



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL
PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA
LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

Luis Enrique Escobar García

Asesorado por el Ing. Hugo Armando Mérida Pineda

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL
PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA
LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ENRIQUE ESCOBAR GARCÍA

ASESORADO POR EL ING. HUGO ARMANDO MÉRIDA PINEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecun Castellanos
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Altiza Calderón de León
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 23 de octubre de 2021.

Luis Enrique Escobar García



EEPFI-PP-0005-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energía Aplicada - Uso Eficiente de la Energía - Uso eficiente en residencias y edificios**, presentado por el estudiante **Luis Enrique Escobar Garcia** carné número **200915612**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

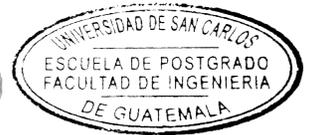
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Hugo Armando Mérida Pineda
Asesor(a)

Mtro. Hugo A. Mérida P.
Colegiado: 6365

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0005-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**, presentado por el estudiante universitario **Luis Enrique Escobar Garcia**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.170.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN UNA EXPORTADORA DE CAFÉ PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**, presentado por: **Luis Enrique Escobar García**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser el eje principal de mi vida y mis actos, porque a pesar de pasar por momentos oscuros y obstáculos, que en su momento pensé que serían insuperables, me concedió el temple y la perseverancia para salir adelante.

Mi padre

Luis Enrique Escobar Jeréz (q.e.p.d.) porque a pesar de no estar con nosotros físicamente, con sus buenas acciones en vida dejó asegurado mi futuro y el de mis hermanas.

Mi madre

Celia del Rosario García Reyes por el esfuerzo que conlleva sacar adelante un profesional, porque a pesar de todas las adversidades por las que pasó, supo mantenerse en el camino del bien demostrándome así lo que puedo lograr si persevero y no me desvío.

Mis tíos

Miguel Ángel Borrayo Bran, Guillermina del Carmen Escobar Jerez, Leonel Flores y Olga Marina Escobar Jerez porque se encargaron de guiarme, educarme, cuidarme como si fuese un hijo; a pesar de que no vivimos juntos, sus

enseñanzas y consejos me acompañan toda la vida.

Mis hermanas

Carolina María del Rosario Escobar García y María Teresa Escobar García porque sueño con que algún día ellas me puedan dedicar un acto como éste.

Mis primos

Jorge Antonio Flores Escobar de quien aprendí a no dejarme pisotear por nadie, Luis Miguel Ángel Borrayo Escobar quien siempre ha sido como un hermano para mí, Miguel Fernando Enrique Borrayo Escobar de quien aprendí a elegir mis batallas y Juan Pablo Miguel Borrayo Escobar de quien aprendí que hay que luchar por la estabilidad económica.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios, por darme el privilegio al que solo muy pocos guatemaltecos tenemos acceso.

Facultad de Ingeniería

Por darme las herramientas y conocimientos necesarios para cumplir mis metas.

**Mis amigos de la
Facultad**

Miriam Gabriela García Cano, Julio Roberto Martínez y María Fernanda Serrano por acompañarme en las tortuosas noches de desvelo antes de la entrega de proyectos ya que sin su apoyo incondicional no habría podido completar este logro.

Mi mejor amiga

Luz de María Morales porque a pesar de que nuestra amistad ha tenido altos y bajos, a lo largo del tiempo, has estado allí para mí en las buenas y en las malas; siempre alentándome para que alcance mis metas, ayudándome a discernir entre el bien y el mal; pero sobre todo me enseñó a sonreírle a la vida a pesar de lo difícil que sean las circunstancias.

**Mis amigos de
Fedecocagua**

Gustavo Galicia, Luis Adolfo López, Luis Fernando Alvarado, Denilson Grijalva, por apoyarme y motivarme para completar esta etapa, por su consejo y aliento cuando más lo necesitaba.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15
6.1. Descripción de las necesidades laborales.....	15
6.1.1. Optimización de transporte	16
6.1.2. Optimización de entregas	16
6.1.3. Optimización justo a tiempo.....	16
6.1.4. Optimización por venta en corto	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19

