

Trabajo de Grado Especialización en Gestión Integrada QHSE

**Diseño de un modelo de gestión ambiental con enfoque de economía circular para el sector
pymes**

Análisis de ciclo de vida de los productos y servicios

Luisa Fernanda Fierro Hernández

Oscar Alberto Vargas Moreno

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Programa de Ingeniería Industrial
Especialización en Gestión Integrada QHSE
Cohorte 44
Bogotá D.C., Colombia, septiembre 2020



© Únicamente se puede usar el contenido de las publicaciones para propósitos de información. No se debe copiar, enviar, recortar, transmitir o redistribuir este material para propósitos comerciales sin la autorización de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuando se use el material de la Escuela se debe incluir la siguiente nota “Derechos reservados a Escuela Colombiana de Ingeniería” en cualquier copia en un lugar visible. Y el material no se debe notificar sin el permiso de la Escuela.

Publicado en 2020 por la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”. Avenida 13 No 205-59 Bogotá. Colombia
TEL: +57 – 1 668 36 00, e-mail: espeqhse@escuelaing.edu.co

Agradecimientos

Agradeciendo a la vida y todas las posibilidades que ella abre...

Sinopsis

La presente investigación define un modelo de gestión ambiental a partir de un análisis de ciclo de vida de producto basado en los principios de la economía circular, determinando el nivel de factibilidad de este sistema para las mipymes del país. El objeto de este planteamiento se basa en la baja proporción del número de empresas de este tipo que adoptan un modelo de gestión ambiental y la forma como deben repensar sus procesos para generar ingresos, crecimiento y apertura hacia nuevos mercados.

Con este análisis se propone superar el concepto negativo dado al tema ambiental que lo ha señalado como innecesario lo que se logra cuando se evidencie la reducción de costos, al incorporar al proceso factores de sostenibilidad a través de los principios de economía circular.

Palabras clave: gestión ambiental, análisis de ciclo de vida, economía circular.

Abstract

This research defines an environmental management model from a product life cycle analysis based on the principles of the circular economy, determining the feasibility level of this system for the country's Mypimes. The aim of this approach is based on the low proportion of the number of companies of this type that adopt an environmental management model and the way in which they must rethink their processes to generate income, growth and openness to new markets.

This study proposes to overcome the negative concept given to the environmental issue which has been perceived as unnecessary. It can be achieved when cost reduction is evidenced by incorporating sustainability factors into the process through the principles of circular economy.

Keywords: environmental management, life cycle analysis, circular economy.

Resumen Ejecutivo

Un alto porcentaje de las Mipymes del país desarrollan procesos productivos de alto costo en razón a la falta de alianzas, desconocimiento de oportunidades, competencia desleal y ausencia de interés frente a las nuevas disposiciones legales y modelos económicos que les permitan obtener mayor rentabilidad en sus procesos.

Se propone que las empresas realicen el análisis del Ciclo de Vida de sus productos y/o servicios basados en los principios de la economía circular con el fin de determinar la factibilidad de implementar un modelo de gestión ambiental. Esta investigación se llevó a cabo aplicando una metodología de tipo cualitativo.

Una vez adelantada la investigación se establecieron los beneficios de realizar este análisis de ciclo de vida en las Mipymes concluyendo que la aplicación de los principios de economía circular siempre genera ganancia a la empresa, tanto así, que si se utilizan todos los principios en todas las etapas del proceso productivo es demostrable la generación de ahorro.

Se comprueba con esta investigación que la posibilidad de eliminar las externalidades negativas que afectan los procesos de una empresa es posible implementando acciones que generan rentabilidad.

La recomendación es la propuesta de socializar este tipo de análisis efectuado al ciclo de vida del producto y/o servicio de las empresas, para lograr concientizar a los empresarios de los diferentes sectores acerca de los beneficios que se alcanzan con la puesta en marcha de las estrategias propias de la economía circular.

Tabla de contenido

SINOPSIS	I
ABSTRACT	II
RESUMEN EJECUTIVO	III
1 INTRODUCCIÓN	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.1 PROBLEMÁTICA	6
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	7
2.3 JUSTIFICACIÓN	8
2.4 ALCANCE Y LIMITACIONES	9
2.5 OBJETIVOS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
3. MARCO DE REFERENCIA	10
3.1 MARCO TEÓRICO	10
3.1.2 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	11
3.1.3 PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR COMO BASE DEL MODELO DE GESTIÓN AMBIENTAL	13
3.1.4 EVOLUCIÓN DE LAS MIPYMES EN COLOMBIA	14
4. METODOLOGÍA	18
4.1 DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN AMBIENTAL A PARTIR DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO	
TENIENDO EN CUENTA LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR.....	18

5. RESULTADOS.....	26
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA	33
ABREVIACIONES.....	37
APÉNDICE 1	39
APÉNDICES 2	41

Índice de tablas

Tabla 1.....	14
Tabla 2.....	23
Tabla 3.....	28

Índice de gráficos

Gráfico 1.....	12
Gráfico 2.....	16
Gráfico 3.....	17
Gráfico 4.....	20
Gráfico 5.....	21
Gráfico 6.....	22
Gráfico 7.....	29

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.....	18
--------------------	----

1 Introducción

Como lo señaló la Ministra de Trabajo de Colombia en el primer congreso de Seguridad y Salud en el Trabajo de la pequeña y mediana empresa realizado en septiembre de 2019, acorde a las cifras del departamento administrativo nacional de estadística las mipymes representan más del 90 por ciento del sector productivo nacional y general el 35 por ciento del producto interno bruto y el 80 por ciento del empleo en toda Colombia. (Portafolio, 2019). Con relación a este dato estadístico y teniendo presente la carencia de consciencia de la gestión ambiental en este sector, mediante un modelo de gestión ambiental basado en los principios de economía circular se busca superar la barrera existente en la mentalidad de los pequeños empresarios, que día a día se refleja en los resultados de sus procesos.

El modelo de economía circular se refiere a un concepto de aprovechamiento de los elementos que se generan en los procesos productivos y de servicios de las pequeñas y medianas empresas, buscando beneficios que garanticen su permanencia en el mercado y que aporten utilidades económicas ampliando su campo de acción, así como el del círculo de empresas del sector complementario a estas.

Mediante la metodología propuesta por la normativa ISO 14040 en relación al análisis de ciclo de vida se logra desarrollar el modelo de gestión ambiental de acuerdo a los tres principios de economía circular y se incrementa los ingresos de las mipymes a altos niveles de productividad y aprovechamiento.

El desarrollo del trabajo se presenta en ocho capítulos a saber: En los capítulos I, II y III se expone el planteamiento del problema, la justificación, la pregunta de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos; en los capítulos IV y V se presenta el marco teórico y metodología propuesta para desarrollar el trabajo; en los capítulos VI y VII se realiza la presentación de los resultados y el análisis respectivo a los mismos y por último en el capítulo VIII se indican las conclusiones y las recomendaciones.

