

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Green Manufacturing: Modelo para la mejora de la sostenibilidad en las industrias no primarias del sector manufacturero peruano

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLERA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUTORA:

Patricia Gianella Sánchez Huallpa

ASESOR:

Ing. César Augusto Corrales Riveros

Lima, enero, 2021

Resumen

Los temas medioambientales y de sostenibilidad actualmente son fundamentales en las estrategias como respuesta al deterioro en el entorno ambiental. Empresas de industrias tales como las de textilera y construcción aplican el modelo Green Manufacturing con el objetivo de minimizar el daño ambiental y ofrecer productos ambientalmente responsables. Por otro lado, en el Perú, gran parte de la contribución al PBI proviene del sector manufacturero, compuesto por los subsectores primarios y no primarios, siendo estos los de mayor consumo de recursos y emisión de residuos industriales. Asimismo, según el índice de Desempeño Ambiental (EPI, por sus siglas en inglés), durante el período 2019, el Perú obtuvo un índice de 44 ocupando el puesto 22 a nivel de América Latina. Esto muestra que los esfuerzos realizados por las entidades correspondientes para fomentar prácticas medioambientales no son suficientes, y aún existen deficiencias en el proceso para lograrlo. Por ello, el objetivo del presente trabajo es introducir Green Manufacturing como alternativa para las empresas del sector no primario buscando la mejora de sus procesos en términos de reducir sus impactos medioambientales y del surgimiento de la sostenibilidad como parte de sus estrategias. A partir de este trabajo, se puede concluir que, al ser un modelo nuevo en el Perú, el Green Manufacturing presenta limitantes como los cambios en la tecnología que este exige, y que se ve perjudicado porque la mayoría de la industria no primaria peruana está compuesta por medianas y pequeñas empresas que realizan procesos manuales o semi-automatizados. Por esa razón, su aplicación debe ser complementada por el Lean Manufacturing, una filosofía que ha tenido éxito en MYPES peruanas y que además comparte objetivos con el Green Manufacturing en el sentido de mejorar el rendimiento, la calidad del producto y reducir desperdicios creando valor.

Índice

Índice de figuras	iii
Índice de tablas	iv
Capítulo 1: Introducción	1
Capítulo 2: Green Manufacturing	4
2.1. Principios del Green Manufacturing	5
2.2. Herramientas del Green Manufacturing	6
2.2.1. Análisis del ciclo de vida	6
2.2.2. Green Design	10
Capítulo 3: Casos de aplicación de Green Manufacturing	21
3.1. Green Manufacturing aplicado al sector moda	21
3.1.1. Green design en Borbonose	21
3.1.2. Análisis de ciclo de vida (ACV) en Borbonose	23
3.2. Green Manufacturing aplicado al sector automotriz	23
Capítulo 4: Realidad nacional	26
4.1. Plan Nacional Ambiental del Sector Manufacturero	28
4.1.1. Fortalecimiento del Sistema de Gestión Ambiental	29
4.1.2. Facilitación de la Adecuación Ambiental de las Mypes	30
4.1.3. Descentralización de la Gestión ambiental	31
4.1.4. Capacitación, Comunicación y Difusión Ambiental	32
4.2. Huella de Carbono Perú	32
Capítulo 5: Green Manufacturing aplicado a Perú	38
Capítulo 6: Conclusiones	42
Bibliografía	43

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de implementación de Green Design	17
Figura 2. Modelo de llavero Borbonese.....	22
Figura 3. Modelo de llavero Borbonese.....	22
Figura 4. Nono, el oso de la huella de carbono	35
Figura 5. Emisiones de inscritos en “Huella de Carbono Perú” del sector manufactura en los últimos 5 años.....	37
Figura 6. Indicadores de economiverde.pe	39
Figura 7. Modelo Lean-Green Manufacturing	41



Índice de tablas

Tabla 1 Proyectos disponibles para neutralización de emisiones de GEI	34
Tabla 2 Lista de inscritos del sector manufactura en plataforma “Huella de carbono”	36



Capítulo 1: Introducción

Durante los últimos años, el aumento de la presencia de problemas que impactan gravemente al entorno ambiental ha sido notable, pero a la vez se han incrementado los esfuerzos para contrarrestar los efectos producto de los residuos generados por la realización de actividades cotidianas. Según Urieta y Córdoba (2016), dichos esfuerzos se concentran principalmente en fomentar la participación de la sociedad en búsqueda de soluciones que favorezcan un comportamiento sostenible, incluyendo también a las actividades desempeñadas por las diversas industrias como la manufacturera, las cuales, por su alto impacto debido al consumo excesivo de recursos y emisión de residuos, han explorado diferentes alternativas para alcanzar un equilibrio entre sus operaciones y su desempeño ambiental. Es así que, en la búsqueda de mejorar la sostenibilidad, las empresas del sector manufacturero alrededor del mundo han adoptado exitosamente el modelo Green Manufacturing, que, en base a Leong, Lam, Ng, Lim, Tan y Ponnambalam (2019), tiene como finalidad minimizar su impacto ambiental y asimismo maximizar la eficiencia de recursos durante el ciclo de vida de su producción industrial. Así como en la mayoría de países, en el Perú la industria manufacturera juega un papel importante en la mejora de la sostenibilidad al ser una fuente fundamental a la contribución de la situación económica, por su aporte al PBI del país y la generación de empleos. Debido a esto, el presente trabajo de investigación propone una adaptación del modelo Green Manufacturing al contexto actual de la industria manufacturera en vista de no solo impactar positivamente en el ámbito económico, sino también de localizar al sector como agente de mejora de la calidad de vida de la ciudadanía de manera sostenible.

Para Leong et al. (2019), las ventajas que involucran la globalización y la apertura a nuevos mercados han llevado a las industrias manufactureras a buscar formas de aumentar su

competitividad mediante la implementación de programas que les permitan mejorar la eficiencia en su producción y la adopción de filosofías como Lean Manufacturing para alcanzar una mejor posición en el mercado global y obtener una ventaja competitiva. Sin embargo, ser partícipes de dicho mercado ha llevado a la industria manufacturera a enfrentar nuevos desafíos impuestos por la presión de las partes interesadas conocidas como *stakeholders* (es decir, clientes, gobierno, sociedad, proveedores y autoridades regulatorias) para integrar factores ambientales y sociales en la manufactura, impulsando un cambio fundamental del paradigma de lo que significa la fabricación en la industria manufacturera. Dicho cambio, según Sezen y Çankaya (2013), consiste en asociar la fabricación con el término “sostenibilidad”. La sostenibilidad ha ganado importancia como uno de los aspectos principales en la toma de decisiones estratégicas en la gestión, fabricación y desarrollo de productos en las empresas y ha surgido como una respuesta de mitigación ante el agotamiento rápido de recursos naturales, la inestabilidad en los precios de energéticos convencionales, de las materias primas y el declive en la estabilidad del medio ambiente. La sostenibilidad es una práctica de valor indiscutible a nivel global; sin embargo, en la industria manufacturera no ha sido considerada como esencial. La idea de entregar un producto valioso y que genere beneficio al cliente ha dejado de lado el cuestionarse el impacto que traerá este al medio ambiente, ya sea en el diseño, la elección de componentes, el proceso de elaboración y los residuos generados en este.

De acuerdo con Loayza y Silva (2013), una manufactura sostenible se enfoca en evolucionar para satisfacer las necesidades principales de la población donde se desempeña la empresa para elevar su calidad de vida mediante la utilización responsable y racional de recursos naturales, motivando su conservación, recuperación y mejoramiento de tal forma que las futuras generaciones no se vean comprometidas ni afectadas por dicha evolución. Según Rachuri, Sriram

y Sarkar (2009), existen tres pilares de la sostenibilidad, los cuales se orientan en lo económico, lo social y lo ambiental. Asimismo, Baque, Mera y Herrera (2018) consideran que una empresa manufacturera debe ser manejada bajo dichos enfoques para medir el impacto de sus productos y también bajo un sistema de sostenibilidad, para lo cual el uso de indicadores resulta importante en la conversión a la práctica de los objetivos teóricos de desarrollo sostenible propuestos con la finalidad de monitorear el progreso del desempeño en el tiempo en los enfoques económicos, sociales y medio ambientales.



Capítulo 2: Green Manufacturing

Según Leong et al. (2019), el término Green Manufacturing fue introducido a inicios de los años 1900 con el surgimiento de la eco-innovación: un método de producción que resulta en la reducción del riesgo ambiental y otros impactos negativos generados por la utilización de recursos. Desde ese entonces, sus definiciones han ido variando a lo largo del tiempo conforme se incluían nuevos elementos como respuesta a lo que ocurría en el entorno, a pesar de ello ha mantenido su enfoque principal, el cual consiste en la reducción del impacto ambiental a lo largo del proceso de elaboración de un producto. Pang y Zhang (2019) mencionan que el sistema Green Manufacturing posee dos perspectivas: la primera en un sentido estricto, el cual se refiere a la manufactura de productos “verdes”, la cual según Paul, Bhole y Chaudhari (2014) involucra desde su desarrollo hasta la gestión de su ciclo de vida utilizando prácticas medioambientales como diseño ecológico, equipos de tecnología y producción limpia, reciclaje y reutilización; mientras que la segunda se refiere a un sentido amplio, el cual consiste en convertir la manufactura propiamente dicha en “verde” mediante la reducción de desperdicios y ahorro de recursos. Las investigaciones hechas hacen mención del Green Manufacturing principalmente en el sentido amplio; sin embargo, los productos “verdes” terminan siendo parte de la manufactura “verde”. Es por esta razón que Inman y Green (2018) resumen Green Manufacturing como un sistema que involucra procesos, prácticas y técnicas que resultan en costo bajos y una mayor productividad al exigir un eco-diseño, menor consumo de energía y material, reducción de desechos a través de la reutilización y reciclaje, y principalmente previniendo la contaminación. Además, es considerado como clave para alcanzar la sostenibilidad según la “línea de triple beneficio” (*triple bottom line*), es decir, en los aspectos de responsabilidad económica, social y ambiental. Esto también es mencionado por Leong et al. (2019) al constatar que, según Sezen y Çankaya (2013), el Green Manufacturing puede ocasionar

la mejora en el desempeño económico, social y ambiental a través de la reducción de residuos y costos: el desempeño económico incluye el crecimiento de los ingresos, la participación en el mercado y el aumento de la productividad. Al desarrollar un enfoque sostenible, se pueden ahorrar costos internos, aperturar nuevos mercados y encontrar un uso beneficioso a los desechos. La adopción del Green Manufacturing puede tener un efecto positivo en los costos al reducir los de tratamiento y descarga de residuos. Asimismo, mejora la imagen corporativa y también la ventaja corporativa. Por otro lado, el desempeño ambiental se relaciona con el impacto ambiental en el entorno producto de las actividades desarrolladas por una empresa. Una mejora en este desempeño incluye la reducción de desechos, emisiones, recursos y consumo de materiales dañinos o tóxicos. Por último, el desempeño social se relaciona con cuatro elementos: empleo, relaciones comunitarias, abastecimiento ético e impacto social del producto. Una mejora en este desempeño incluye la reducción de la frecuencia de accidentes ambientales y la protección de salud de los empleados y la comunidad.