7.1.	Bases teóricas.....	19
7.1.1.	Variable 1. Impacto ambiental.....	19
7.1.2.	Variable 2. Optimización en procesos.....	23
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	35
9.	METODOLOGÍA.....	39
9.1.	Características del estudio.....	39
9.2.	Unidades de análisis.....	39
9.3.	Variables.....	39
9.4.	Fases del estudio.....	41
9.4.1.	Fase 1: revisión bibliográfica.....	41
9.4.2.	Fase 2: gestión o recolección de la información.....	41
9.4.3.	Fase 3: análisis de información.....	42
9.4.4.	Fase 4: interpretación de información.....	42
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	43
11.	CRONOGRAMA.....	45
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	47
12.1.	Recursos humanos.....	47
12.2.	Recursos financieros.....	48
12.3.	Recursos tecnológicos.....	48
12.4.	Acceso a la información.....	49
12.5.	Permisos.....	49
12.6.	Equipo.....	49
12.7.	Infraestructura.....	50
12.8.	Inversiones y fuentes de financiamiento.....	50

12.9.	Interpretación de la factibilidad	51
13.	REFERENCIAS	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cronograma de actividades.....	45
----	--------------------------------	----

TABLAS

I.	Definición teórica y operativa de las variables.....	40
II.	Optimizaciones en procesos	41
III.	Recursos necesarios para la investigación	48
IV.	Recursos necesarios para la investigación	51

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
\$	Dólar estadounidense
E	Este
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora
Hz	Hercio
h	Horas
=	Igual que
kW	Kilovatio
kV	Kilovoltio
>	Mayor que
MW	Megavatio
MWh	Megavatio hora
<	Menor que
m	Metro
m^3	Metro cúbico
m^3/s	Metro cúbico por segundo
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
Mo	Molibdeno
Ni	Níquel
N	Norte
O	Oeste

%	Porcentaje
P	Potencia
“	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
S	Sur
Ns	Velocidad angular o velocidad específica

GLOSARIO

AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
Aporte	Se refiere a la transferencia de material del electrodo al rodete por medio de la soldadura.
AWS	Asociación Americana de Soldadura.
Axial	En dirección al eje.
Caída	Diferencial de altura entre el embalse y el punto donde está la turbina.
Cangilón	Álabes o paletas unidos al rodete.
Casa de máquinas	Infraestructura en donde se encuentra la o las turbinas de una central hidroeléctrica.
Cota	Número que indica la altura de un punto sobre el nivel del mar.
Desfogue	Cota más baja de un complejo hidroeléctrico, punto en donde se regresa el agua al cauce del río.
Embalse	Acumulación de agua debido a una presa.

Energía cinética	Energía debida a un movimiento determinado.
Energía potencial	Energía que contiene el agua debido a la altura y es aprovechable para generar electricidad a partir de la misma.
FIE	Fecha de inicio de exploración, autorización emitida por el Ministerio de Energía y Minas para autorizar la exploración o construcción de una hidroeléctrica.
GLP	Gas licuado de petróleo, propano.
GRP	Glass-reinforced plastic (material plástico reforzado con fibras de vidrio)
IEMA	Impuesto a las empresas mercantiles y agropecuarias.
INDE	Instituto Nacional de Electrificación.
IVA	Impuesto al valor agregado.
Inyector	Dispositivo que abre, cierra y direcciona el flujo de agua hacia los cangilones.
MAG	Metal active gas, soldadura de electrodo continuo que usa un gas activo en su proceso.
MIG	Metal inert gas, soldadura de electrodo continuo que usa un gas inerte en su proceso.

PLC	Controlador lógico programable.
Presa	Obstáculo que tiene como objetivo elevar el nivel del agua a una cota específica.
Recurso hídrico	Agua.
RPM	Revoluciones por minuto.
Rodete	Elemento rotativo dentro de una turbina hidráulica.
SAT	Superintendencia de Administración Tributaria.
SNI	Sistema Nacional Interconectado.
Spot	Costo del MWh en Guatemala.
Tensión	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en voltios.
Transformador	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.
Turbina hidráulica	Aprovecha la energía de un fluido y la convierte en energía mecánica rotativa.
UTM	Sistema de coordenadas universal transversal de mercator.

Vatio

Unidad de medida de potencia

ZAT

Zona afectada térmicamente.