2. Planteamiento del problema

2.1 Problemática

A partir de los objetivos de desarrollo sostenible las empresas juegan un papel importante para su implementación ya que por medio de iniciativas tendientes a reducir y eliminar impactos ambientales negativos e incrementar los positivos en sus negocios, cumplen el propósito de sobresalir entre sus competidores por dar importancia a clientes, trabajadores y entorno ambiental desde el avance hacia la eficiencia operacional, reducción de costos, incorporación y mantenimiento del talento y la fidelización de sus clientes. (EY, 2015) Con el afán de sobresalir en el mercado éstas buscan certificaciones ambientales de diversos tipos que les generan grandes sobrecostos, pero no contribuyen a mejorar su conciencia ambiental.

Conciencia ambiental impulsada por la estrategia nacional de economía circular como la forma en que los ciudadanos son responsables de la gestión y conservación de los recursos naturales y la calidad de vida de los demás, a partir de sus hábitos de consumo y sus procesos de producción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [Minambiente], 2019). Ciudadanos traducidos en

empresas que cambian sus procesos internos para transformarlos en ventajas competitivas frente a cualquier tipo de mercado, sin interesar el lugar ni la magnitud del mismo.

2.2 Descripción del problema

Para eliminar o reducir los impactos negativos del proceso productivo de cualquier empresa se requiere un cambio extremo del sistema lineal de producción y consumo, el cual en la actualidad se deriva de la utilización de recursos finitos como carbón, petróleo y gas natural que para su generación hay que impactar gravemente los ecosistemas naturales a un modelo en el que la adquisición de materias primas sea desde fuentes renovables que propendan por la protección de los recursos naturales para las presentes y futuras generaciones (Arroyo Morocho, 2018). Este cambio se genera a partir de la toma de conciencia de las etapas que cada empresa debe seguir en el proceso de elaboración de un producto desde la perspectiva social, económica y ambiental.

La economía circular permite lograr esa transformación basada en principios naturales donde todo lo que se genera sirve de insumo o alimento para otro organismo, convirtiéndose así en un ciclo cerrado en lo que todo fluye (Zacarías Farah, 2018). Tomando conciencia del patrón de consumo en el caso de personas naturales y de la producción desde el punto de vista empresarial, se debe replantear nuestra forma de pensar.

En la búsqueda del cambio de comportamiento que las empresas deben realizar para ser conscientes de que sus procesos y operaciones dependen de bienes y servicios ecosistémicos, los modelos de gestión ambiental sirven como medios para que dichas organizaciones evolucionen y progresen desde un punto cero sin asimilar a puntaje 100 pasando por diferentes niveles de

maduración en los cuales la experiencia y cultura crece si la empresa se apunta a la idea de aprender mientras se hace (Prado Román et al, 2011). Por consiguiente, cuando cualquier empresa alcanza niveles altos de asimilación marca la diferencia entre sus competidores ya que está en la capacidad de pensar su organización desde el modo interdisciplinar que ofrece la variable ambiental.

2.3 Justificación

Lograr rentabilidad en las empresas a través de modelos de gestión ambiental que minimicen pérdidas y maximicen utilidades trascendiendo a subsistir en el mercado es el objeto de esta propuesta.

Aplicar el modelo de economía circular en los procesos productivos y/o de servicios de las micro, pequeñas y medianas empresas corresponde a una manera de replantear el modelo de negocio y la optimización de sus procesos.

Surge una oportunidad de mejora a la forma como se desarrolla el tema ambiental a nivel empresarial que debido a la pandemia de la COVID-19 permitió evidenciar que estos sistemas se construyen sobre principios idealistas con fines de certificación y no de consciencia. La propuesta busca cambiar la forma de pensar de gerentes y miembros de las juntas directivas cuando se refieren a implementar sistemas de gestión ambiental.

Se propone un modelo de gestión ambiental utilizando el análisis de ciclo de vida desde la perspectiva de los principios de economía circular que resulte atractivo a empresas de micro, pequeño y mediano tamaño desde el ámbito de competitividad y generación de ingresos, análisis que se proyecta a mitigar los impactos ambientales adversos usando dicha perspectiva.

2.4 Alcance y limitaciones

Alcance

El modelo de gestión ambiental será propuesto para las mipymes ubicadas dentro del territorio colombiano.

Limitaciones

Las limitaciones al proyecto surgen por la ausencia de datos reales de investigación, todos los datos son hipotéticos basados en información obtenida de artículos provenientes de revistas científicas e información secundaria obtenida de páginas web.

2.5 Objetivos y pregunta de investigación

Objetivo general

Diseñar un modelo de gestión ambiental mediante un análisis de ciclo de vida basado en los principios de economía circular para micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes)

Objetivos específicos

Plantear la metodología adecuada para desarrollar un modelo de gestión ambiental.

Adecuar la propuesta de modelo de gestión con base en los tres principios de economía circular.

Aplicar el modelo a un proceso de producción hipotético de una empresa industrial para evidenciar la factibilidad del modelo.

Pregunta de investigación

¿Es posible cambiar la manera de pensar de los empresarios de mipymes en relación con los modelos de gestión ambiental?

3. Marco de referencia

3.1 Marco teórico

3.1.1 Evolución de la gestión ambiental

Álzate - Ibáñez, A et al. (2018) señalan que después de la segunda guerra mundial, y como resultado de los procesos de industrialización y crecimiento económico, surgieron las preocupaciones por la contaminación del medioambiente (Alzate-Ibáñez et al., 2018). Esta constante visibilidad de problemas ambientales en el planeta dio lugar a que los gobiernos involucraran dentro de sus políticas temas de consciencia y prácticas adecuadas de manejo ambiental.

A partir de lo enunciado, surge el interés por la realización de cumbres en torno a la protección y mitigación de los daños ambientales desde el año 1972¹, celebrándose así la Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro en la cual florece el término desarrollo sostenible para lograr un equilibrio justo

¹ Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo.

entre los componentes, social, económico y ambiental, preservando los recursos disponibles en el presente sin comprometer los del futuro.

Como medida de control a los impactos generados por actividades económicas la International Standard Organization, en adelante ISO, establece una serie de requisitos para los sistemas de gestión ambiental de cualquier país los cuales se compilan surgiendo la primera versión de la norma ISO 14001 versión 1996, con posteriores actualizaciones 2004 y 2015.

A partir de la Norma ISO 14001:2015, la gestión ambiental se adopta desde un enfoque sistémico cuya intención es brindar a las organizaciones un marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones cambiantes, en equilibrio con las necesidades económicas, mediante la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (Instituto Colombiano de Normas Técnicas [ICONTEC], 2015).