2.1. Principios del Green Manufacturing

Para lograr los desempeños mencionados es importante establecer el enfoque conveniente para la aplicación de un sistema capaz de incorporar la sostenibilidad. Debido a esto, Leong et al. (2019) por medio de Helu y Dornfield (2013), presenta los cinco principios del Green Manufacturing, los cuales serán explicados a continuación:

- Principio 1: Un sistema integrado debe ser utilizado como medio para evaluar y mejorar el proceso de fabricación desde una perspectiva “verde”.
- Principio 2: El sistema debe ser aplicado completamente tanto en la dirección vertical como en la horizontal.

- Principio 3: Las entradas y salidas nocivas del sistema para el medio ambiente y los seres humanos deben ser reducidos o eliminados.
- Principio 4: El uso completo de recursos debe ser reducido.
- Principio 5: Los efectos temporales en el sistema siempre deben ser considerados.

El principio 1 toma en cuenta el impacto ambiental. En el principio 2, el término vertical se refiere al nivel de detalle importante para determinar el impacto ambiental. Para el principio 3, identificar las entradas y salidas dañinas en el proceso permitirá reemplazar los materiales por aquellos que tengan un impacto menor, a través de reciclaje, reutilización y re manufactura. Bajo una perspectiva ideal, según el principio 4, los recursos deben reducirse a cero. Esta medida, además de ser imposible, puede ser considerada ineficiente para minimizar el impacto ambiental. Por último, en el principio 5, el término temporal considera desde la etapa de diseño para mejorar la posibilidad de alternativas que permitan la reducción de su efecto en el futuro.

2.2. Herramientas del Green Manufacturing

2.2.1. Análisis del ciclo de vida

Según Elias, Cerqueira de Sousa Gouveia Carvalho, Azevedo Rodrigues Gomes y Ferreira Dias Barbosa-Povoa (2020), el análisis de ciclo de vida (ACV) es una metodología que hace referencia al ciclo completo del producto o servicio, desde la extracción de materia prima pasando por su producción, envasado, tratamiento, reciclaje, hasta la eliminación del producto cuando llega a agotarse su vida útil. Asimismo, Vattamparambil y Satheesan (2020) señalan que el producto o servicio interactúa con el medio ambiente durante su ciclo de vida al consumir recursos naturales que emiten contaminantes potencialmente. A través del ACV, dichas interacciones y sus posibles impactos ambientales son descritos. Una organización que se encuentra en la búsqueda del logro del desarrollo sostenible puede aplicar la metodología ACV de la mano de otras herramientas

enfocadas en la gestión ambiental. Brondani, de Oliveira, Mayer y Hoffman (2019) añaden que también es útil para la selección de indicadores ambientales que sirven como medios de evaluación del desempeño de un sistema Green Manufacturing.

Desde la década de 1990, la Organización Internacional de Estandarización conocida como ISO por sus siglas en inglés, ha sido responsable de la estandarización de la metodología ACV. Como parte de dicha estandarización, el procedimiento de evaluación ha sido dividido en cuatro fases distintas, las cuales serán explicadas a continuación:

1. Definición de objetivos y alcance

Esta etapa, según Feijoo y Moreira (2020), incluye la definición adecuada de los objetivos y alcances mediante la determinación del sistema a estudiar y sus límites y, por último, su unidad funcional. El objetivo del ACV debe expresarse de manera directa, no solo en términos de que es lo que se quiere lograr, sino también en términos de las razones de ejecución del análisis.

- a) Definición del sistema y función del sistema: Para definir correctamente el alcance, se deben especificar el sistema o los sistemas a estudiar. Esto es clave en los análisis de vida ya que sirve como referencia para el cálculo de consumo de materia y energía y, por lo tanto, los impactos finales asociados.
- b) Especificación de los límites del sistema: Los límites del sistema son criterios que especifican las unidades funcionales que forman parte del sistema del producto. Algunos de estos pueden ser límites geográficos y temporales.
- c) Definición de la unidad funcional: Es importante que para esta definición se conozcan las funciones del producto o servicio y sus importantes, ya que según esto se seleccionará aquella más relevante. En la selección también influyen el objetivo y el alcance del estudio.

Por lo general, las unidades funcionales suelen ser de un tipo físico para las que se consideran todas las entradas y salidas del sistema. Un ejemplo de unidad funcional en la industria del polímero podría ser 100 kg de polímero.

2. Análisis de inventario

El inventario del ciclo de vida o también LCI por sus siglas en inglés está basado en los datos de entrada y salida para cuantificar la energía, los materiales utilizados, las emisiones de aire y agua, los residuos sólidos y otros tipos de vertidos durante el ciclo de vida completo de un producto. De acuerdo a esto, el inventario empieza con las materias primas y finaliza con la gestión final de los residuos del producto. Los pasos que conforman el inventario de ciclo de vida son los siguientes:

- Construir el diagrama de flujo según los límites establecidos en la primera etapa
- Recolectar los datos cuantitativos de las actividades que forman parte del sistema de producción
- Calcular las cargas ambientales pertenecientes a la unidad funcional
- Convertir los datos en términos de unidades
- Realizar el balance de material para la determinación de la interrelación de entradas y salidas
- Cuantificar los flujos de salida del sistema al medio ambiente
- Realizar el inventario global
- Documentar los cálculos

3. Evaluación del impacto

La tercera etapa del análisis del ciclo de vida es la evaluación del impacto del ciclo de vida o también conocido como LCIA por sus siglas en inglés. Mediante esta evaluación se define la

relación entre los aspectos ambientales y las categorías de impacto definidas. Los componentes de esta etapa incluyen los siguientes pasos:

- a) Selección de las categorías ambientales: Para la evaluación del impacto del ciclo de vida se poseen diferentes metodologías donde cada una de las cuales establece una serie de categorías ambientales a analizar, como, por ejemplo, calentamiento global, acidificación, toxicidad, etc.
- b) Clasificación: En la clasificación se asignan las cargas ambientales de todos los datos del inventario a las categorías previamente seleccionadas según las consecuencias ambientales de la carga ambiental, es decir, de las sustancias consumidas o emitidas.
- c) Caracterización: Este paso implica la aplicación de modelos con la finalidad de obtener un indicador ambiental en cada una de las categorías de impacto, uniformando a una única unidad de referencia para todas las sustancias clasificadas que son partes de las categorías mediante el uso de factores de peso o equivalencia.
- d) Normalización: Se establecen pesos en cada categoría para la evaluación del perfil ambiental generado en los pasos anteriores. Con esto se logra que las categorías puedan ser comparadas entre ellas.
- e) Valoración o ponderación: En este paso se permite determinar de manera cualitativa o cuantitativa la importancia de las distintas categorías de impacto con el fin de obtener un resultado único e índice ambiental.

4. Interpretación de resultados

Este paso constituye el último del análisis de ciclo de vida. En esta fase, se es posible evaluar los hallazgos en términos de precisión e integridad y permite examinar los resultados obtenidos

para el planteamiento de conclusiones y recomendaciones sobre la reducción de impactos ambientales.

2.2.2. Green Design

Según Leong et al. (2019), el Green Design o también conocido como DfE (*design of environment*) por sus siglas en inglés se introduce como una herramienta para incluir el elemento “verde” en el proceso de diseño basado en el impacto ambiental que causa durante todo su ciclo de vida. Debido al problema causado por el impacto ambiental, Vattamparambil y Satheesan (2020) indican que los diseñadores deben innovar al momento de planificar un producto con la finalidad de reducir las huellas ambientales causadas por la forma en como se ha diseñado. Según Ulrich, Eppinger y Yan g (2012), los impactos ambientales se dividen en dos categorías: energía y materiales, ambos son elementos críticos debido a sus efectos. Abordar el tema de la energía significa desarrollar productos que consuman menos energía o que usen fuente renovable, mientras que el tema de los materiales resulta ser más dificultoso, por ello, se deben elegir los correctos para asegurar que el producto pueda ser reciclado. A continuación, se explican algunos de los impactos ambientales derivados del sector manufactura:

- Calentamiento global: Este efecto se acelera con el pasar de los años debido a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), clorofluorocarbonos (CFC), partículas de carbono negro y óxidos de nitrógeno (NO_x), durante el proceso de elaboración de un producto y por el desecho del mismo. Dichas emisiones han generado el aumento gradual de la temperatura en la tierra como resultado de la acumulación de gases de efecto invernadero.

