de seguridad que reportan información única y propia del residuo peligroso, balances de materiales que definen entradas y salidas para la producción de cierto tipo de producto o servicio. Procedimientos que vinculan el origen del residuo, tipo de embalaje, que tan compatible es en relación a otros, condiciones de almacenamiento, el tratamiento adecuado antes de disponerse y cualquier otra variable que promueva el manejo integral de los mismos en Colombia.

En forma genérica y según el Ministerio de Ambiente en el año 2007 se entiende por RESPEL a “los residuos que debido a su peligrosidad intrínseca basada en características de tóxico, corrosivo, reactivo, inflamable, explosivo, infeccioso, ecotóxico; pueden causar daños a la salud o al ambiente”[9]. La peligrosidad está enfocada a la salud o el ambiente y en la no posibilidad de uso por parte del generador que lo produjo.

En el contexto colombiano, de acuerdo con el Decreto 4741 de 2005, un “residuo o desecho peligroso”:

Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos[10].

En definitiva son residuos que por sí solos deben formar parte dentro del ciclo de producción, sin embargo no deben representar una constante y sus condiciones en cuanto a cantidades deben mantenerse siempre reguladas. La caracterización sugerida para identificar el tipo de RESPEL ya se hizo previamente con la Industria de Empaques Plásticos Flexibles, Ecolcos S.A.S junto con Tecniamsa S.A E.S.P; la manipulación, transporte, tratamiento y disposición final son parte de la gestión integral que se viene llevando a cabo hace más de 5 años.

La propuesta de minimización está ligada con la implementación de la PML, por eso es clave la información de trazabilidad de todos y cada uno de los RESPEL generados, brindan información de primera mano sobre los actores involucrados en la transformación de materias primas, energía o agua. Cada material peligroso presenta una situación distinta y además las soluciones de PML una oportunidad de reducir impactos o costos asociados que se tenían sobreestimados, algunas veces no contemplados.

2. RESULTADOS Y ANALISIS

2.1. FASE I, INICIO

Las operaciones generadoras de RESPEL son todas aquellas que involucran en su proceso un remanente secundario de la actividad o del servicio mismo prestado, es decir salidas de materias primas unitarias o combinadas que además incluyen agua.

Las operaciones identificadas fueron el rectificando, cobrizado, cromado, mezcla de tintas, rotograbado, lavado, laminado y refilado. Gracias a estas se obtuvieron 4 desechos o materiales peligrosos distintos en cantidades y presentaciones determinadas que en la Figura 3 se visualizan con su respectivo embalaje.

Figura 3. RESPEL



Fuente: Elaboración propia, 2016.

2.1.1. Diagnóstico Ambiental

En la Tabla 2 se identifica el nivel de riesgos ocasionados por los RESPEL generados en cada dependencia de la Industria de Empaques Plásticos Flexibles. El área de mayor influencia es la producción, además únicamente de esta parte se identificaron lodos de Cu y Cr, residuos de adhesivos, remanente de tintas y solventes, materiales contaminados con solventes, tintas o aceites.

Tabla 2. Diagnóstico Ambiental

Áreas/divisiones	Aspecto principal	Observaciones	Nivel Crítico
Producción	<ul style="list-style-type: none">• Mayor generación de lavado, limpieza y mantenimiento de máquinas.• Existencia de producto de rechazo y terminado.	Residuos sin identificar, requiere de caracterización.	Alto

Fuente: Autor, 2016.

El diagnóstico ambiental es la primera fase de todo este proceso y permite abordar como este tipo de industria está generando una cantidad considerable de sustancias y mezclas tóxicas donde jerárquicamente los mayores valores de generación son los sobrantes de tintas y residuos de solventes aportando 3 toneladas semanales teniendo en cuenta que en la mayoría de etapas del proceso de producción se llevan a cabo actividades flexográficas que permiten la impresión junto el impregnado de las películas plásticas que están pasando constantemente por procesos de extrusión y coextrusión.

Los lodos con Cu y Cr ocupan el segundo lugar con 2 toneladas semanales producto del tratamiento in situ a los lodos generados durante el proceso de tratamiento de aguas, esto por el constante uso de placas metálicas con grabados específicos para cada producto etiquetado.