RESUMEN

El siguiente diseño de investigación plantea una propuesta de solución creativa a un problema de capacidad que se presenta en industrias agrícolas, en las que fluctúa la cantidad de materias primas producidas, buscando optimizar los recursos, el espacio disponible y evitando con ello el impacto ambiental que se crearía con las otras alternativas de solución.

El principal enfoque de la propuesta de solución es evitar el impacto ambiental que pueden producir la construcción y mantenimiento de una bodega de almacenaje para materias primas y productos terminados; evitando así afectar los factores bióticos y abióticos del entorno. Como un segundo enfoque se busca proponer formas adicionales para optimizar los procesos de producción y almacenaje en un beneficio de café seco.

Con el desarrollo de la propuesta surgen diferentes etapas del proceso de producción y almacenaje en donde se pueden insertar acciones que mejorarían considerablemente la capacidad de producción y reducirían la necesidad de construir una nueva bodega. Las optimizaciones que se plantean son:

Implementar mejoras en la comunicación con los pequeños productores para planificar una dosificación en el transporte de materias primas, esto permitirá que el café se retenga en las fincas y en el transporte, en lo que se va liberando el espacio disponible en la planta de producción.

Implementar mejoras en la comunicación con los clientes para aumentar el tamaño de los lotes y con envíos más periódicos con el objetivo de dosificar el transporte de producto terminado. Esto permitirá que el café desocupe las bodegas de forma controlada y facilite el flujo del proceso.

El tercer punto que se propone implementar es la combinación de las mejoras anteriores y adicionalmente calibrando la velocidad de producción de la maquinaria, para homologar lo mas que se pueda una metodología de justo a tiempo, consiguiendo con ello un flujo del proceso que no depende del almacenaje; claro está que no siempre se podrá tener un flujo constante y debido a ello aún se necesitaría de un lugar dónde almacenar los subproductos y las materias primas excedentes.

Debido a que las mejoras anteriores dejan aún una pequeña parte de café que se necesita almacenar, se plantea la cuarta propuesta de mejora que consiste en vender en corto todos los excedentes y recomprarlos a futuro, lo cual generaría dos escenarios: el primer escenario consiste en que el precio del café disminuye con el tiempo, de ser así al comprar de nuevo el café se obtendrían ganancias. Y el segundo escenario es que el precio del café aumente, lo que produciría un costo; el cual se recomienda ser analizado para decidir si esta estrategia es conveniente a largo plazo.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, los planes para minimizar el impacto que los factores bióticos y abióticos sufren del entorno, se realizan mitigaciones las cuales en su mayoría a penas logran subsanar los efectos directos y rara vez lo hacen con los efectos indirectos; es por ello que una prevención es siempre mejor que una mitigación.

La legislación guatemalteca exige que para todo proyecto que se ejecuta, debe haber un estudio de impacto ambiental asociado; pero al ser tan pocos trabajadores en el ministerio de ambiente y recursos naturales, no se dan abasto para auditar que en realidad se cumplan las medidas de mitigación propuestas y muchas empresas se aprovechan de esto para dejar de lado la mitigación y afectan los factores bióticos y abióticos del entorno.

Afortunadamente en Guatemala aún existen empresas como Fedecocagua, una empresa que se dedica a procesar y comercializar café; el proceso de beneficio seco de café, lo realizan en Palín, Escuintla y sus operaciones las dirigen desde la zona 5 de la ciudad capital; en esta empresa se preocupan por el medio ambiente y la sostenibilidad a largo plazo, debido a dicha preocupación permitieron que se realice una propuesta que les ayude a prevenir el impacto ambiental que se generaría en los factores bióticos y abióticos del entorno a través de mejoras en sus procesos de producción y almacenaje.

En el desarrollo de esta investigación se hacen converger a la Ingeniería Industrial con la Maestría en Energía y Ambiente al combinar intereses en común para ambas disciplinas, tomando una variable de cada una, relacionándolas y con

ello permitiendo que una complemente a la otra al abrir las puertas de la optimización de procesos con objetivos ambientales y económicos.

Con esta propuesta no solo se pretende hacer converger ambas disciplinas y prevenir el impacto ambiental; si no que se pretende ir aún más lejos, sirviendo de precedente para muchas más investigaciones que busquen prevenir por encima de mitigar, demostrando que la responsabilidad social ya no solo está en ser neutro.