- Agotamiento de recursos: La mayor parte de las materias primas usadas en la elaboración de un producto, tales como el hierro, el gas, el petróleo y el carbón, no son renovables y sus fuentes de suministro son limitadas.
- Generación de residuos sólidos: Durante su ciclo de vida, los productos generan residuos sólidos. Algunos son reciclados; sin embargo, la mayoría es desechada a vertederos o incineradores. Los primeros crean concentraciones de sustancias tóxicas al generar gas metano (CH₄) y liberar contaminantes al agua subterránea, mientras que en los incineradores se genera contaminación al aire por las cenizas tóxicas.
- Contaminación del agua: Las fuentes más comunes de contaminación del agua provienen de la descarga de los procesos industriales, siendo estos los metales pesados, fertilizantes, solventes, aceites, ácidos y sólidos en suspensión. Estos contaminan el agua subterránea, el agua potable y los ecosistemas frágiles.
- Contaminación del aire: Las fuentes de contaminación de aire más comunes provienen de la emisión de gases de las fábricas, de las plantas generadoras de energía y de los incineradores. Los contaminantes típicos suelen ser el CO₂, NO_x, dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃) y los compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Degradación de la tierra: Este impacto se refiere a los efectos adversos en el medio ambiente generados de la extracción y producción de materia prima, como son la minería, la agricultura y la silvicultura. Dichos efectos pueden ser la reducción de la fertilidad del suelo, la erosión del suelo, salinidad de la tierra y el agua, y la deforestación.
- Biodiversidad: La biodiversidad incluye a la variedad de plantas y animales, la cual es afectada por el desarrollo humano, la minería y por actividades industriales como la elaboración de un producto.

- Agotamiento de la capa de ozono: La capa de ozono se encarga de proteger a la tierra de los efectos nocivos provocados por la radiación solar; sin embargo, dicha protección es degradada por la quema de combustibles fósiles y compuestos de cloro (como los CFC).

Según Ramanujan, Bernstein, Chandrsegaran y Ramani (2017), durante la fase del diseño inicial de un producto la información sobre su ciclo de vida es limitada, haciendo difícil el hecho de realizar una evaluación completa de este. Es por esta razón que se proponen la utilización de los principios del Green Design para proporcionar orientación a los diseñadores sobre como tomar decisiones más prudentes respecto al desempeño ambiental. Dichos principios se centran en abordar la sostenibilidad ambiental manteniendo el diseño del producto, el costo, la calidad y la confiabilidad y han sido utilizados como reglas para infundir prácticas sostenibles en las empresas. Los autores presentan como ejemplo el caso de la empresa Xerox, la cual en 1990 luego de inculcar los principios del DfE en todos sus equipos para mejorar las prácticas de desmontaje y recuperación, recupero más de 500 millones de dólares como ahorros al minimizar significativamente el uso de materiales vírgenes en sus productos. Diversos libros y artículos orientados al diseño han definido los principios de DfE. Telenko, O'Rourke, Seepersad y Webber (2016) presentaron una lista compilada a partir de la revisión de los principios propuestos por numerosos autores. A continuación, se presentan los principios del Dfe.

- Principio A: Garantizar la sostenibilidad de los recursos

Este principio tiene como objetivo tratar el agotamiento de recursos a través de la difusión de la reutilización. Las pautas para cumplir este principio se muestran en la siguiente lista, las cuales deben ser aplicadas en todos los aspectos del producto, incluyendo sus materiales consumibles y los destinados para el embalaje.

- Especificar los recursos renovables y abundantes
- Especificar los materiales reciclables o reciclados
- Especificar las capas de material reciclado y virgen
- Explotar las propiedades únicas de los materiales reciclados
- Emplear componentes comunes y re manufacturados
- Especificar materiales y sujetadores compatibles para reciclaje
- Especificar un tipo de material para el producto y sus subconjuntos
- Especificar los materiales no compuestos, no mezclados y sin aleaciones
- Especificar las formas renovables de energía
- Principio B: Garantizar entradas y salidas saludables

Se consideran entradas y salidas saludables a aquellas que no provocan degradación ambiental y tampoco afectan la salud humana. Este principio exige la eliminación de sustancias nocivas y contaminantes, así como la conversión de los residuos en materiales útiles para el ecosistema. Al igual que el Principio A, las pautas para la aplicación deben ser consideradas en todos los aspectos del producto.

- Instalar sistemas de protección contra la liberación de contaminantes y sustancias peligrosas
- Especificar las sustancias no peligrosas y “limpias” para el medio ambiente y la salud del usuario
- Asegurar que los desechos sean a base de agua o biodegradables
- Especificar la fuente de energía más limpia
- Especificar etiquetas e instrucciones para manipular con seguridad los materiales tóxicos

- Especificar los procesos de producción limpios para el producto y selección de sus componentes
- Concentrar los elementos tóxicos para sencilla eliminación y tratamiento
- Principio C: Garantizar el mínimo uso de recursos en la producción y el transporte

El principio C alienta a los diseñadores a cuestionarse cómo las características de un producto afectan la eficiencia de procesos aparentemente no relacionados. Las pautas para la aplicación de este principio suministran la estructuración y dimensionamientos de los productos con la finalidad de reducir el desperdicio en el uso de materiales en la producción, así como en la carga y el envío para reducir el uso de combustibles y emisiones.

- Reemplazar las funciones y los atractivos del empaque por un diseño de producto más eficiente
- Emplear técnicas de plegado o desmontaje para distribuir los productos en un estado compacto
- Aplicar materiales estructurales para minimizar el volumen total de material
- Especificar los materiales y componentes ligeros
- Especificar materiales que no requieren tratamiento superficial adicional
- Estructurar el producto para evitar devoluciones y reducir el desperdicio de material en la producción
- Reducir el número de componentes
- Especificar los procesos de producción limpios y eficientes
- Emplear el menor número de paso posibles para la fabricación de un producto
- Principio D: Garantizar el uso mínimo de recursos durante el uso del producto

Este principio garantiza un óptimo consumo de energía y materiales en el producto al usarlo, así como mejorar las interacciones con el usuario durante su ciclo de vida. Las pautas para la aplicación de este principio son las siguientes.

- Implementar componentes reutilizables
 - Minimizar el volumen, área y peso de los componentes a los que se transfiere energía
 - Implementar apagado predeterminado para subsistemas que no están en uso
 - Garantizar calentamientos y apagados rápidos
 - Incorporar una operación que permita a los usuarios apagar los subsistemas parcial o completamente
 - Implementar mecanismos de retroalimentación que indican cuanta energía o agua se consume
 - Incorporar funciones de ahorro de recursos
 - Incorporar características que evadan el desperdicio de materiales por parte del usuario
- Principio E: Garantizar la durabilidad adecuada del producto y sus componentes

Este principio involucra dos estrategias importantes: extender el tiempo de vida útil del producto y con esto su durabilidad y su capacidad de actualizarlo a las mejores prácticas, de esta manera el uso de tecnología antigua e ineficiente no se prolonga. Con esa estrategia, los diseñadores tienen tiempo suficiente para desarrollar nuevas soluciones innovadoras en el aspecto ambiental y que incorporen tecnologías ecológicas. En la siguiente lista se muestran las pautas para este principio.

- Planificar mejoras continuas de la eficiencia
- Mejorar la estética y funcionalidad para asegurar que la vida estética sea igual a la vida técnica

- Garantizar un mínimo mantenimiento y reducir los modos de falla del producto y sus componentes
- Emplear mejores materiales o tratamientos superficiales para proteger el producto de la suciedad, corrosión y desgaste
- Indicar de manera específica las partes del producto que deben limpiarse o mantenerse con cuidado
- Asegurar la detección del desgaste del producto
- Facilitar la prueba de los componentes
- Permitir el desmontaje y re ensamble de manera sencilla y repetitiva
- Principio F: Habilitar el desmontaje, separación y purificación del producto

El reciclaje, la remanufactura, la reutilización y la reparación pueden ser favorecidos por la incorporación de las pautas para la aplicación del principio F ya que son necesarias para el desmontaje, separación y purificación del producto.

- Indicar cómo debe abrirse el producto y resaltar los puntos de acceso
- Asegurar que las articulaciones del producto sean accesibles
- Minimizar el número y la variedad de elementos de unión
- Garantizar que al momento de realizar el desmontaje no se ocasionen daños al usuario ni a los componentes reutilizables
- Garantizar la facilidad en la limpieza sin daños de las piezas reutilizables
- Emplear la dirección del desmontaje sin reorientación
- Especificar las uniones que pueden ser separadas a mano o utilizando herramientas simples
- Minimizar el número y la duración de las operaciones de separación

Según Ulrich et al. (2012), la implementación del Green Design incluye actividades durante todo el proceso de desarrollo de producto. Estas actividades forman partes de pasos iterativos, los cuales son mostrados en la Figura 1 y son descritos detalladamente.