Los materiales contaminados con solventes, tintas o aceites son generados semanalmente con 1 tonelada y 500 kg, son sólidos que están impregnados por este tipo de sustancias tóxicas y surgen prácticamente durante todo el proceso de producción además del mantenimiento periódico que se hace en las maquinas, adicional a esto existen lotes completos de productos dados de baja por controles de calidad que están aportando para el cálculo de este ítem.

Por último los residuos de adhesivo que aunque no cuentan con una cantidad semejante a los anteriores es un modo de evaluar que esas trazas pequeñas que quedan pueden ser perfectamente aprovechadas en el proceso de transformación del plástico.

La mayoría de residuos generados en planta no se identifican y por tanto su caracterización es muy vaga, es muy probable que el criterio de evaluación sea crítico porque del éxito en estos procedimientos es posible evitar que se contaminen otros materiales que no son peligrosos, además el manejo interno facilitaría procedimientos externos con proveedores, autoridades y clientes.

2.1.2. Matriz DOFA

En la tabla 3 se resume el comportamiento de la Industria de Empaques Plásticos Flexibles encontrando en la matriz DOFA básicamente el estado actual en cuanto al sistema operativo y administrativo, además de brindar una herramienta básica en la toma de decisiones, teniendo en cuenta la realidad actual.

La matriz DOFA muestra con claridad cuáles son las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, elementos que al tenerlos claros, están ofreciendo una visión global e integral de la verdadera situación.

Tabla 3. Matriz DOFA

DEBILIDADES	FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Gran generación de material de rechazo, por control de calidad. • Falta de implementación tecnológica para un mayor aprovechamiento de las materias primas. • Maquinas consumen más tiempo y energía que lo necesario. • La programación generalmente está sujeta a la dinámica de la demanda a corto plazo lo que ocasiona bajos factores de uso y de cargo que finalmente se reflejan en una eficiencia energética disminuida. Además este esquema de programación entorpece las actividades de mantenimiento. • Alta generación de residuos provenientes del mezclado de tintas y lodos del proceso de cobrizado y cromado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para acoplar, modelar y ajustar los diferentes productos a las exigencias del cliente. • La Industria ya posee un personal de ventas con experiencia y amplio conocimiento de las necesidades de productos que tienen los clientes, lo que disminuye notablemente la capacitación del personal con respecto a este punto. • La Industria cuenta con: SGA Responsabilidad integral ISO 9001 y 14001
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento constante del sector. • Los constantes cambios en la tecnología de producción, permiten elevar los estándares de calidad y eficiencia. • Empresa proactiva dentro del sector. • Cumplimiento de la política ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • La destrucción de materias primas no conformes y productos caducos, supone pérdidas económicas y gastos excesivos.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gracias al conocimiento de las debilidades se está orientando la problemática en fallas relativas a la eficiencia productiva de las maquinas junto a su consumo no planificado que asociado al equívoco seguimiento por parte del personal de planta aumenta los costos por tratamiento y disposición final de los RESPEL.

Este tipo de industria está constantemente evolucionando y requiere que todo su sistema se adapte a las necesidades del mercado así como los requerimientos en las políticas ambientales que exigen mayores controles a los recursos que posiblemente resulten impactados. Para este caso las oportunidades identificadas

no son más que un aliado estratégico para obtener mejores resultados al momento de implementarse en su totalidad la PML.

Con las fortalezas el control de calidad para los procesos, productos y servicios exigen mayores estándares técnicos amparados por responsabilidades directas con los sistemas de gestión ambiental, la industria está haciendo seguimiento y mejorando su rendimiento para lograr la eficiencia, mejorar el servicio al cliente y excelencia en el producto.

Las amenazas se traducen en el resultado global del desempeño interno y no generan más que pérdidas económicas junto a la desconfianza del cliente o proveedores, es el ítem a tener en cuenta cuyo resultado al final debe ser siempre el contrario al diagnosticado.