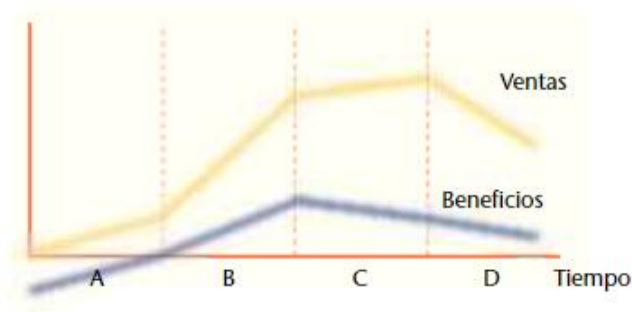
Este enfoque permite que las organizaciones determinen sus impactos ambientales durante el ciclo de vida del producto, desde la adquisición de materias primas utilizadas en el proceso de producción hasta la etapa de comercialización del mismo. El modelo desconoce el tratamiento previo y posterior del producto o servicio a desarrollar en la compañía. Según Ezpeleta et al. (2019) el ciclo de vida del producto se desarrolla en tres grandes fases a) Inicio de vida del producto que incluye el diseño y fabricación del mismo, b) Mitad de vida del producto que corresponde a la distribución, uso y mantenimiento o reparación del producto y c) Final de vida del producto que concierne a la logística inversa o recogida del producto y el reciclado del mismo (Ezpeleta Lascurain et al., 2019).

3.1.2 Análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión ambiental

El concepto de ciclo de vida de un producto y/o servicio se refiere al tiempo que el producto se encuentra vigente desde su lanzamiento al mercado hasta su desaparición. Durante este periodo de tiempo el producto debe pasar por varias etapas condicionadas por dos variables, ventas y beneficios, las cuales evolucionan al principio del proceso y decrecen en su etapa final (Godas, 2006). Tiempo que varía de un producto a otro dependiendo su forma de producción.

Gráfico 1

Etapas del ciclo de vida del producto



Nota: La figura presenta el ciclo de vida del producto.

Theodor Levitt (1965) indicó que todos los productos son como los seres vivos, pues a lo largo de su existencia desde su concepción hasta su muerte pasan por varias etapas las cuales conforman el ciclo de vida del producto. Estas etapas son 1. Desarrollo de mercado o etapa cuando el producto apenas llega al mercado y sus ventas son bajas pues apenas se da a conocer, 2. Crecimiento de mercado dado cuando la demanda comienza a incrementarse por medio de la expansión del mercado, 3. Madurez del mercado presentada cuando el producto alcanza su máximo nivel y la demanda crece de manera ligera debido a la tasa de renovación del producto y

la tasa de formación de nuevas familias, finalmente se encuentra la etapa 4. Declive del mercado manifestada cuando el producto deja de ser atractivo para el consumidor y evidentemente su demanda comienza a decrecer. En esta etapa existen sustituciones del producto por ejemplares nuevos más interesantes para los consumidores en términos de utilidad (Sánchez, 2015).

A partir de esta definición surge el análisis de ciclo de vida del producto que se propone desde la extracción y adquisición de materia prima hasta el uso y el tratamiento al final de la vida útil y la disposición final del producto con el fin de eliminar o reducir posibles pérdidas durante el proceso de producción (ICONTEC, 2007). Este análisis permite determinar los impactos significativos del proceso a partir de la identificación de los puntos críticos en donde se están desperdiciando residuos, realizando emisiones al aire, vertimientos al agua, entre otros de carácter ambiental.

Desde la lógica empresarial, el análisis de ciclo de vida aplica de manera contundente a la gestión empresarial desde el proceso de toma de decisiones en la etapa de diseño de un producto en la cual las empresas averiguan el origen de sus materias primas y el destino final de su producto incluyendo el mantenimiento y limpieza que este requiera (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2004). Esta manera de comprender el análisis de ciclo de vida a nivel empresa se relaciona directamente con los principios de economía circular.

3.1.3 Principios de economía circular como base del modelo de gestión ambiental

El término *Economía Circular* es propuesto por dos escuelas de pensamiento, desde un modelo de diseño regenerativo y un modelo de economía del rendimiento. La primera escuela se basa en la regeneración de los sistemas a partir de la simulación de un ecosistema natural donde los

productos se crean e interaccionan sin producir residuos (Domínguez Somonte y Balboa, 2013) y la segunda escuela se relaciona con el modelo de economía del rendimiento que según Walter Stahel y su término “*de la cuna a la cuna*” pudo desarrollar un enfoque de bucle cerrado en los procesos de producción (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, n.d.).

Aplicando los principios de la economía circular que son 1. Preservar y mejorar el capital natural, controlando los stocks y equilibrando los flujos de recursos renovables, 2. Optimizar el rendimiento de los recursos, mediante la circulación de los productos, componentes y materiales en uso, a su máxima utilidad en todo momento en ambos ciclos, técnico y biológico y 3. Fomentar la eficiencia del sistema mediante la revelación y el descarte de las externalidades negativas, se integra el análisis de ciclo de vida del producto desde su etapa inicial hasta la reincorporación al proceso productivo.

3.1.4 Evolución de las mipymes en Colombia

Por medio del Decreto 957 de 2019 del gobierno nacional clasifica las micro, pequeñas y medianas empresas a través de tres rangos de macrosectores (manufactura, servicio y comercio) (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo [Mincomercio], 2019).

Tabla 1

Clasificación del tamaño empresarial

Tipo	Industria	Servicios	Comercio
empresa	Ingresos por actividades ordinarias anuales		

Micro	$\leq \$$	$> \$$	$> \$$
	839.007.741.00	839.007.741.00	7.299.256.965.00 < \$
		< \$	61.833.869.955.00
		7.299.256.965.00	
Pequeña	$\leq \$$	$> \$$	$> \$$
	1.594.089.783.00	1.594.089.783.00	15.353.595.972.00 <
		< \$	\$ 76.935.760.044.00
		15.353.595.972.00	
Mediana	$\leq \$$	$> \$$	$> \$$
	1.174.603.716.00	1.174.603.716.00	4.698.379.257.00 < \$
		< \$	17.199.391.638.00
		4.698.379.257.00	

Nota. Esta tabla muestra la clasificación del tamaño empresarial de acuerdo con decreto 957 de 2019. Tabla 1.

Se establece como en Colombia las empresas se clasifican de acuerdo al tamaño, actividad económica y nivel de ingreso anual. Revisadas las estadísticas de empresas creadas en el país se observa, que para el año 2018 de un total de 1.620.342, las micro, pequeña y mediana empresas correspondían a 1.613.549 (Economía aplicada, 2019), valor que evidencia su magnitud la cual

hace viable la propuesta de socializar el análisis de ciclo de vida del producto, el cual una vez sea implementado permitirá, así sea en una mínima proporción, generar rentabilidad y beneficios económicos para los empresarios y para el país.