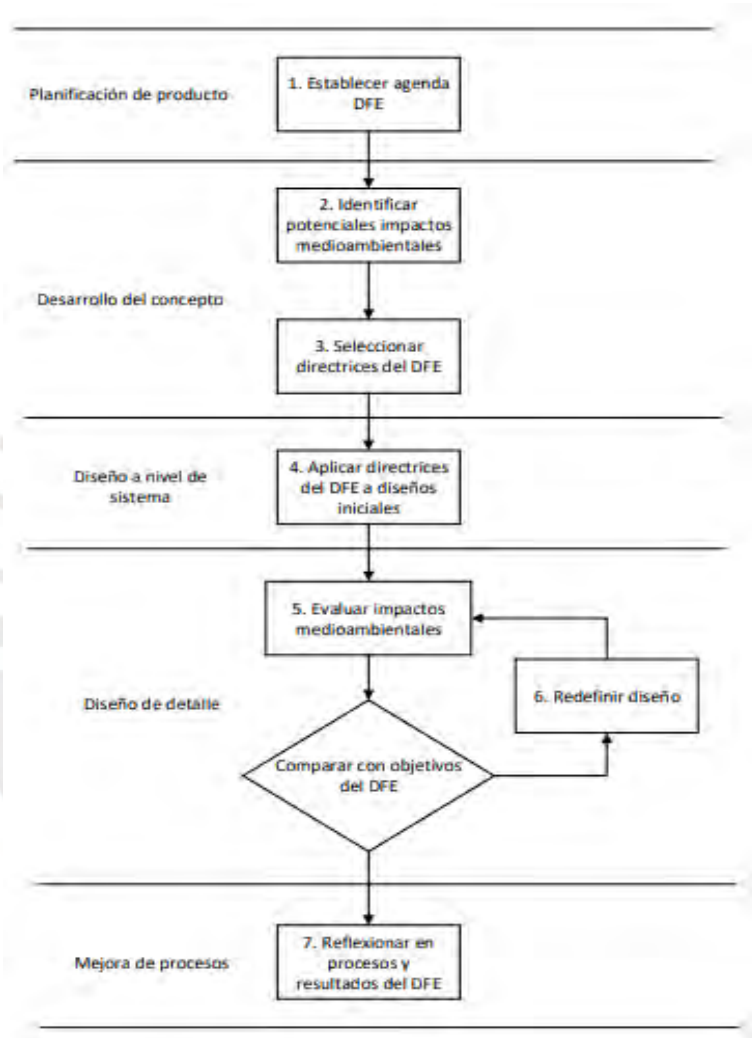


Figura 1. Proceso de implementación de Green Design

Fuente: Ulrich et al. (2012)

Paso 1: Establecer la agenda

Este paso se compone de tres actividades: identificar los estímulos que llevan a la aplicación del Green Design, establecer las metas en base a los objetivos ambientales que se espera alcanzar

con el producto y seleccionar el equipo encargado de la implementación. Al instaurar una agenda, se reconoce claramente el camino hacia el diseño de un producto responsable con el medio ambiente.

- Identificar los estímulos internos y externos:

Se inicia con una discusión sobre cuáles son los estímulos por los cuales la organización desea abordar el Green Design para sus productos. Los estímulos externos por lo general están relacionados con los cambios en la tecnología, presión de los *stakeholders* y la competencia, mientras que los estímulos internos se refieren a mejorar la calidad del producto en términos de funcionalidad, confiabilidad, durabilidad y reparabilidad, reducir los costos al reducir el uso de materiales y energía en la producción, innovar adoptando un pensamiento sostenible que conduzca a cambios radicales en el diseño de producto y con ello mejorar la imagen pública, motivar a los trabajadores a ser parte de un cambio en la conservación del medio ambiente entre otros.

- Establecer los objetivos

Durante la fase de planificación es importante establecer los objetivos medioambientales para cada proyecto de desarrollo de producto relacionados al uso de materiales, la producción, la distribución, el uso y el reciclaje del producto. Mediante estos, la organización define sus regulaciones y el cómo organizarse para reducir el impacto medioambiental generado por sus productos, servicios y operaciones.

- Establecer el equipo

La integración del equipo para la implementación del Green Design va a depender de las necesidades de la organización. Este típicamente está conformado por un líder, un experto en

química ambiental y material, un ingeniero de fabricación y un representante de compras y cadena de suministro. También puede incluir consultores externos, proveedores entre otros.

Paso 2: Identificar los posibles impactos ambientales

En este paso se comienza por identificar los posibles impactos ambientales del producto durante su ciclo de vida con la finalidad de que el equipo los considere a pesar de no tener disponibles datos específicos como el uso de materiales y energía, las emisiones generadas y la generación de desechos, y tampoco se haya realizado una evaluación detallada del impacto ambiental.

Paso 3: Seleccionar las pautas

La selección de las pautas importantes permite al equipo de desarrollo de producto aplicarlas en toda la duración de proyecto. Dichas pautas son aquellas que fueron mencionadas en los principios del Green Design y ayudarán al equipo a tomar decisiones tempranas sin la necesidad de un análisis detallado del impacto ambiental, el cual solo es posible de realizarlo después de que el diseño se detalle más completamente.

Paso 4: Aplicar las pautas al diseño inicial del producto

Conforme se desarrolla la arquitectura del producto, se toman decisiones como el uso del material. Por lo tanto, en este paso, es útil aplicar las pautas seleccionadas en el paso 3. De esta forma, el diseño inicial del producto puede tener menores impactos ambientales, así como mejorar la funcionalidad y durabilidad del producto.

Paso 5: Evaluar los impactos ambientales

El siguiente paso consiste en evaluar los impactos ambientales del producto durante todo su ciclo de vida. Para ello es importante comprender de manera detallada cómo se va a producir, distribuir, usar y reciclar o desechar al final de su vida útil. Por lo general, esta evaluación se realiza sobre la lista de materiales (BOM). En este paso también se comparan los impactos ambientales obtenidos con los objetivos definidos en el paso 1. Asimismo, de haberse creado varias opciones de diseño se pueden comparar entre ellas y elegir la que tenga menor impacto ambiental. Generalmente, se requieren de varias iteraciones antes de que el equipo esté conforme con el producto, el cual debe ser bueno bajo la perspectiva del Green Design.

Paso 6: Redefinir el diseño del producto para eliminar o reducir los impactos ambientales

En este paso, el objetivo es eliminar o reducir los impactos ambientales significativos identificados en el paso 5 por medio del rediseño. Este es repetido hasta que los impactos ambientales se hayan reducido a un nivel aceptable. Asimismo, el rediseño es útil también como mejora continua después de que se inicie con la producción.

Paso 7: Reflexionar sobre el proceso y los resultados

Por último, una vez obtenido los resultados es necesario que al finalizar la implementación del Green Design se formulen preguntas tales como:

- ¿Qué tan bien fue ejecutado el proceso de implementación?
- ¿Cómo puede ser mejorado el proceso de implementación?
- ¿Qué mejoras se pueden hacer en el futuro a la implementación?

De esta manera, se reflexiona sobre el proyecto en general y se identifican mejoras y errores que no deben ser repetidos en otros proyectos de implementación.

Capítulo 3: Casos de aplicación de Green Manufacturing

3.1. Green Manufacturing aplicado al sector moda

Este es un caso del Green Manufacturing aplicado a la industria de la moda. Según Cimatti, Campana y Carluccio (2017), dicha industria se caracteriza por la velocidad con la que un producto se vuelve obsoleto, esto debido al constante cambio por parte de los consumidores influenciados por las tendencias en la moda. Es por esta razón que la manufactura en la industria de la moda se considera insostenible; sin embargo, debido a la cuestión por parte de los clientes acerca de sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente, las empresas de moda consideran con mayor énfasis este aspecto respecto a años anteriores. Como ejemplo se muestra el caso de Borbonese, una marca dedicada a la elaboración de bolsos, joyas y accesorios. Dicha marca ha implementado el Green Manufacturing por medio de la aplicación de sus dos herramientas: análisis de ciclo de vida (ACV) y Green Design.

3.1.1. Green design en Borbonese

Cada temporada, Borbonese debe lanzar nuevas colecciones, lo que significa nuevos modelos. Como parte del Green Design, se implementó un enfoque sostenible para recuperar los desechos no consumidos en temporadas pasadas, tales como el cuerpo y los accesorios de colección, con el fin de integrarlos en un nuevo ciclo de vida en lugar de ser desechados. Primero, se realizó un inventario para identificar los materiales almacenados y sus cantidades. Luego, se diseñó y fabricó una colección “Flash” de accesorios sostenibles empleando los componentes disponibles, combinando distintos tipos de cuero y ensamblándolos con cierros metálicos sin usar y correas para los hombros. Con esto materiales, se elaboraron llaveros como los mostrados en las Figuras 2 y 3.



Figura 2. Modelo de llavero Borbonese

Fuente: Cimatti et al. (2017)



Figura 3. Modelo de llavero Borbonese

Fuente: Cimatti et al. (2017)

3.1.2. Análisis de ciclo de vida (ACV) en Borbonose

La metodología ACV fue aplicada en un bolso tradicional de la marca, el cual es presentado en cada colección, confeccionada con distintos materiales y disponible en una gama de colores. El análisis fue llevado a cabo empleando un software, considerando solo las fases de producción y distribución sin incluir el proceso de aquellos materiales que no se realizan en la empresa. Para el análisis del inventario, las fuentes fueron informes, documentos, bases de datos y entrevistas con los empleados. Los puntos a investigar fueron los siguientes:

- El consumo necesario de energía dedicado al corte de cuero y textiles
- Residuos y desechos emitidos en la producción
- Transporte utilizado en el suministro de materiales y distribución del producto final

En el análisis, se determinó que el impacto ambiental más relevante corresponde al transporte, ya que emite gases a la atmósfera, principalmente de CO₂. Por otro lado, en la fase de las materias primas, el impacto importante proviene del tratamiento del cuero. La curtiduría es una industria “pesada” debido a la concentración de contaminantes, y a la emisión de gases (solventes orgánicos) así como también los desperdicios emitidos durante el ciclo de trabajo.