2.1.3. Consolidado de análisis del Ecomapa

El Ecomapa no solo identifica, sino que prioriza y por tanto nos arroja jerárquicamente los puntos que tienen mayor producción de RESPEL. Para este caso en particular el levantamiento del mapa es secundario ya que igual se cuenta con la información física sobre el inventario final de los residuos generados por área, y como ya se ha mencionado el área de producción es aquella que tiene mayor incidencia en relación a esta variable sobre el resto.

El área de producción además es aquella con los mayores consumos de agua, energía, vertimientos y por supuesto generación de RESPEL; es por eso que el consolidado de análisis del Ecomapa en la Tabla 4 es un resumen general sobre el lugar más representativo con el mayor impacto para el mejoramiento de la gestión ambiental.

Tabla 4. Consolidado de análisis del Ecomapa

AREAS CRITICAS	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES
Producción	Productos de rechazo	Incremento de costos por gestión externa.	Mayor control de calidad.
	Generación de residuos tóxicos e inflamables.	Costos por movilización interna, almacenamiento y gestión externa.	Medidas preventivas para reducir generación.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los productos de rechazo y la generación de residuos tóxicos e inflamables basados en el análisis del Ecomapa muestran consecuencias previsibles ante la falta de gestión y administración de los recursos, los costos asociados sugieren a la vez mayores controles por parte de la dirección además del personal de planta encargado.

2.2. FASE II, ANALISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

2.2.1. Matriz MED

El proceso para la elaboración de empaques plásticos flexibles constituye una gran cantidad de materias primas, insumos, agua y energía que se encuentran reflejados en la Tabla 5 como una matriz MED; dentro de esta clasificación se pueden encontrar distintos tipos de aditivos, concentrados, solventes, adhesivos y por supuesto capas estructurales de polietileno o polipropileno de distintas densidades que se unen a otras capas barrera para lograr proteger al producto brindando propiedades determinadas en cuanto a la permeabilidad del oxígeno, incidiendo en la vida útil del alimento por ejemplo.

Los desechos obtenidos son producto únicamente de las unidades involucradas en el proceso; sin embargo muchos son transformados bien para reducir su cantidad o en defecto su grado de peligrosidad. Es el caso de los lodos con Cu y Cr que finalmente se obtienen como un remanente del proceso de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), además de esto todo el material contaminado con solventes, tintas o aceites son sometidos a compactación para reducir su volumen.

Tabla 5. Matriz MED

ETAPA		MATERIALES	ENERGIA	DESECHOS
Proceso	Mezcla de Tintas Rectificado Cobrizado Cromado Rotograbado Laminado Lavado Refilado	Agua MP Insumos	Lumínica	Lodos de Cu y Cr, residuos de adhesivos, remanente de tintas y solventes, materiales contaminados con solventes, tintas o aceites.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

2.3. FASE III, GENERACION DE OPORTUNIDADES DE PML

Dentro de la jerarquización de estrategias de minimización se encuentran tres categorías que agrupan una serie de actividades capaces de responder y hacer frente con la necesidad de mitigar o prevenir impactos ambientales sin importar su magnitud. En primer lugar esta evitar o reducir, en segundo lugar el reuso y por último el reciclaje en la misma instalación o en otras.

Evitar o reducir constituye una categoría principal para llevar a cabo actividades concretas en la Industria de Empaques Plásticos Flexibles como las buenas practicas operacionales, sustitución de materias primas, modificaciones al proceso productivo, modificación o incorporación de equipos auxiliares.

El Reuso consiste básicamente en una actividad de reutilizar materias primas en el proceso que le dio origen y por último el reciclaje en la misma instalación o en otras que dentro de las actividades principales están el aprovechamiento material en otros procesos y el aprovechamiento energético en otros procesos.

En la Tabla 5 se presentan una serie de estrategias que pueden ser implementadas o tomadas como referencia para aumentar la eficiencia y eficacia de los procesos, productos y servicios involucrados. Son elaboradas teniendo en cuenta las características de la Industria así como las necesidades ambientales que para ella exige su misma política o sistema ambiental.