Para garantizar que futuras generaciones podrán hacer uso de los recursos naturales, debemos dejar de dañar los pocos recursos que nos quedan y debemos servir de ejemplo para que los demás vean que se puede prevenir el impacto ambiental, el deterioro de los factores bióticos y abióticos del entorno, mejorar las capacidades productivas y aumentar los ingresos percibidos, todo a la vez, solo se deben atacar los problemas con creatividad.

2. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de la investigación fue necesario consultar algunas fuentes de información para poder explicar de una mejor manera los fundamentos que se necesitarán. Las siguientes fuentes desarrollan los temas desde la importancia en la sostenibilidad en construcciones hasta mejoras en los procesos de producción en plantas de beneficio de café seco.

Consiste en la correcta administración de los recursos y materiales para beneficio mutuo entre el elaborador del proyecto y el medio ambiente.

Como se menciona en su investigación *La construcción sostenible*: “Los edificios consumen entre el 20 % y el 50 % de los recursos naturales según su entorno, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como la madera, determinados minerales, el agua y la energía” (Ramirez, 2006, p. 33).

En su artículo se define a la construcción sostenible como: “aquella que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente” (Ramirez, 2006, p. 30).

El sector de la construcción es considerado mundialmente como una de las principales fuentes de contaminación medioambiental a menudo la construcción es un proceso desordenado con poco énfasis en proteger el medio ambiente causando afectaciones en el medio biótico y abiótico.

En la investigación *Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una bodega* se expresa que “por la dimensión de la bodega se desprecia la evaluación de impacto ambiental para este tipo de obras” (Morales, 2017, p.12).

El autor busca crear conciencia de la contaminación medioambiental que genera el crecimiento de proyectos de construcción; a partir de un ejercicio académico que tiene como objetivo, evaluar el impacto ambiental que produce una obra de baja magnitud.

Las empresas constantemente se encuentran buscando formas para poder mejorar continuamente sus actividades, donde la administración de los factores ambientales son parte de una pieza fundamental que se emplea para hacer énfasis o resaltar las consecuencias de las actividades sobre el entorno natural y los ecosistemas.

En la investigación *Análisis del impacto ambiental de una planta de beneficio* Se detectaron riesgos ambientales relacionados a instalaciones eléctricas, accidentes laborales, derrame de productos químicos, derrame de hidrocarburos, descarga de líquidos, sólidos y gaseosos que contaminan el ambiente (Luzuriaga, 2019).

Para que una empresa tenga una certificación que avale tener gestiones ambientales dentro de su empresa, debe pasar por una serie de procesos legales, sociales y económicos. El objetivo general es describir la problemática ambiental en que se encuentra la planta de beneficio (Sánchez, 2011).

El método más adecuado para la medición de la eficiencia técnica es el análisis envolvente de datos, como inputs: área de cultivo, cantidad de fertilizantes y plaguicidas, edad del cafetal y el beneficio húmedo; y como outputs:

calidad del café (características físicas y organolépticas) y kilogramos de café producido.

En la investigación *Evaluación de los beneficios potenciales de las aplicaciones móviles para los pequeños productores de café* Botero, (2019) Se encontró que el método más adecuado para la medición de la eficiencia técnica es el análisis envolvente de datos.

El modelo más adecuado para evaluar la eficiencia técnica en la producción de café especial por medio de una revisión bibliográfica da orientación al modelo apropiado y visitas de campo e indagación de las variables requeridas para la correcta medición de estas.

La caficultura tiene ventajas en calidad y mercadeo que lo vuelven un mercado competitivo y una de las actividades más importantes para la industria agrícola y para la industria bursátil, llegando al punto de que le apodan como grano de oro.

Así mismo, “La aplicación del manual de BPM incidiría de manera positiva abriendo nuevas puertas a nuevas certificaciones para el beneficio que respalden el buen funcionamiento del proceso productivo del café” (Blandón y Cruz, 2017, p. 35). Por lo que, elaboraron un manual de buenas prácticas de manufactura aplicadas a la sección de beneficio seco del proceso de producción de café y con ello consiguieron mejorar considerablemente la eficiencia de su producción a no tener atrasos por lesiones en el personal.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala es un país productor y entre sus principales productos de exportación se encuentra el café, por lo que es de vital importancia para la economía del país que a los productores grandes, medianos y pequeños no les hagan falta acceso asequible a las nuevas técnicas y tecnologías de producción.