3.2. Green Manufacturing aplicado al sector automotriz

La industria automotriz se caracteriza por su impacto significativo en el medio ambiente, economía y sociedad. Según Cioca, Ivascu, Turi, Artene y Găman (2019), debido a esta responsabilidad, la industria automotriz debe emplear estrategias comerciales e innovadoras en tecnología para alcanzar un adecuado desempeño ambiental. A continuación, se presenta un modelo de aplicación del Green Manufacturing en el sector automotriz. Dicho modelo toma un enfoque más teórico y organizacional, debido a que los cambios para implementar Green

Manufacturing no dependen netamente del proceso en sí, sino también de factores organizacionales que influyen en la implementación. A pesar de ello, el modelo propuesto adopta algunos de los objetivos relacionados principalmente al desarrollo sostenible, así como los principios.

a) La comprensión y evaluación de la capacidad organizativa para el desarrollo de la sostenibilidad:

En esta fase del modelo, se identifican y evalúan los factores que alteran el desarrollo de un modelo Green Manufacturing. Se comienza con los elementos de gestión estratégica: visión, misión y objetivos organizacionales. Estos deben ser evaluados para verificar que integren los principios de desarrollo sostenible. Seguidamente, se verifica que el plan estratégico esté en base a los objetivos organizacionales. Si se cumplieron los requisitos mencionados, la empresa se encuentra preparada para la implementación del Green Manufacturing.

b) Evaluar las actividades iniciadas para el desarrollo sostenible:

La evaluación se realiza por medio de indicadores de sostenibilidad, la cantidad de estos va a depender del campo de actividad de la empresa. Dichos indicadores están relacionados con la reducción de costos y tiempos de producción, ceros desperdicios, consumo de energía, cantidad de desperdicios generado entre otros. La finalidad del uso de los indicadores es evaluar la fortaleza de la empresa en categorías de medio ambiente, de estabilidad financiera, de alcance de proveedores, de eficiencia organizacional, de capacidad de gestión de residuos, de capacidad de reducir los tiempos de producción y de reducir emisión de gases. Con los indicadores se asignan puntajes a cada dominio, obteniendo un total que representa la sostenibilidad en la organización

c) Elaborar el informe de evaluación:

Mediante la elaboración de un informe, se gestionan de mejor manera la toma de decisiones y se tienen presentes los resultados que pueden ser analizados para en el futuro seguir contribuyendo al desarrollo sostenible. Dicho informe se genera dependiendo de la puntuación obtenida en la fase anterior y se basará en una serie de estrategias. Para lograr esto, un equipo se reúne y re examina la misión y visión, luego se verifican las herramientas propuestas para alcanzar la sostenibilidad y con ello se determinan los elementos y dominios que deben mantenerse. Finalmente, se transcribe en el informe de evaluación.

d) Desarrollo del plan de acción:

Después de obtener una visión detallada de lo que sucede en la organización, se proponen soluciones en base a lo sugerido en el informe y se plasman en un plan de acción. Dicho plan debe ser desarrollado según las estrategias y objetivos organizacionales. En esta etapa se transcribe tanto el plan como las herramientas y dominios priorizados en la etapa 3. Finalmente, el plan debe ser constantemente controlado y monitoreado.

Capítulo 4: Realidad nacional

Según Buczko y Felipe-Morales (2015), el desarrollo de una industria verde a través del desarrollo del sector manufacturero con procesos sostenibles es impulsado principalmente por las entidades correspondientes a nivel nacional, regional y local a través de políticas que promuevan prácticas medioambientales, tales como el Ministerio de Producción (PRODUCE), la cual en coordinación con el Ministerio de Ambiente (MINAM), actualizan normas vinculadas a la gestión ambiental en la industria manufacturera. En este sentido, las normas y estrategias propuestas buscan el desarrollo del sector a la vez de equilibrar el crecimiento de empleo y mejorar las condiciones de vida de la población. Sin embargo, existen dificultades para alcanzar el desarrollo de un sector manufacturero verde y sostenible, especialmente para las micro, pequeñas y medianas empresas, que por medio de entidades externas y esfuerzos de las entidades se buscan contrarrestar. A continuación, se explican algunas de ellas.

- Financiación a largo plazo: Para Buczko y Felipe-Morales (2015), el problema surge debido a que en el Perú no se suelen presentar constantemente políticas públicas orientadas al desarrollo de un mercado verde que permita obtener financiamiento a las empresas. Esto se evidencia en que solo se ha destinado el 5% a productos financieros verdes en los últimos cinco años, los cuales no solo significan ahorro en costos y mejora en la rentabilidad, sino también que, promueven la lucha contra el cambio climático. Como medida de contingencia, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) realiza esfuerzos para lograr una industria sostenible informando por medio de capacitaciones a los bancos sobre cómo mejorar las condiciones de financiamiento en base a las estimaciones de perfiles de sostenibilidad de las empresas, la evaluación de créditos que consideren el desarrollo de infraestructura sostenible (ISO) y la gestión de residuos sólidos. Por otro lado, existe una Línea de Crédito Ambiental (LCA) para financiamiento verde especialmente

a las PYME, cuyo objetivo es aumentar la inversión en tecnologías limpias y así generar ahorros en eficiencia energética y uso del agua.

- Costos del comercio exterior: Buczko y Felipe-Morales (2015) consideran que el Perú presenta un gran déficit de infraestructura, lo cual perjudica el desarrollo industrial verde ya que está relacionado con la actividad productiva, además de no permitir eliminar sobrecostos y darle más competitividad a las manufactureras de tal forma que el crecimiento sea sostenible económicamente y productivamente. Es el caso de la infraestructura portuaria, importante para el comercio de exportaciones e importaciones, responsable del 77% del tráfico de carga; sin embargo, su productividad es baja presentando altos sobrecostos y retrasos en la infraestructura.

- Nuevas tecnologías y desarrollo de competencias: Para que el Perú pueda alcanzar un crecimiento industrial sostenido, Buczko y Felipe-Morales (2015) señalan que se necesita de 300 mil profesionales técnicos aproximadamente y según el Reporte de la Sociedad Nacional de Industrias (SIN), el 50.8% de las grandes empresas, el 45.5% de las medianas y el 34.7% de las pequeñas empresas presentan dificultades para contar con dicha mano de obra. Con esto se evidencia la baja productividad que genera atraso tecnológico y con ello la necesidad de promover capital humano competitivo a través de estrategias en el sector educación; sin embargo, con algunas excepciones, la educación no es de calidad y no responde a la demanda del mercado laboral en relación con la innovación tecnológica.

- Rol de la cooperación internacional: Buczko y Felipe-Morales (2015) mencionan que entidades internacionales han colaborado en la complementación de recursos presupuestarios para el desarrollo de las PYME. Solo en el 2012, en el Perú el monto ascendió a 342 millones de dólares por parte de agencias tales como el Banco Mundial (BM), Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

(PNUMA), Organización Internacional del Trabajo (OIT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Dichas agencias son encargadas de promover la investigación sobre cómo implementar mejoras en las PYMES para alcanzar una industria verde, así como políticas públicas para el desarrollo de programas piloto de producción sostenible.

Por otro lado, el Perú se caracteriza por su consumo intensivo de recursos naturales y ocupa la lista de los diez países más afectados por el cambio climático. Solo las PYME representan el 99,5% del total de empresas del país y son agentes del 49% de la producción nacional. Del mismo modo, el mayor porcentaje de empresas manufactureras se encuentra en Lima (54,1% a nivel nacional), el cual concentra la más alta contaminación ambiental. En este sentido, el sector industrial manufacturero requiere de políticas públicas con enfoque en bajo consumo de carbono, mejor manejo de recursos naturales y mejora de la eficiencia energética. Algunos de los subsectores como el metalmecánica y textil han venido implementando eficiencia de sus recursos y producción más limpia en mayor proporción y son los que han percibido una reducción notable en sus costos de producción. Es fundamental que la industria peruana sepa adaptarse a los cambios tecnológicos, de la demanda y de los consumidores, pero aún más que sepan adaptarse a los cambios por el medio ambiente, de esta manera podría iniciarse una transición hacia el crecimiento verde y sostenible en el país.

4.1. Plan Nacional Ambiental del Sector Manufacturero

Una parte fundamental para el control y crecimiento de las medidas que refuerzan la participación del sector manufacturero en prácticas medioambientales la conforman las entidades nacionales, tales como el PRODUCE y el MINAM. Por el lado del PRODUCE, inició con la implementación de lo que se conoce como el “Plan Nacional Ambiental del Sector Manufacturero”, el cual según menciona el Ministerio de la Producción (2004) promueve la

participación proactiva del sector privado alentándolos a incluir dentro de sus estrategias empresariales el concepto de lo que es producción limpia, aumento de la productividad de la empresa y reducción del impacto ambiental de sus actividades. Actualmente, según Ministerio de la Producción (2004), el “Plan Nacional Ambiental del Sector Manufacturero” se desarrolla bajo los Lineamientos de Política Ambiental marcados por el Decreto Supremo N 019-9-ITINCI, Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera. Dichos lineamientos tienen la finalidad de incluir el principio de prevención en la gestión ambiental estableciendo instrumentos de participación del sector privado productivo y la población. Asimismo, motiva la instauración en el futuro de instrumentos económicos que impulsen la adopción de tecnologías limpias.

Como menciona Ministerio de la Producción (2004), las estrategias establecidas por el “Plan Nacional Ambiental del Sector Manufacturero” buscan fortalecer el papel de facilitador, promotor y fiscalizador del sector de las actividades industriales manufactureras, además de, como ya se mencionó, introducir el uso de tecnologías limpias y facilitadores de gestión ambiental tales como la mejora continua, la participación ciudadana, y la responsabilidad compartida. Otra estrategia fundamental es determinar tratamientos diferenciados a las micros y pequeñas empresas otorgándoles mecanismos que faciliten su adecuación ambiental para lo cual se trabaja de la mano con entidades públicas y privadas importantes y reconocidas. Cumplir con las estrategias planteadas requiere el desarrollo de diversos programas que agilicen el cumplimiento de dichas estrategias en el corto y mediano plazo. A continuación, se presentarán y explicarán algunas de ellas:

4.1.1. Fortalecimiento del Sistema de Gestión Ambiental

Ministerio de la Producción (2004) señala que los subsectores que conforman el gran Sector Industrial Manufacturero peruano incluye desde actividades primarias hasta secundarias conformadas por diversas industrias, lo cual evidencia una amplia cantidad de actividades que se desarrollan y debido a esto se complica el monitoreo y control del desempeño ambiental de las empresas del sector manufacturero. Es por esta razón que se busca fortalecer el Sistema de Gestión Ambiental mediante la elaboración de diagnósticos ambientales sub sectoriales y el establecimiento de Límites Máximos Permisibles.