2.3.1. Ejemplos de estrategias para PML

El concepto abarca la gradualidad en las alternativas y los ejemplos las tareas o soluciones correspondientes al ítem anterior, asociando cuales pueden ser acogidas definitivamente para la implementación final.

Tabla 5. Estrategias PML

Concepto	Ejemplo
<p>Buenas prácticas Reducen perdidas sistemáticas o accidentales sin exigir mayores inversiones (sin hacer cambios en tecnología o materias primas), contribuyen a importantes ahorros económicos y aumento de la productividad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer revisiones periódicas a las uniones o juntas de las máquinas para evitar fugas. • Comprar la cantidad de materiales estrictamente necesarios para cada etapa de producción. • Capacitar a operarios conforme a cada necesidad. • Utilizar los productos más antiguos dentro del almacenamiento, especialmente las sustancias químicas peligrosas.
<p>Cambios o mejoras tecnológicas Adecuación de equipos existentes y adquisición de nuevos para evitar pérdidas sistemáticas y generación de residuos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza mecánica en lugar de limpieza con solventes y/o detergentes. • Uso de programas automatizados capaces de dosificar y evitar pérdidas que configuren la presencia de RESPEL.
<p>Cambio de materias primas e insumos Reemplazar materias primas o insumos que contienen sustancias peligrosas por otras ambientalmente amigables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el uso de tintas base disolvente por base acuosa. • Eliminar el uso de aditivos y concentrados tóxicos.
<p>Optimización productos y empaques Productos con menores contenidos de sustancias peligrosas y empaques ambientalmente amigables que garanticen la perduración de los productos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar productos que requieran menos materias primas de carácter peligroso. • Desarrollar productos de mayor calidad y durabilidad. • Reducir volumen de los empaques. • Utilizar menores cantidades de tintas de impresión en los empaques.

<p>Reutilización Utilización de los Respel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilizar Solventes. • Reutilizar enjuagues. • Segregar y reutilizar disolventes para la limpieza.
<p>Regeneración Conjunto de operaciones que permiten devolverle completa o parcialmente a los residuos, las características iniciales antes de ser desechados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Regeneración de residuos líquidos de enjuague de una fase a través de tratamientos físicos o químicos para ser utilizados en enjuagues de otras fases
<p>Recuperación de residuos Acondicionamiento de los Respel a través de pretratamientos para incorporarlos nuevamente a los procesos y procedimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar sistema de recuperación con vapor para disolventes.

Fuente: C. N. Ambiental y D. Peligrosos, 2010[11].

La generación de todas estas oportunidades son soluciones potenciales, más no definitivas y además pueden complementarse, importante tener claro la concepción de la idea como una estrategia a la cual debe hacerse seguimiento y control para que en realidad su adaptación al sistema o al proceso fortalezca no solo la minimización de estos materiales de desecho, sino propenda por un sistema de gestión ambiental mejor organizado además de sistematizado.

Cada ejemplo de estrategia de PML puede ser implementado siempre y cuando la Industria brinde las garantías necesarias para que en tiempo como en espacio la aplicación de la estrategia surta el efecto esperado; debe ser un poco ambiciosa y proyectar de principio a fin objetivos específicos referentes a esos cambios e implementaciones tecnológicas.

2.4. FASE IV, SELECCIONAR SOLUCIONES DE PML

Las soluciones de PML deben propender por cambios radicales antes y después de la implementación de las alternativas, teniendo en cuenta el diagnóstico inicial y por supuesto las entradas y salidas representadas en la matriz MED.

Existe un promedio de RESPEL mensual que debe reducirse por lo menos en un 50% después de 1 año de haberse implementado las estrategias de PML, la generación de lodos de Cu y Cr 8 toneladas, residuos de adhesivos 400 kg, sobrantes de tintas y residuos de solventes 12 toneladas, materiales contaminados con solventes, tintas o aceites 6 toneladas; para un total mensual de 26 toneladas y 400 kg promedio. El objetivo principal reduciendo estas cantidades es neutralizar los riesgos asociados por materiales tóxicos o peligrosos para el ambiente y la salud.