Gráfico 2

Empresas existentes en Colombia en el año 2018

Número de empresas por sectores económicos y tamaño, 2018						
	Gran Empresa	Mediana empresa	Pequeña empresa	PYME (Pequeña + Mediana)	Microempresa	TOTAL
A : Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	343	1.341	3.261	4.602	21.038	25.983
B : Explotación de minas y canteras	249	393	953	1.346	10.011	11.606
C : Industrias manufactureras	1.072	2.499	9.926	12.425	122.111	135.607
D : Suministro de electricidad, gas, vapor y aire	119	71	177	248	2.690	3.057
E : Distribución de agua, saneamiento ambiental	70	159	490	648	6.490	7.208
F : Construcción	772	2.585	8.170	10.755	82.418	93.945
G : Comercio al por mayor y al por menor;vehículos	1.146	4.476	18.824	23.300	261.295	285.741
H : Transporte y almacenamiento	313	1.030	4.363	5.393	38.408	44.113
I : Alojamiento y servicios de comida	105	341	1.829	2.170	24.301	26.576
J : Información y comunicaciones	165	482	2.410	2.892	44.119	47.176
K : Actividades financieras y de seguros	621	861	2.068	2.930	29.463	33.013
L : Actividades inmobiliarias	541	2.261	6.828	9.088	48.468	58.098
M : Actividades profesionales, científicas y técnicas	333	1.491	8.380	9.871	141.863	152.067
N : Actividades de servicios administrativos y de apoyo	247	1.042	4.124	5.166	63.478	68.891
O : Administración pública y defensa;seguridad social	18	11	37	48	1.590	1.656
P : Educación	16	98	675	773	13.239	14.028
Q : Actividades de salud humana y asistencia social	169	565	2.432	2.997	29.830	32.997
R : Actividades artísticas, de entretenimiento	33	121	690	811	11.315	12.160
S : Otras actividades de servicios	130	82	507	589	13.779	14.497
T : Actividades hogares en calidad de empleadores	-	-	1	1	153	154
Z : Actividad no Homologada a CIIU V4	332	1.550	11.617	13.167	538.271	551.769
Total	6.793	21.459	87.761	109.220	1.504.329	1.620.342

Fuente: Estimación EA con base en Cifras Cámaras de Comercio y Confecámaras

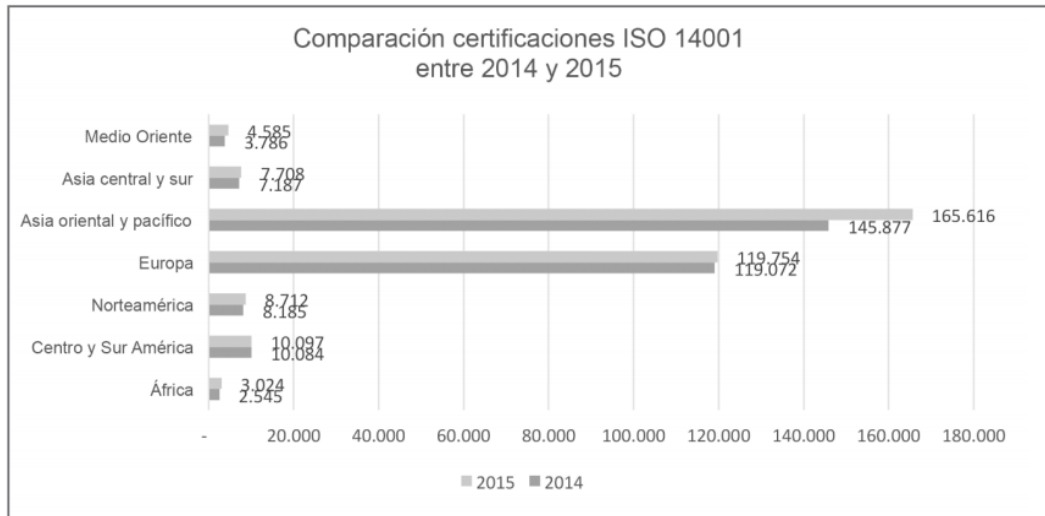
Economía Aplicada. (2019) Ilustración de empresas existentes en Colombia en el año 2018. Grafico 2.

Recuperado de: <http://economiaaplicada.co/index.php/10-noticias/1493-2019-cuantas-empresas-hay-en-colombia>

Considerando el estado actual de las Mipymes en el país, se busca que los niveles gerenciales de las empresas adopten el análisis propuesto tendiendo a la implementación de modelos de gestión ambiental efectivos. Desde el año 2015, la gestión ambiental ha avanzado en todos los países del mundo de acuerdo con el número de certificaciones ISO 14001 emitidas, con un equivalente de 324.148 alrededor del mundo (González, 2017).

Gráfico 3

Comparación certificaciones entre 2014 - 2015



Gonzalez Ortiz, Y., y Ramírez Moya, L. (2017). Ilustración relativa al número de certificaciones 14001 entre 2014 y 2015. 2018. Gráfico 3. Recuperado de: <https://sitios.vtte.utem.cl/rches/wp-content/uploads/sites/8/2018/07/revista-chilena-economia-sociedad-utem-vol11-n1-2017-Ortiz-Ramirez.pdf>

En Colombia durante los últimos años los sectores industria, comercio y servicios se esfuerzan por evitar que sus productos generen contaminación ambiental motivo por el cual en muchas empresas se han venido fortaleciendo constantemente los procesos de gestión ambiental. Según ANIF, las empresas que llevan la delantera en obtener una certificación ambiental en el país son de tamaño mediano sobre las pequeñas con un ocho por ciento para el sector industria y comercio con relación al dos por ciento del año anterior y para el sector servicios tres por ciento más bajo que en 2018 con un cuatro por ciento (Asociación Nacional de Instituciones Financieras [ANIF], 2019).

4. Metodología

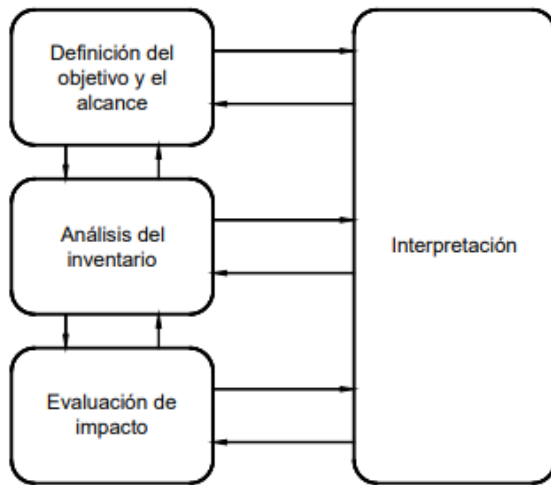
La metodología por utilizar en la presente investigación es de tipo cualitativo de carácter documental realizada por medio de la revisión secundaria de revistas especializadas, artículos científicos y páginas web que sirven como fuentes útiles para establecer los criterios de diseño de un modelo de gestión ambiental a partir de un análisis de ciclo de vida del producto teniendo en cuenta los principios de economía circular.

4.1 Diseño de un modelo de gestión ambiental a partir de un análisis de ciclo de vida del producto teniendo en cuenta los principios de economía circular.