Además de la diversidad que presenta el sector en actividades, estas se encuentran en constante innovación y crecimiento por lo que se hace más importante y necesario realizar una revisión exhaustiva del marco nacional existente, con el objetivo de ajustar y actualizar los parámetros de normatividad ambiental sectorial. Para ello se debe realizar la revisión y ajuste del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera.

4.1.2. Facilitación de la Adecuación Ambiental de las Mypes

Según el informe Estadística MIPYME (Ministerio de la Producción, 2018), el segmento de micro, pequeña y mediana empresas conforman el 99.5% del total de empresas formales que son parte de la economía peruana, de las cuales el 12.4% se dedica a la actividad productiva (manufactura, construcción, agropecuario, minera y pesca), además su nivel de crecimiento tiene un ritmo promedio anual de 7.2%. A partir de la data compartida por PRODUCE se evidencia la vasta importancia de las Mypes como agentes del Sector Manufacturero peruano, por cual se hace necesario establecer instrumentos y mecanismos que faciliten la adecuación de estas empresas a los nuevos lineamientos establecidos por el “Plan Nacional Ambiental del Sector Manufacturero”.

Principalmente, el Ministerio de la Producción (2004) indica que se debe definir el tratamiento diferenciado que se dará a las Mypes por su alto porcentaje del total de empresas, para lo que se reconocen las actividades industriales manufactureras realizadas en dichos segmentos y a las cuales se les exigirá Informes Ambientales. Asimismo, para sensibilizar temas ambientales se deben elaborar guías de buenas prácticas que servirán de guía de orientación y brindarán recomendaciones no solo de carácter ambiental, sino de seguridad e higiene industrial y de indicadores para medir la eficacia de las decisiones tomadas por las Mypes. Por otro lado, debido a que las Mypes no cuentan con áreas de soporte que brinden apoyo sobre temas relacionados a cómo mejorar la eficiencia de manera ambientalmente responsable, se propone que un grupo de empresas con experiencia en el tema ejerzan el papel de consultores ambientales de las Mypes asesoramiento para mejorar su gestión. Otra herramienta formativa para complementar el conocimiento brindado por los consultores ambientales es el desarrollo de un curso de gestión ambiental para MYPES cuyo objetivo será inculcar el tema ambiental en la gestión empresarial y también el desarrollo de charlas y conversatorios llevados a cabo en ciclos periódicos con la finalidad de reforzar sobre principios básicos de gestión ambiental y cumplimiento de las obligaciones en materia ambiental.

4.1.3. Descentralización de la Gestión ambiental

Si bien el 60.9% del PBI nacional por actividades de manufactura se concentra en Lima (INEI, 2019), el resto de las regiones no es ajeno a la problemática planteada. Es por esta razón que para cumplir con los objetivos del “Plan Nacional Ambiental del Sector Manufacturero”, el Ministerio de la Producción (2004) indica que se debe transferir funciones ambientales a las Direcciones Regionales del Ministerio de Producción de manera que fortalezca y lleve a cabo la

capacitación y acompañamiento de la gestión ambiental a nivel regional. El trabajo incluye el apoyo para establecer planes ambientales y mesas de coordinación ambiental.

En primer lugar, se debe realizar el Plan Integral de Capacitación Ambiental para las Regionales y paralelamente la elaboración del Perfil Ambiental Regional bajo lineamientos del Ministerio de Producción. Asimismo, se debe realizar un Plan de Gestión Ambiental y Plan de Fortalecimiento de Direcciones Regionales estableciendo un Mesa de Coordinación Ambiental en las Regiones para llevar a cabo el entrenamiento en trabajo ambiental y su supervisión.

4.1.4. Capacitación, Comunicación y Difusión Ambiental

La comunicación es un aspecto de gran importancia para alcanzar los objetivos planteados y a la vez lograr un avance en la gestión ambiental del sector manufacturero. También forma parte las capacitaciones que realizan a las áreas de recursos humanos, tanto del sector público y privado a nivel central, regional y local. Asimismo, el Ministerio de la Producción (2004) señala que por medio de la difusión ambiental se busca fomentar el interés de la población y gremios además del llamado a la conciencia por el desarrollo sostenible las actividades manufactureras, con lo cual también se fortalece el lugar que ocupa el Ministerio de Producción como autoridad ambiental en la Industria Manufacturera. Para alcanzar una difusión efectiva se pone en ejecución un Plan de Comunicación y Difusión, realización de talleres y reuniones con gobiernos regionales y locales, y el fortalecimiento de la identidad corporativa a través de aplicaciones, páginas web y eventos ambientales a realizar de gran importancia.

4.2. Huella de Carbono Perú

Según el sitio oficial de la Huella de Carbono Perú (2020), en términos del Ministerio del, es una herramienta oficial del Estado peruano que permite identificar la forma en que las

organizaciones públicas y privadas han logrado gestionar sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a favor del ambiente. En los últimos años, según Arbazia (2020), el método para el cálculo de los GEI se ha difundido cada vez más, ya que permite identificar cuál es el impacto causado en el medio ambiente en términos del CO₂ emitido por las actividades diarias de una persona o del producto del ciclo de vida de la cadena productiva de un producto o servicio.

Según Andina (2020), la Huella de Carbono Perú utiliza dos instrumentos: la calculadora de emisiones y un sistema de reconocimiento. La primera mide gratuitamente los GEI basándose en la norma intencional NTP ISO 14064-1 que contempla cinco principios: pertinencia, cobertura, coherencia, exactitud y transparencia; mientras que la segunda permite identificar el interés de las organizaciones por gestionar la emisión de GEI. El sistema otorga un reconocimiento reflejado en una estrella simbólica, la cual obtienen las empresas al solo medir sus emisiones. El nivel de reconocimiento aumenta a dos estrellas si se verifican los resultados de su cálculo de huella de carbono y aumenta a tres si la organización reporta un informe de reducción de emisiones y por último llegan a una cuarta estrella solo si se neutralizan dichas emisiones. Huella de Carbono Perú (2020) menciona que la forma en la que se realiza la neutralización es a través de la compra de créditos de carbono que se generan a partir de proyectos llevados a cabo para reducir las emisiones de GEI. La empresa interesada deberá ponerse en contacto con el desarrollador del proyecto, quien le hará entrega de un certificado donde se define la cantidad y fecha de emisión de los créditos de carbono. La neutralización se hace efectiva cuando el certificado se carga a la plataforma de “Huella de Carbono Perú”. Asimismo, Huella de Carbono Perú (2020) precisa que los beneficios que trae consigo neutralizar las emisiones consisten en promover y difundir proyectos de mitigación de GEI que contribuyan a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y a

la vez promover el uso de créditos de carbono en el país fortaleciendo el cumplimiento de las NDC.

Los proyectos que se encuentran disponibles actualmente se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Proyectos disponibles para neutralización de emisiones de GEI

Nombre del proyecto	Tipo
Huaycoloro: Captura de metano y generación de energía en relleno sanitario	Captura de metano y generación de energía.
Modelo del Callao: Captura y quema de metano en relleno sanitario.	Captura y quema de metano
Poechos II: Central Hidroeléctrica	Energía Renovable, Hidroeléctrica, Pequeña escala
Poechos I: Central Hidroeléctrica	Energía Renovable, Hidroeléctrica.
El Platanal: Central Hidroeléctrica	Energía Renovable, Hidroeléctrica
Proyecto REDD Amazonas - Madre de Dios	REDD+
Manejo Forestal para reducir la deforestación y degradación en las comunidades indígenas Shipibo Conibo y Cacataibo de la región de Ucayali.	REDD+
Reducción de la deforestación y degradación en la Reserva Nacional de Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja-Sonene dentro de la región de Madre de Dios -Perú	REDD+
Proyecto REDD + Parque Nacional Cordillera Azul	REDD+
Proyecto Biocorredor Martin Sagrado REDD+	REDD+
Iniciativa de conservación Alto Mayo	REDD+
Proyecto REDD en concesiones de Nuez del Brazil en Madre de Dios Peru	REDD+

Fuente: Huella de Carbono Perú <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>

La finalidad de “Huella de Carbono Perú” es reducir en 30% las emisiones nacionales de GEI al año 2030, en el marco de Acuerdo de París. Según el Programa de las Naciones Unidas por el Desarrollo (PNUD) (2020), en la actualidad son 115 las organizaciones que se han inscrito a la plataforma, 43 reportaron sus emisiones de GEI y 1 alcanzó el máximo nivel de reconocimiento,

es decir, las cuatro estrellas simbólicas. Para aumentar el número de organizaciones inscritas en la plataforma, a mediados del presente año, el MINAM creó una iniciativa protagonizada por el oso de anteojos peruano llamado “Nono” mostrado en la Figura 4. El objetivo de “Nono” es invitar a las empresas a medir sus huellas de carbono para contribuir a la meta pactada de reducción.



Figura 4. Nono, el oso de la huella de carbono

Fuente: <https://www.gob.pe/institucion/minam/campa%C3%B1as/1339-nono-el-oso-peruano-de-la-huella-de-carbono>

Dentro de la lista de inscritos que han estado utilizando esta herramienta se encuentran organizaciones que pertenecen al sector de industrias manufactureras, las cuales se muestran en la Tabla 2. Asimismo, en la Figura 5 se muestran las emisiones de GEI generados por los inscritos en los últimos 5 años.