La selección de soluciones no solo debe propender por la minimización de residuos sino además deben considerarse por el ahorro en los costos y el aumento en los beneficios de toda índole. Los beneficios de la minimización a nivel económico se refieren a los ahorros por el uso racional de las materias primas, junto con la reducción de costos por disposición y tratamiento.

En la parte legal conlleva a reducir multas e infracciones ambientales por la mala administración de los recursos. Beneficios en la responsabilidad por la seguridad de los trabajadores de la empresa y la responsabilidad por problemas ambientales en la PTAR, almacenamiento, transporte y disposición.

Por último, beneficios relacionados con la imagen pública además de corporativa, donde prevalece el respeto y cuidado ambiental ante clientes, proveedores, todo el personal administrativo junto el de planta.

2.4.1. Buenas prácticas de operación

- Coordinación entre departamentos: Es importante involucrar todo el personal de la empresa representado por áreas para informar constantemente sobre prácticas y procedimientos internos, los materiales que sean comprados y usados estén regulados por las necesidades reales de cada área, en especial la de producción.

Los residuos, emisiones y vertimientos sean controlados desde el principio para los nuevos equipos, productos o procesos. Tener planificado todo el proceso de producción, junto con el diseño para un control ambiental preventivo y periódico reduciendo cantidad de subproductos y RESPEL.

- Control de inventarios: Las cantidades de materiales y materias primas estén auto controlados evitando sobrantes, todos los materiales sobrantes deben propender por reciclarse siempre y cuando las condiciones físicas además de químicas lo permitan.

El control de calidad debe ejercerse para la aceptación y compra de materiales, las técnicas de producción deben ser siempre ágiles y oportunas. Así mismo debe existir un programa para el control de inventarios, que permitan hacer constante seguimiento a las materias primas y los productos terminados.

- Almacenamiento y manipulación de materiales: Siempre debe existir una matriz de compatibilidad que permita clasificar los materiales, además de procedimientos definidos para contingencias ambientales como por ejemplo para casos de derrames.

Las áreas como corredores de movilización siempre deben mantenerse libres e iluminadas, así mismo es imperativo controlar la hermeticidad en contenedores, bidones y tanques a través de tapas o medios de embalaje como el vinipel junto la cinta adhesiva de seguridad.

- Prevención de fugas y derrames: Los contenedores deben mantenerse en excelentes condiciones para el transporte interno y externo, para ello debe asegurarse un programa de monitoreo además de mantenimiento.

Los procedimientos para carga, descarga y transferencia deben estar previamente definidos. Sistemas de control, traducidos en alarmas tempranas que comuniquen cuando se tiene rebose en tanques o fugas en válvulas.

- Mantenimiento preventivo: Se refiere a inspeccionar todos los equipos y operaciones de manejo de materiales y residuos, así mismo una cadena de custodia en la cual se consigne información sobre el historial de los equipos. Realizar seguimiento de costos de mantenimiento de equipos y manejo de residuos.
- Segregación de residuos: Básicamente es una tarea que consiste en separar los residuos según el orden de producción, además de clasificarlos según su estado físico cuando son sólidos y líquidos; tener en cuenta según información previa estudiada aquellos que representan mayores riesgos por su peligrosidad, como por ejemplo las tintas y solventes que son inflamables.
- Guías o manuales de operación: Cada unidad operativa debe contar con información detallada sobre su funcionamiento y control, además debe existir un máximo permisible para las descargas. Detallarse todo un programa que incluya normas de seguridad y procedimientos de actuación ante emergencias, mejor concebido como un simulacro.

Las hojas de seguridad siempre deben estar a la mano de los operarios de turno, identificando todos y cada uno de los materiales peligrosos que allí se encuentren.

- Tratamiento físico para residuos: Se implementaron lechos de arena y gravilla con el fin de lograr una deshumidificación más rápida de los lodos de la PTAR. Adicional a esto se montaron flautas para optimizar la filtración del agua.

2.4.2. Técnicas de minimización de RESPEL

Estas técnicas se dividieron en cuatro grandes categorías: Gestión de inventarios, modificación del proceso de producción, reducción del volumen y recuperación.