Se propone un modelo de gestión ambiental que mediante la metodología de análisis de ciclo de vida de la norma ISO 14040:2006 y los principios de economía circular permita generar ingresos a las mipymes por medio de la eliminación y/o reducción de los impactos y externalidades negativas que afecten su organización. El modelo se divide en 4 fases de acuerdo a lo propuesto en la norma ISO 14040: objeto y alcance del estudio, análisis del inventario, análisis valor de carga ambiental, análisis del impacto e interpretación (ICONTEC, 2007) y los principios de economía circular.

Ilustración 1

Etapas de un análisis de ciclo de vida



Instituto Colombiano de Normas Tecnicas. (2007). Ilustración concerniente a las etapas de un analisis de ciclo de vida. Ilustración 1. Recuperado de: http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000127-a0991a28c5/NTC-ISO14040-2007%20Analisis_CicloVida.pdf

El análisis de ciclo de vida se desarrolla así: Como primera fase se define como objetivo garantizar la eficiencia de los procesos a partir de la reducción de los impactos ambientales negativos para conseguir mejoras desde el punto de vista economico, ambiental y operativo. El alcance para el presente proyecto es determinar que procesos unitarios de las mipymes del sector manufactura, servicios y comercio deberan incluirse dentro del análisis del ciclo de vida.

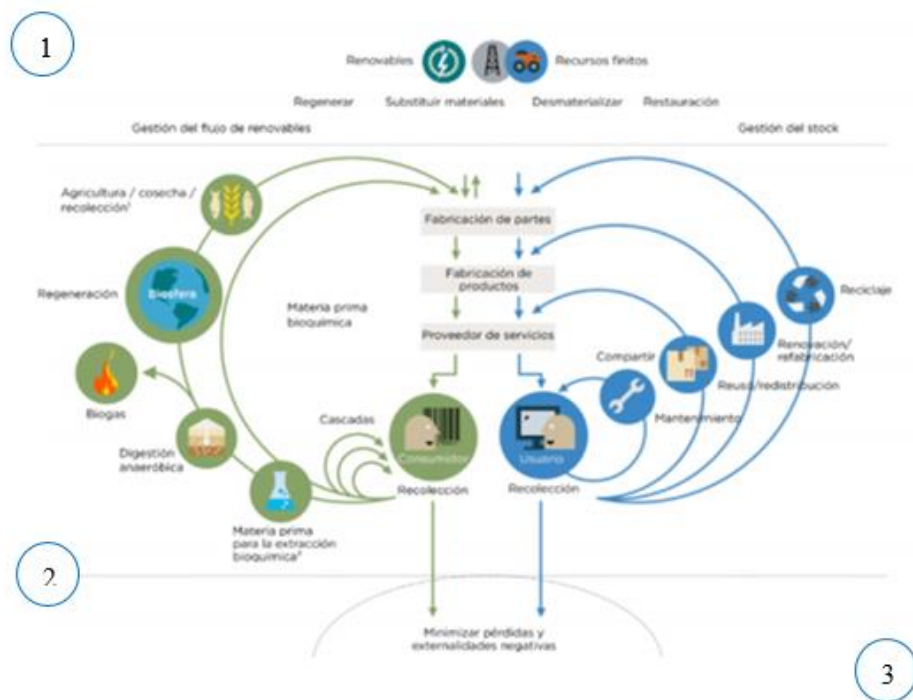
La siguiente fase corresponde al análisis de inventario en la cual se identifican los procesos de la empresa y la información acerca de los mismos respecto a su origen, tipo de contaminación y porcentaje de participación en el producto final.

La idea de este paso es determinar las entradas y salidas preferiblemente acumuladas del proceso para poder realizar un balance. En este punto es donde se integra el primer principio de economia circular que corresponde a Preservar y mejorar el capital natural, controlando los stocks y equilibrando los flujos de recursos renovables al modelo de gestión mediante la evaluación de la

cantidad de impactos ambientales que provienen de recursos renovables o de recursos finitos buscando que la cantidad de contaminante sea mas significativa en terminos de impacto ambiental negativo para procesos que utilicen materias primas nuevas provenientes de fuentes no renovables sobre las que generan impactos positivos como lo son procesos de reincorporación de materias primas con posible uso de fuentes renovables.

Gráfico 4

Representación gráfica del modelo de economía circular

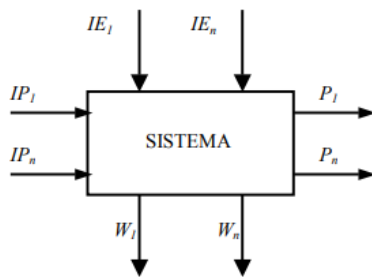


Foro de economía circular. (2017). Ilustración del proceso estratégico. Gráfico 4. Recuperado de: <https://foreconomiacircular.com/chile2018/la-economia-circular/>

Cada corriente de entrada del sistema se asocia a un ec-vector y se distribuye entre las corrientes de salida del sistema. El balance se da cuando los elementos del ec-vector se cierran de forma que la cantidad total de contaminante a la salida del proceso debe ser igual a la cantidad de contaminante de las corrientes de entrada más el que se genera en el mismo proceso.

Gráfico 5

Inventario o balance de carga ambiental de un proceso o producto



Capítulo 3: Metodología del análisis del ciclo de vida. (2017). Gráfico sistema genérico. Ilustración del proceso estratégico. Gráfico 4. Recuperado de: <https://foreconomiacircular.com/chile2018/la-economia-circular/>

Aplicando este esquema al proceso productivo de cada tipo de empresa en el diseño del modelo de gestión, se calcula el balance de carga ambiental global mediante la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=1}^n IPi v_{mIPi} + \sum_{i=1}^n IEi v_{eIEi} - \sum_{i=1}^n Wi v_{eWi} = \sum_{i=1}^n Piv_{ePi}$$

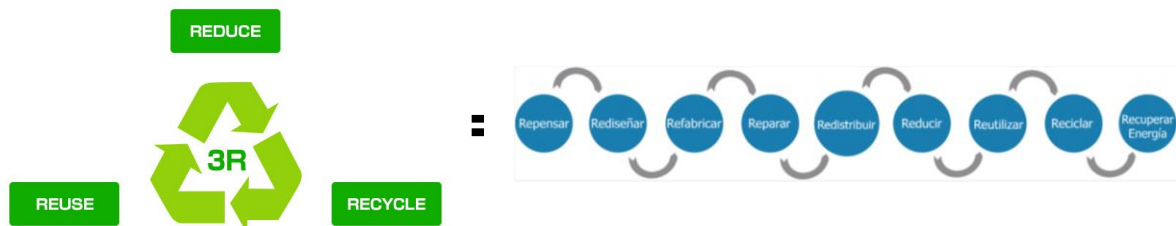
donde:

n son el número de entradas de materias primas y energía además del número de salidas de productos y residuos, IP_i son las entradas masicas, IE_i son las entradas energéticas, PI son las corrientes de salida (productos y subproductos), W_i son los residuos y $V_{m,e}$ son los ec-vectores másicos y energéticos de las corrientes.