Tabla 2

Lista de inscritos del sector manufactura inscritos en plataforma “Huella de carbono”

Lista de inscritos	Estrellas obtenidas	Año
REFINERIA LA PAMPILLA S.A.A	3	2019
UNIQUE S.A.	3	2019
UNIQUE S.A.	2	2018
REFINERIA LA PAMPILLA S.A.A	2	2018
PLATA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - PLATA S.A.C.	1	2019
CONFECCIONES LY EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA- CONFECCIONES LY E.I.R.L.	1	2019
AGP PERU S.A.C.	1	2019
FUNDICION FERROSA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	1	2019
MANUTATA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	1	2019
INCA TOPS S.A.	1	2019
TEXTIL EL AMAZONAS S.A.	1	2019
LE COQUELICOT E.I.R.L.	1	2019
CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.	1	2019
HOPE IN GLASS SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	1	2019
CARTONES VILLA MARINA S.A.	1	2019

Fuente: <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>

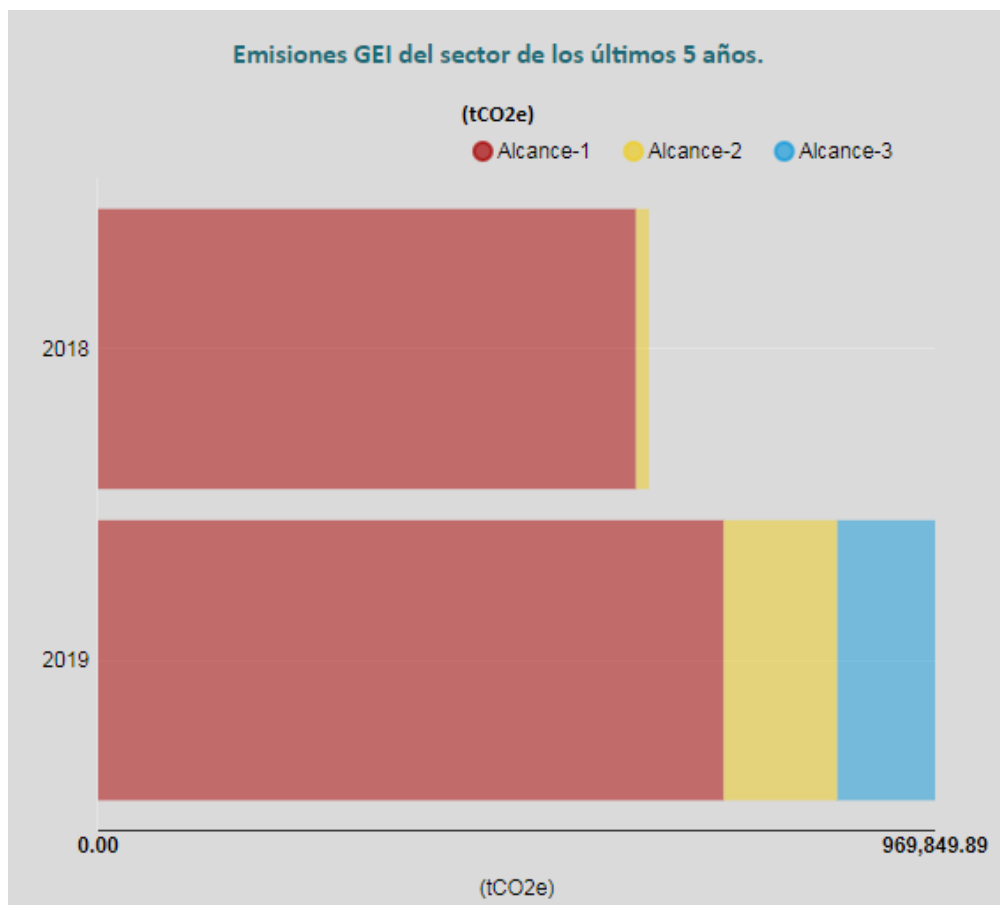


Figura 5. Emisiones de inscritos en “Huella de Carbono Perú” del sector manufactura en los últimos 5 años

Fuente: <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/estadisticas/sector/poralcanc>

En la Figura 5, se observa que el tipo que más predomina es del Alcance-1; sin embargo, la muestra no es tan representativa al ser pocas las empresas inscritas. Se espera que con la campaña realizada por el MINAM y a través de la difusión en sus redes sociales se puede tener información más importante y más empresas que se sumen a la reducción de la emisión de los GEI.

Capítulo 5: Green Manufacturing aplicado a Perú

El Perú es un país emergente en cuanto a tomar acciones que impacten positivamente en el medio ambiente y esto se debe principalmente a que no existe una cultura inculcada en lo “verde”. Según Karuppiah, Sankaranarayanan, Ali, Chowdhury y Paul (2020) existen barreras que limitan la implementación de un sistema Green Manufacturing, las cuales también podrían ser consideradas como limitantes en el país. Algunas de ellas se deben a los cambios demandantes en la tecnología ya que se necesita de una producción que genere menor contaminación y menor emisión de residuos. Como se mencionó, la mayor parte de la industria manufacturera del Perú está compuesta por medianas y pequeñas empresas, las cuales se caracterizan por tener procesos totalmente manuales y en algunos casos semi-automatizados. Solo las grandes empresas que cuentan con la disponibilidad de poder controlar los residuos generados en sus procesos podrían aplicar Green Manufacturing; sin embargo, el impacto no sería significativo debido a su baja representación en la industria manufacturera. Por otro lado, Karuppiah et al. (2020) mencionan la falta de pautas al no haber especialistas en el ámbito relacionado a la industria verde. Asimismo, consideran la falta de marketing sobre productos y procesos verdes como una barrera. En el Perú, el desarrollo de productos verde existe y se da a partir de emprendimientos realizados por pymes peruanas. El diario Gestión (2019) pudo recolectar el caso de 10 pymes cuya misión es impactar de manera positiva en el ámbito social y en el ambiental. Dichos casos se obtuvieron por medio de la iniciativa economyverde.pe, que hasta la fecha registra 223 pymes asociadas y cuenta con otros indicadores que se muestran en la Figura 6 relacionados a sus impactos en la prensa nacional y las oportunidades que tienen para seguir promocionándose.



Figura 6. Indicadores de economiverde.pe

Fuente: <https://econiaverde.pe/>

Para poder introducir el término Green Manufacturing en el Perú en las industrias manufactureras y específicamente las del sector no primario se debe iniciar por un ámbito relacionado a la reducción de desperdicios en los procesos productivos. Una herramienta que es parte de ese ámbito es la de Lean Manufacturing, la cual por su popularidad en la aplicación de mejora de procesos no es limitado por algunas barreras que sí dificultan la implementación de un sistema Green Manufacturing como tal. Es por esta razón que para introducir la nueva filosofía de Green Manufacturing en el Perú se debe añadir a la aplicación del Lean Manufacturing, que al fusionarse vendría a dar lo que ya se conoce en la actualidad como Lean-Green Manufacturing.

Según Gutiérrez (2010), Lean Manufacturing es conocida como una filosofía que se enfoca en mantener el flujo del producto eliminando desperdicios presentes en el proceso. Rajadell y Sánchez (2010) postulan que los desperdicios que considera dicha filosofía consisten en la sobreproducción, inventarios, movimientos, sobre procesamiento, transporte, tiempos de espera, producción de defectuosos y desaprovechamiento del talento humano. Por el lado de Green Manufacturing también se enfoca en mejorar la eficiencia en el proceso y reducir desperdicios, por

lo que Leong et al. (2019) mencionan que tanto Lean como Green Manufacturing comparten los mismos objetivos de mejorar el rendimiento, la calidad del producto y reducir costos operativos mientras se crea valor.

Una propuesta de aplicación de un modelo Lean-Green Manufacturing fue propuesta por Carbajal como parte de la tesis “Modelo Lean-Green en el proceso de producción dentro de la industria de confecciones textiles de lencería” aplicada en una empresa peruana de textilería. Carbajal (2019) aclara que para poder incorporar este modelo como aplicación primero debe desarrollarse el Lean Manufacturing para contar con estabilidad en el proceso para luego continuar con el lado Green que toma en consideración el impacto ambiental y el uso adecuado de recursos. Esta postulación también es avalada por Inman y Green (2018), quienes consideran aplicar Lean Manufacturing como un antecedente a la implementación de Green Manufacturing ya que eliminar los desperdicios a través de herramientas Lean tales como JIT o 5’s se refuerza con la eliminación de residuos dañinos para el medio ambiente a través de la implementación de Green Manufacturing.

En la Figura 7 se muestra el modelo Lean-Green Manufacturing propuesto por Carbajal (2019). La fase 0 del modelo permite inculcar el pensamiento sobre Lean y Green, facilitando así la implementación de las herramientas que se dirigen hacia una producción sostenible. En la fase 1, estabilizar el flujo de valor (VS) va a lograr mantener una producción eficiente, además de involucrar al personal. Luego, en la fase 2, el desarrollo del liderazgo y el compromiso de la empresa deben estar enfocados en cumplir objetivos medioambientales. En la Fase 3, la inclusión de Indicadores de Desempeño Ambiental (EPI) permite llevar un control productivo como ambiental del proceso. Después, en la fase 4, se desarrolla la ejecución de la herramienta *Kaizen*

para otorgar mayor solidez y finalmente en la fase 5 se busca la mejora continua implementando una cultura en la empresa que permita tener resultados cíclicos.