- **Gestión de inventario:** El uso de técnicas para reducir cantidades en el inventario y el uso de productos químicos peligrosos. Este control permite reducir residuos y además material caduco.

El control de materiales sugiere llevar constante registro del almacenamiento de las materias primas, productos, residuos procesados y el traslado de los artículos en las instalaciones, todo para lograr el uso adecuado en los procesos de producción y no se transformará en residuo.

- **Modificación del proceso de producción:** Reducir materia prima y productos perdidos ha causa de filtración, derrame, desgaste. Programar producción para reducir limpieza de equipos, cambio de tonalidad de tintas en tanques de claros a oscuros para no ser limpiados entre varias series.

Muy importante inspeccionar partes antes de ser procesadas reduciendo el número de rechazos. Todos los procedimientos de limpieza hacerse bajo técnicas en seco, con escobillas de goma para el secado de superficies.

Es necesario que la operación sea eficiente y para ello se optimizan esos parámetros mínimos como la temperatura, presión o tiempo de reacción para reducir generación de subproductos y residuos.

La sustitución de tintas base acuosa a base disolvente. Existen otras modificaciones relacionadas con el equipo en proceso, pueden ser simples, como mejorar la mezcla, o utilizar bombas con mejores cierres.

Reciclar el agua de lavado. Para la limpieza de las partes es necesario sumar todas las unidades de limpieza de disolventes y además mejorar el drenaje de las partes antes y después de la limpieza.

Para la actuación en la superficie es imprescindible instalar tanques de recuperación junto con válvulas de control de los flujos.

Para la limpieza del equipo usar sistemas de enjuague con alta presión. Para los derrames y filtraciones es primordial eliminar el uso de uniones soldadas en tuberías y dispositivos para el control de desbordamientos.

- **Reducción del volumen:** La separación en el origen consiste en recoger por separado aguas de lavado o disolventes usados para la limpieza de los

equipos. Los cambios de materiales implican eliminar alguna parte del residuo mediante separación física de sólidos y líquidos (filtración, centrifugación, separación por membranas).

- Recuperación: Se refiere a todos los programas posconsumo que se vienen adelantando para el posterior aprovechamiento de los RESPEL a través de agentes receptores. Aceites minerales usados, las baterías de los equipos, los tóner de impresora, las lámparas fluorescentes y algunos Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEES).

2.5. FASE V, IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE PML

La implementación consiste en aplicar todas estas soluciones de PML con la alta dirección y el departamento de gestión de calidad, además se debe llevar un control a la instalación de los equipos, unidades o instrumentos que se adecuen.

Se establecen métodos de medición que permitan evaluar de una manera sencilla la cuantificación de los resultados obtenidos a partir por ejemplo de los cambios originados en la cantidad de residuos, consumos de agua y energía, rentabilidad y las condiciones laborales.

Los indicadores de desempeño permitirán hacer seguimiento y monitoreo constante a la efectividad de las soluciones implementadas. Para esta parte se propone evaluar el global en la generación de RESPEL a través de la disminución de consumos, costos y nivel de contaminación.

Para la disminución de consumos se considera para el caso de la energía primero el costo que se está generando mensualmente y los consumos que demanda la producción; traducido por unidad de producto junto con la etapa o ciclo del proceso después de haberse implementado toda esta serie de soluciones.

En relación al agua igualmente es indispensable referirse a los costos mensuales que demanda la producción por unidad de producto y etapa o ciclo del proceso ya con las mejoras de PML establecidas.

Como punto más importante a la hora de una eficaz planificación es primordial considerar esos costos de tratamiento comparados con la minimización de impactos ambientales por vertimientos, emisiones y generación de RESPEL. La implementación debe asegurar un control en los costos de disposición y aquellos evitados cuando los residuos son reusados además de recuperados antes de convertirse en peligrosos.

Después de la implementación viene un proceso de consolidación y análisis crítico de la situación actual de la industria donde se revela lo que un producto en particular está generando como agente precursor de peligros al ambiente y la

salud. Además de conducir a un diseño alternativo para el producto o para sus procesos asociados que sea más eficiente para el ambiente. Finalmente se revela la rentabilidad de cierto producto, servicio o actividad ya teniendo implementado toda una estrategia ambiental.