La tercera etapa consiste en analizar el valor de la carga ambiental global del proceso desde el impacto que genera el producto en el proceso en el cual se debe contemplar el estudio de las 9R que desde el segundo principio de economía circular permite optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad para predecir las ganancias que va a generar el producto. Las 9R en economía circular consisten en cambiar la manera de pensar en cuanto al modelo de economía actual en el cual se resalta el uso de las 3R.

Gráfico 6

Estrategias de las 3R y concepto multi-R



Lasercat., y economiacircular. (n.d.). Gráfico 6. *Estrategias de las 3R y concepto multi-R*. Recuperado de: <https://www.lasercart.es/estrategia-de-las-3r-en-la-empresa-conoce-que-es-y-por-que-aplicarla/> y <http://economiacircular.org/>

El modelo propone una tabla que permitiera establecer el ahorro para la empresa si el producto es diseñado desde la lógica de la economía circular. Posteriormente se califica cada R con un porcentaje entre un cero y un diez por ciento de acuerdo con la implementación de la R lo que determinara el porcentaje de ahorro.

Tabla 2

Ahorro propuesto por aplicar las 9R de la economía circular

9R	Repensar	Reutilizar	Reparar	Restaurar	Remanufacturar	Reducir	Reproponer	Reciclar	Recuperar
	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Nota. Presentación de las 9R y el ahorro propuesto para las empresas que hagan esto durante su proceso productivo.

La cuarta etapa para diseñar el modelo de gestión ambiental es la evaluación del impacto del ciclo de vida consistente en determinar los aspectos significativos del proceso de producción aplicando el tercer principio de la economía circular que busca fomentar la eficacia del sistema revelando, eliminando o minimizando las externalidades negativas, lo que permite reducir el daño generado por la empresa al ecosistema y gestionar las externalidades negativas como la contaminación del aire, del agua, de la tierra y acústicas, el cambio climático o la emisión de sustancias tóxicas en un nivel mínimo.

Las externalidades negativas serán determinadas a través de una matriz causa-efecto que evalúa cualitativamente los impactos ambientales resultado del proceso en sus diferentes etapas.

Una vez determinados los impactos ambientales producidos durante el desarrollo del proceso, se plantean estrategias basadas en las 9R con el fin de minimizar las pérdidas. En el apéndice 1 se presenta una matriz de tipo causa – efecto, evaluando las externalidades negativas que afectan el proceso de cada clase de empresa a la que se va a aplicar el modelo. En esta matriz se relacionan las etapas del proceso productivo y/o de servicios desarrollados y la magnitud de los impactos generados, calificándolos como inaceptable, crítico o aceptable a fin de proponer el plan de acción con el objetivo de minimizar las pérdidas y maximizar las utilidades.

Para reducir las pérdidas e incrementar las utilidades para la empresa se propone un plan de eliminación de impactos a través de estrategias de economía circular, con el fin de transformar los gastos que generan los impactos indeseables o críticos, en oportunidades de crecimiento, rentabilidad y competencia.

En primer lugar, se establece cuáles son los impactos críticos e indeseables que la empresa tiene de acuerdo con la matriz causa – efecto. Establecido el número de impactos significativos, se procede a la formulación de indicadores teniendo en cuenta la medida de los flujos físicos de entrada y salida en la organización, incluyendo su cadena de valor. Los indicadores propuestos se establecen desde una escala puntual la cual se refiere a los impactos generados por la empresa de manera particular, local referido a los efectos generados por la actividad económica en el área de influencia y regional desde la afectación que los procesos de la empresa pueden generar a la sociedad y los ecosistemas con que interactúa (Grupo de Acción Economía Circular, 2009).

Los indicadores establecidos a partir de los impactos indeseables y críticos identificados en la matriz permiten hacer un análisis a estos aspectos negativos con el fin de establecer acciones de mejora. Los indicadores son propuestos desde la perspectiva de la economía circular con relación

al nivel de afectación del entorno puntual, local y regional de acuerdo con el proceso que se lleva a cabo para producir un bien o servicio en cada tipo de empresa.

Para determinar el estado de la empresa a nivel particular se proponen dos indicadores, el primero que permite comprobar la eficiencia en el uso de materias primas, aplicable al tipo de empresa en estudio, que se obtiene al calcular el porcentaje de materiales reciclados utilizados en el proceso productivo como materia prima incluyendo el agua; y el segundo que corresponde al ecodiseño de productos y servicios que varía acorde al tipo de empresa que se aplica, así, en la empresa objeto de estudio del sector industria lo define la tasa de remanufactura de los productos.

Para determinar el estado de la empresa a nivel local acorde a su área de influencia, se definen tres indicadores: El primero que señala la extensión de la vida útil de los productos, su reutilización y/o reparación, el cual se obtiene al calcular el porcentaje de productos reparados o reutilizados vendidos frente a los productos nuevos; el segundo, que establece la cadena de valor circular, obteniéndose de conocer el número de materias primas de fuentes renovables en la composición de los productos vendidos y finalmente la simbiosis industrial que se evidencia al calcular el volumen de aguas residuales tratadas reutilizadas.

Y por último para establecer el estado de la empresa a nivel regional, acorde a la ciudad o región donde se encuentra localizada la empresa, se proponen los indicadores promoción de la producción y el consumo responsable calculando el total de acciones realizadas por la empresa para impulsar la economía circular, el análisis de ciclo de vida y los créditos de carbono y por otra parte se encuentra el indicador asociado con la economía circular y el negocio teniendo en cuenta la inversión y el ahorro de costes que se obtiene por la incorporación de residuos al proceso

productivo. Como guía de análisis se presenta la ficha correspondiente a este indicador (Apéndice 2).

La ficha permite establecer cuál es el costo del ahorro al aplicar este indicador que me va a permitir reducir el impacto significativo en la empresa a través del cálculo del porcentaje de residuos incorporados al proceso.

5. Resultados

La aplicación del modelo de gestión ambiental se da de manera hipotética en una empresa de manufactura de productos en acero del sector mipymes.

1. Se define el objetivo y el alcance del modelo

Objetivo: Aumentar la efectividad de los procesos de la empresa mediante la implementación del modelo de gestión ambiental con enfoque de economía circular.

Alcance: Implementar el modelo de gestión ambiental en la mipyme manufactura localizada en Bogotá barrio X durante el año 2021.