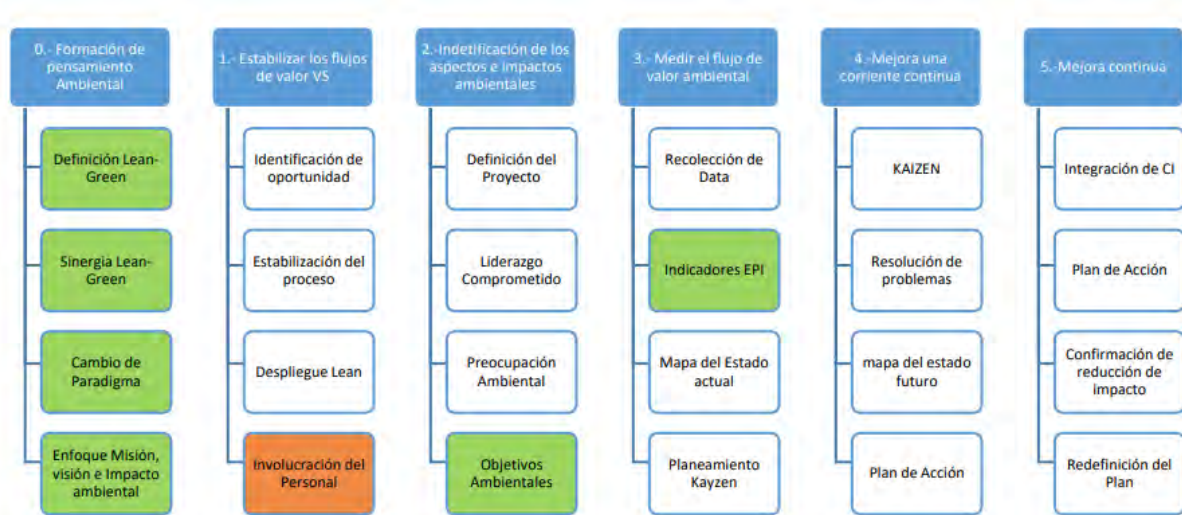


Figura 7. Modelo Lean-Green Manufacturing

Fuente: Carbajal (2019)

Los resultados luego de aplicar el modelo descrito en una empresa de textilería de lencería fueron mejorar la producción en un 25% y reducir el impacto ambiental en un 15% aplicando herramientas Lean como 5's, TPM y Kaizen.

Capítulo 6: Conclusiones

Del presente trabajo se puede concluir que, conforme los daños ambientales han aumentado, también han surgido iniciativas en industrias principalmente no primarias para contrarrestar el daño y además permitir a dichas industrias ser partícipes de la sostenibilidad en el país que se encuentre llevando a cabo sus actividades. Una de estas iniciativas es el Green Manufacturing, cuya aplicación puede abarcar toda la cadena de suministro o enfocarse en una de las partes de esta dependiendo de los beneficios que se deseen obtener y también de la industria. Debido a ser un modelo relativamente nuevo y especialmente en la región de América Latina, aún no se encuentran totalmente definidas sus herramientas de aplicación, las cuales variaban según el criterio de los autores de la bibliografía revisada para este trabajo de investigación; sin embargo, se buscaron similitudes dentro de estas y es lo que se presenta. Con respecto a la realidad nacional, se puede concluir que el Perú está teniendo un crecimiento en aplicación de políticas medioambientales y búsqueda de sostenibilidad en las estrategias de las empresas, enfocado principalmente en las pequeñas y medianas empresas por su gran representación en el país y liderado por las grandes empresas, las cuales son, por ahora, las que mayor participación presentan en iniciativas presentadas por las entidades nacionales. Por último, se concluye que para que la aplicación del Green Manufacturing tenga éxito en el sector manufacturero no primario se debe complementar con el Lean Manufacturing dando como resultado Lean-Green Manufacturing, aprovechando los principios afines que comparten enfocados en la reducción de desperdicios optimizando el consumo de recursos.

Bibliografía

- Andina (2020, 19 de setiembre). Conoce qué es la Huella de Carbono Perú y cómo se calcula. *Andina*. Recuperado de <https://bit.ly/3o1N9fL>
- Arbaiza, M. (2020). *Huella de carbono: importancia y avances en el Perú*. Conexión ESAN. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/bloggers/accion-sostenible/2020/09/huella-de-carbono-importancia-y-avances-en-el-peru/>
- Baque, L., Mera, L. & Herrera, M. (2018). Desarrollo de estrategias de manufactura sostenible en la micro, pequeña y mediana empresa metal mecánica (MIPYMES). *Journal of Alternative Perspectives in the Social Sciences*, 9(3), 547-554.
- Brondani, M., de Oliveira, J. S., Mayer, F. D. & Hoffmann, R. (2020). Life cycle assessment of distillation columns manufacturing. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 5925-5945. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00459-5>
- Buczko, C. & Felipe-Morales, L. (2015). Perú: La transición hacia una industria verde. Perspectivas de la industria manufacturera. Recuperado de <https://bit.ly/3qsTtyy>
- Carbajal, G. (2019). *Modelo Lean-Green en el proceso de producción dentro de la industria de confecciones textiles de lencería* (Tesis de licenciatura en Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Repositorio Académico UPC.
- Cimatti, B., Campana, G. & Carluccio, L. (2017). Eco Design and Sustainable Manufacturing in Fashion: A Case Study in the Luxury Personal Accessories Industry. *Procedia Manufacturing*, 8, 393-400. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.050>.
- Cioca, L., Ivascu, L., Turi, A., Artene, A. & Găman, G. A. (2019). Sustainable Development Model for the Automotive Industry. *Sustainability*, 11. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/337300144_Sustainable_Development_Model_for_the_Automotive_Industry
- Elias, B. A., Cerqueira de Sousa Gouveia Carvalho, A. I., Azevedo Rodrigues Gomes, M.I. & Ferreira Dias Barbosa-Povoa, A. P. (2020). Business strategy for sustainable development: Impact of life cycle inventory and life cycle impact assessment steps in supply chain design and planning. *Business Strategy and the Environment*, 29(1), 87-117. <https://doi.org/10.1002/bse.2352>
- Feijoo, G. & Moreira, M. (2020). Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono: Casos Prácticos. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/340559753_Analisis_de_Ciclo_de_Vida_y_Huella_de_Carbono_Casos_Practicos
- Gutiérrez, H. (2010) *Calidad total y productividad*. México: McGraw Hill.
- Helu, M. & Dornfeld, D. (2013). Principles of Green Manufacturing. *Green Manufacturing*, 107-115. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6016-0_5

- Huella de Carbono Perú. (2020). *¿Cómo neutralizar?* Recuperado de <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/neutralizacion>
- Huella de Carbono Perú. (2020). *¿Qué es la Huella de Carbono Perú?* Recuperado de <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>
- Inman, R. A. & Green, K. W. (2018). Lean and green combine to impact environmental and operational performance. *International Journal of Production Research*, 56(14), 4802-4818. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1447705>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019). *Reporte del PBI de las actividades económicas, por años*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/pbi-de-las-actividades-economicas-por-anos-9096/>
- Karuppiah, K., Sankaranarayanan, B., Ali, S. M., Chowdhury, P., Paul, S. K. (2020). An integrated approach to model the barriers in implementing green manufacturing practices in SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121737>.
- Leong, W.D., Lam, H. L., Ng, W. P. Q., Lim, C. H., Tan, C. P. & Ponnambalam, S. G. (2019) Lean and Green Manufacturing — a Review on its Applications and Impacts. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 3, 5-23. <https://doi.org/10.1007/s41660-019-00082-x>
- Loayza, J. & Silva, V. (2013). Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. *Industrial Data*, 16(1), 108-117. <https://doi.org/10.15381/idata.v16i1.6425>
- Ministerio de la Producción (2004). *Plan Nacional Ambiental del Sector Industrial Manufacturero*. Recuperado de <http://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/2004/octubre/rm359-2004-produce.pdf>
- Ministerio de la Producción (2018). *Micro, Pequeña y Mediana Empresas (MIPYME)*. Recuperado de <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/estadistica-oe/estadisticas-mipyme>
- Pang, R. & Zhang, X. (2019). Achieving environmental sustainability in manufacture: A 28-year bibliometric cartography of green manufacturing research. *Journal of Cleaner Production*, 233, 84-99. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.303>.
- Paul, I. D., Bhole, G. P. & Chaudhari, J. R. (2014). A Review on Green Manufacturing: It's Important, Methodology and its Application. *Procedia Materials Science*, 6, 1644-1649. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.149>.
- PNUD Perú (2020, 16 de julio). *Nono, el oso de la Huella de Carbono que pedirá el compromiso de las empresas con la acción climática*. Recuperado de <https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/presscenter/articles/2020/nono--el-oso-de-la-huella-de-carbono-que-pedira-el-compromiso-de.html>

- Rachuri, S., Sriram, R. D. & Sarkar P. (2009). Metrics, standards and industry best practices for sustainable manufacturing systems. *2009 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, 472-477. <https://doi.org/10.1109/coase.2009.5234090>
- Rajadell, M. & Sánchez, J. L. (2010) *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Ramanujan, D., Bernstein, W Z., Chandrasegaran, S. K. & Ramani, K. (2017). Visual Analytics Tools for Sustainable Lifecycle Design: Current Status, Challenges, and Future Opportunities. *Journal of Mechanical Design*, 139(11) <https://doi.org/10.1115/1.4037479>
- Redacción Gestión. (2019, 16 de mayo). Reciclaje: 10 emprendimientos peruanos que dan vida a objetos en desuso. *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/fotogalerias/reciclaje-10-emprendimientos-peruanos-dan-vida-objetos-desuso-267023-noticia/?ref=gesr>
- Sezen, B. & Çankaya, S. Y. (2013). Effects of Green Manufacturing and Eco-innovation on Sustainability Performance. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 99, 154-163. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.481>.
- Telenko, C., O'Rourke, J. M., Seepersad, C. C. & Webber, M. E. (2016). A Compilation of Design for Environment Guidelines. *Journal of Mechanical Design*, 138(3). <https://doi.org/10.1115/1.4032095>
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D. & Yang, M. C. (2012). *Product Design and Development* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Urieta, S. & Córdoba, E. (2016). Sostenibilidad empresarial a través de la manufactura de clase mundial. *Revisión de iniciación científica*, 2(1), 19-30. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/598>
- Vattampambil, V. & Satheesan, S. (2020). Life Cycle Perspective in relation to ISO 14001: 2015 and associated impacts of Design For Environment (DFE) and Sustainable development. Recuperado de <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hh:diva-42235>