2.6. FASE VI, MANTENIMIENTO DE PROCESOS DE PML

Es necesario asegurar la participación de todo el personal operativo y administrativo mediante capacitaciones que actualicen el sistema de gestión y fortalezcan los procesos ambientales sobre todo relacionados con estrategias en la minimización de RESPEL como la PML.

El mejoramiento debe ser continuo y el seguimiento a los resultados debe ser constante para proponer alternativas distintas que se adecuen a las condiciones del medio productivo.

3. CONCLUSIONES

La implementación de la Producción Más Limpia para la minimización de Residuos Peligrosos es una forma de comparar información sobre operaciones unitarias, materias primas, consumo de agua y residuos; además de eso permitió el desarrollo de estrategias rentables de administración con procesos más eficientes, organizados y sostenibles con el medio ambiente.

La PML aplicada a los procesos, productos y servicios de la Industria de Empaques Plásticos Flexibles se evidencio por el consolidado de herramientas como la matriz DOFA y la matriz MED que lograron establecer criterios de evaluación ambiental relacionados con la gestión interna de los recursos. Además la selección de soluciones de PML abarco todo el contexto industrial del sector sujeto de estudio con propuestas concretas que promovieron buenas prácticas de operación y técnicas específicas para la minimización.

Las fases para un proceso planificado de PML se establecieron mediante un análisis del ciclo PHVA (Planear, hacer, verificar y actuar) en el cual debe aplicarse paulatinamente procesos complementarios que satisfagan las necesidades exigidas durante la implementación. Cada fase fue una oportunidad de conseguir unos objetivos además de plantearse unas metas a corto plazo que fortalecieron la estructura operativa y procedimental de esta estrategia ambiental.

Para minimizar la segregación de RESPEL mediante la gestión ambiental y el manejo integral de los recursos naturales fue imperativo tener en cuenta las políticas ambientales, normativas así como las exigencias legales estipuladas por el Ministerio de Ambiente. Además conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos junto con la protección y conservación del ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Centro Nacional de Producción Más Limpio, “Guía Sectorial De Producción Más Limpia Hospitales, Clínicas Y Centros De Salud,” *Vasa*, 2008.
- [2] I. a la PML, “Introducción a la Producción más Limpia,” *ONUID-Manual Prod. más limpia*, p. 29, 2006.
- [3] Q. Oscar and S. Adrian, “Gestión Ambiental para una Producción más limpia en la Región Centro de Argentina .,” *Banco Interam. Desarro. / Fondo Multilater. Inversiones*, p. 64, 2007.
- [4] T. Emilio, “Envases flexibles plásticos: uso y aplicación en la industria alimentaria,” p. 51, 2004.
- [5] C. I. Pardo, “Selección de tecnologías limpias,” p. 122, 2012.
- [6] J. Amaya Correa, “El método dofa, un método muy utilizado para diagnóstico de vulnerabilidad y planeación estratégica,” *El Prism.*, pp. 1–7, 2010.
- [7] E. Barrios and D. Loreto, “Alternativas y herramientas para la producción más limpia,” vol. 3, no. 1, pp. 255–269, 2003.
- [8] R. S. Quintero, S. Ambiental, C. C. Pertuz, P. Universitaria, R. S. Villada, O. A. De Comunicaciones, R. Lagos, C. Anibal, and O. Arango, *PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN LAS MIPYME DEL MUNICIPIO DE ITAGÚÍ*. 2007.
- [9] V. y Ministerio de Ambiente and Desarrollo Territorial, “Gestión integral de residuos o desechos peligrosos,” p. 186, 2007.
- [10] MAVDT, “DECRETO NUMERO 4741 DE 2005,” pp. 1–27, 2005.
- [11] C. N. Ambiental and D. Peligrosos, “Planes De Gestión Integral De Residuos O Desech Os Peligrosos a Cargo De Generadores,” pp. 1–50, 2010.