2. Análisis de inventario de ciclo de vida

Se determinan las etapas del proceso productivo de la industria de productos de acero las cuales son a) adquisición de materias primas, b) producción y c) comercialización. En el proceso de adquisición de materias primas se inicia con el cálculo del ec - vector masa V_m y del ec – vector energía V_m los cuales corresponden a los contaminantes generados por los materiales y la energía que se utiliza en la manufactura del producto, en este caso el acero.

$$\begin{aligned} V_m &= [\text{Materia prima no renovable (Hierro - Carbono)} \\ &\quad + \text{Emisiones atmosféricas} + \text{Residuos Sólidos} + \text{Aguas Residuales}] \\ &= 100 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 50 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 3 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 1728000 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ &= 1728153 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &= [\text{Materia prima no renovable (Hierro)} \\ &\quad + \text{Materia prima no renovable carbono (Carbono)} \\ &\quad + \text{Aguas Residuales}] \\ &= 300 \frac{\text{kw}}{\text{d}} + 6,72 \frac{\text{kw}}{\text{d}} + 100 \frac{\text{kw}}{\text{d}} \\ &= 406,72 \frac{\text{kw}}{\text{d}} \end{aligned}$$

Vectores V_e y V_m que servirán para saber los tipos de impacto ambiental que son utilizados en la matriz.

3. La tercera etapa consiste en analizar el valor de la carga ambiental global del proceso desde el impacto que genera el producto en el proceso mediante el análisis de las 9R el cual determina en porcentaje que cantidad de producto es reincorporarle al ciclo biológico o técnico de

la economía circular y como este porcentaje influye en la reducción de los costos fijos y variables que reporta la organización.

4. La cuarta y última etapa establece el proceso de evaluación del impacto ambiental significativo. En esta etapa a partir de la evaluación de inventario y el análisis de las 9R, se realiza la matriz de tipo causa-efecto presentada en el apéndice 1 con el fin de evaluar las externalidades negativas que afectan el proceso de la empresa a la que se va a aplicar el modelo.

En esta matriz se relacionan las etapas del proceso productivo y/o de servicios desarrollados y la magnitud de los impactos generados, calificándolos como inaceptable, crítico o aceptable a fin de proponer el plan de acción con el objetivo de minimizar las pérdidas y maximizar las utilidades.

Para reducir las pérdidas e incrementar las utilidades para la empresa se propone un plan de eliminación de impactos negativos a través de estrategias de economía circular, con el fin de transformar los gastos que generan los impactos indeseables o críticos, en oportunidades de crecimiento, rentabilidad y competencia.

Tabla 3

Porcentaje de residuos incorporados al proceso

Volumen de residuos (Kg)			
Mes	Vol clasificado	Vol producido	Porcentaj e
Ene	5	10	50%

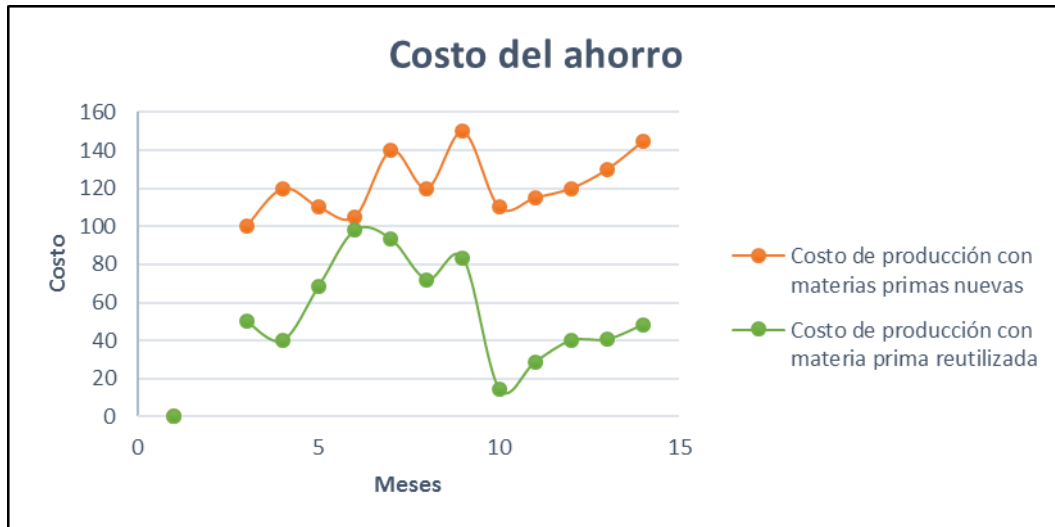
Feb	7	10,5	67%
Mar	3	8	38%
Abr	1	15	7%
May	6	18	33%
Jun	2	5	40%
Jul	4	9	44%
Ago	13	15	87%
Sep	15	20	75%
Oct	10	15	67%
Nov	11	16	69%
Dic	12	18	67%

Nota: La tabla señala los porcentajes correspondientes al volumen de residuos incorporados al proceso en un año.

Esta tabla sirve de insumo importante para el cálculo del ahorro de producir con materias primas nuevas o reutilizadas esto con el fin de reducir el impacto más crítico de la matriz.

Gráfico 7

Costo del ahorro



Nota: El grafico compara el costo de producción de un bien o servicio con utilización de materias primas nuevas y con materias primas reutilizadas.

6. Análisis de Resultados

A partir de la matriz causa – efecto de cada tipo de empresa se establecen las evaluaciones de los impactos indeseables y críticos generados durante las etapas del proceso. Esta calificación se asocia con un aspecto ambiental al cual la empresa puede dirigir sus acciones dentro del plan de mitigación.

Para determinar la efectividad del plan de acción se propusieron varios indicadores entre estos el de Ahorro de costes por la incorporación de residuos al proceso productivo, el cual fue trabajado con base en el volumen de residuos incorporados en el proceso con respecto al volumen de residuos clasificados, procedimiento que consolidado respecto a toda la vigencia determina el ahorro efectivo alcanzado durante dicho periodo.

Los resultados obtenidos durante el periodo claramente determinan el beneficio de utilizar materias primas provenientes de recursos renovables en los procesos productivos pues con un porcentaje mínimo o un porcentaje de material utilizado siempre se obtendrá una ganancia. Por tanto, a mayor cantidad de material proveniente de recursos renovables que se utilice en proporción directa se obtendrán mayores ganancias, adicional al beneficio ambiental y social generado.

7. Conclusiones y Recomendaciones

El diseño propuesto de modelo de gestión ambiental mediante análisis de ciclo de vida basado en los principios de economía circular para micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes), permite generar mayor conciencia en los microempresarios del país para aceptar e implementar el modelo al interior de sus empresas, haciéndolo parte de los procesos para el logro de mayor rendimiento en sus ingresos y mejores beneficios en la utilización y disposición de sus productos.

Una vez planteada la metodología adecuada para desarrollar un modelo de gestión ambiental aplicable a las Mipymes es recomendable socializarlo a todo el país, lo cual causa beneficio económico y social por ser factor de mejoramiento económico.

La metodología planteada sobre los principios de economía circular determina la posibilidad de revisar los procesos productivos de las empresas micro, pequeñas y medianas desde la perspectiva de la efectiva gestión ambiental, lo cual hace parte del producto y genera utilidad a la industria.

Es recomendable socializar a futuro lo positivo del modelo propuesto, en contacto con gerentes, empresarios de Mipymes debe socializarse lo positivo del modelo, a ser ejemplo de

progreso económico la aplicación del modelo de gestión ambiental basado en el ciclo de vida del producto, lo cual se refleja en los estados financieros de la empresa. El modelo es factible, el presupuesto de la empresa se optimiza.

Bibliografía

Arroyo Morocho, F.R. (2018). La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *Revista mensual de la UIDE extensión Guayaquil*, 3(12), 78 – 98.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6828555.pdf>

Asociación Nacional de Instituciones Financieras. (2019). *La Gran Encuesta PYME - Lectura Nacional*. [https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/24065/Anif-GEP-](https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/24065/Anif-GEP-Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/24065/Anif-GEP-Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Alzate-Ibáñez, A., Ramírez Ríos, J., y Alzate-Ibáñez. (2018). Modelo de gestión ambiental ISO 14001: Evolución y aporte a la sostenibilidad organizacional. *Revista Chilena de economía y sociedad*, 75 – 85. <https://sitios.vtte.utem.cl/rches/wp-content/uploads/sites/8/2018/07/revista-CHES-vol12-n1-2018-A.Alzate-Iban%CC%83ez-Ramirez-S.Alzate-Iban%CC%83ez.pdf>

Balboa, C., y Domínguez Somonte, M. (2013, noviembre 21). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3.

http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/71/85

Capítulo 3. Metodología del análisis del ciclo de vida. (n.d.).

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6827/04CAPITOL3.pdf>

Economía aplicada. (2019). *2019: ¿Cuántas empresas hay en Colombia?*.

<http://economiaaplicada.co/index.php/10-noticias/1493-2019-cuantas-empresas-hay-en-colombia>

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. (n.d.). *Economía circular*.

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/escuelas-de-pensamiento>

Ezpeleta Lascurain, I., Justel Lozano, D., Zubelzu Lacunza, J., y Bereau, M. (2019, marzo 10 - 12).

Identification of key aspects of circular economy for inclusión in life cycle design [23rd International Congress on Project Management and Engineering]. Málaga.

EY. (2015). *¿Cómo pueden contribuir las empresas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible?*.

2015 Mancera S.C. Integrante de Ernst & Young Global Derechos Reservados.

<http://www.andi.com.co/Uploads/C%C3%B3mo%20pueden%20contribuir%20las%20empresas%20a%20los%20ODS.pdf>

Godas, I. (2006). El ciclo de vida del producto. *Gestión farmacéutica*, 25 (8), 110 – 115.

<https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13094134>

Gonzalez Ortiz, Y., y Ramírez Moya, L. (2017). Avances de las certificaciones ISO 9001 e ISO

14001 en Colombia. *Revista chilena de economía y sociedad*. 40 – 53.

<https://sitios.vtte.utem.cl/rches/wp-content/uploads/sites/8/2018/07/revista-chilena-economia-sociedad-utem-vol11-n1-2017-Ortiz-Ramirez.pdf>

Grupo de Acción Economía Circular. (2019). *La medición de la economía circular*.

https://www.cite.auckland.ac.nz/2_8_5.html

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2007). *Gestión Ambiental – Análisis de ciclo de vida*.

(Segunda actualización)

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2015). Sistemas de gestión ambiental. (Segunda actualización).

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2019). *Decreto 957 de 5 junio de 2019*. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/555adb9d-8a48-45f3-a2a5-1ee9b35b2d09/Decreto-957-Por-el-cual-se-adiciona-el-capitulo-13.aspx>

Noticias ONU. (2018). *¿Qué es la economía circular y como se cuida el medio ambiente?*. <https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801>

Prado Román, C., Blanco Gonzalez, A., y Díez Martín, Francisco. (2011). Hacia un nuevo modelo de gestión ambiental. *Observatorio Medioambiental*, 14, 69-91. <https://core.ac.uk/download/pdf/38809288.pdf>

Portafolio. (2019). *Mipymes son la fuente de empleo de más de 16 millones de colombianos*. Portafolio. <https://www.portafolio.co/economia/mipymes-son-la-fuente-de-empleo-de-mas-de-16-millones-de-colombianos-533962>

Sánchez, E. (2015). Ciclo de vida de producto. *Anuario del Centro de la Universidad Nacional de Educación a Distancia en Calatayud*, 21, 207 – 227

Luisa Fernanda Fierro Hernández

PNUMA. (2004). *¿Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida?*.

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1731Why_take_a_life_cycle_approach_ES.pdf

Abreviaciones

MIPYME: Micro, Pequeña y Mediana Empresa

ANIF: *Asociación Nacional de Instituciones Financieras*

3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar

9R: Repensar, Reutilizar, Reparar, Restaurar, Remanufacturar, Reducir, Re-proponer, Reciclar y Recuperar.

MSME: Micro, Small and Medium Enterprises

LCA: Life-Cycle Analysis

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

Apéndice 1

Matriz causa - efecto					
Externalidades negativas para empresa de manufactura					
Impacto Ambiental	Etapas del proceso	Adquisición de materias primas	Contratación personal	Etapa productiva	Entrega del producto al cliente
	AIRE	Generación de Contaminación del aire	C	C	A
SUELO	Contaminación del suelo	A	A	A	A
	Sobreexplotación del	A	A	A	A
	Cambio en el uso del	A	A	A	A
AGUA	Consumo de agua	A	C	C	C
	Contaminación del agua	A	A	A	A
RUIDO	Contaminación sonora	A	A	A	C
ENERGIA	Consumo de energía	C	C	I	I
RESIDUOS	Generación de residuos	C	C	I	I
	Generación de RESPEL	C	C	A	C

Calificación de impacto: I: Inaceptable C: Critico A:Aceptable

Apéndices 2

Ficha de oportunidad de mejora													
Objeto	Disminuir la generación de residuos generada en la etapa de entrega del producto al cliente en la empresa XXX del sector industrial.												
Nombre del Indicador							Formula				Meta		
Ahorro de costes por la incorporación de residuos al proceso productivo							Volumen de residuos incorporados al proceso /Volumen de Residuos clasificados				Optimo	50%	
											Tolerable	40%	
											Deficiente	25%	
Item	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Porcentaje de residuos incorporados	50%	67%	38%	7%	33%	40%	44%	87%	75%	67%	69%	67%	
Costo de produccion con materias primas nuevas	100	120	110	105	140	120	150	110	115	120	130	145	
Costo de ahorro de la materia prima incorporada	50	80	41,25	7	46,6666667	48	66,6666667	95,3333333	86,25	80	89,375	96,6666667	
Costo de producción con materia prima reutilizada	50	40	69	98	93	72	83	15	29	40	41	48	

Costo del ahorro

Mes	Costo de producción con materias primas nuevas	Costo de producción con materia prima reutilizada
1	100	50
2	120	40
3	110	69
4	105	98
5	140	93
6	120	72
7	150	83
8	110	15
9	150	29
10	110	40
11	115	41
12	120	48
13	130	
14	145	