Durante la crisis sanitaria que empezó en 2020 junto con las calamidades surgieron también nuevas oportunidades de crecimiento. Entre los grandes impactos que sufrió el negocio del café fue que muchas empresas redujeron drásticamente el consumo café; sin embargo, surgió un nuevo nicho de consumidores, los trabajadores desde casa, quienes continuaron con su hábito de consumo de café y gracias a ello el consumo neto aumentó.

- Descripción del problema

El café por su naturaleza en nuestra economía no se quedó desamparado durante la crisis, tanto los pequeños como los medianos productores fueron apoyados por diferentes organizaciones y cooperativas, dándoles herramientas y acceso a nuevas tecnologías que les permitieron mejorar su capacidad de recolección, selección, y principalmente se aceleró el proceso de beneficio húmedo.

Al tener mayor flujo de producción en una etapa intermedia del proceso, se reestructuran los cuellos de botella anteriormente establecidos y por ende se tiene a acumular producto en proceso que espera ser procesado por la siguiente etapa; al enfrentarse a tal situación en una cooperativa exportadora de café

ubicada en Palín, Escuintla, plantea la construcción de una bodega en donde almacenar el producto en proceso, en esa etapa llamado “café pergamino”.

Dicha construcción de bodega implica que se realizará un considerable impacto ambiental hacia los factores bióticos y abióticos del entorno, los cuales serán mitigados; pero una mejor propuesta sería prevenirlos; también se debe tomar en cuenta que la construcción de una bodega adicional solo retrasará el problema y no lo soluciona.

- **Formulación del problema**

Se propondrá la optimización de los procesos de producción y almacenaje que permita aprovechar el espacio desaprovechado dentro de la maquinaria, el espacio desaprovechado del producto en tránsito y el espacio de bodegas para producto terminado.

La propuesta plantea 3 espacios de almacenamiento que no han sido considerados anteriormente, los cuales son:

- El espacio dentro de la maquinaria de producción, que si se mantiene una producción continua todo ese producto no ocupa espacio de bodega.
- El espacio de almacenamiento de los productores y sus camiones, que puede ser aprovechado optimizando el nivel de reorden.
- El espacio que se requiere de las bodegas de producto terminado, los cuales se pueden aprovechar al mantener una producción continúa siguiendo una planificación de justo a tiempo.

Dejando las interrogantes: ¿es posible optimizar los procesos de producción y almacenaje hasta el punto de evitar la necesidad de construir una nueva bodega? ¿la metodología de justo a tiempo será suficiente para reducir la necesidad de almacenar el café pergamino? o ¿hará falta algún

análisis complementario que permita hacer un uso más eficiente del espacio? ¿de existir un análisis complementario que permita hacer más eficiente el proceso de producción y almacenaje, cuál es?

- Delimitación del problema

Las optimizaciones se propondrán siguiendo una metodología justo a tiempo para minimizar la necesidad de bodegas de producto terminado; también se utilizarán balances de líneas para maximizar la capacidad de producción de la planta y por último se calcularán los niveles de rotación de inventario y los niveles de reorden para aprovechar las bodegas de los productores.

En una importante cooperativa exportadora de café ubicada en Palín, Escuintla, más específicamente en los procesos relacionados con sus líneas de producción, almacenaje y compras. La elaboración de la propuesta se demorará aproximadamente 3 meses y el tiempo de implementación ya dependerá de los resultados de la investigación en función de la dificultad que suponga optimizar sus procesos.

La propuesta se limita a ofrecer una alternativa de solución más amigable con el medioambiente y de paso mejorar los márgenes de beneficio de la empresa al maximizar la producción y minimizar el espacio requerido para producto terminado.

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación da seguimiento a un problema no estudiado previamente que pertenece a las líneas de investigación:

- Aspectos técnicos, económicos y ambientales en el uso y aprovechamiento de recursos energéticos.
- Uso eficiente de sistemas industriales y comerciales.

Y se justifica en ellas debido a que se realizará una propuesta para mejorar los procesos industriales de producción y almacenaje con el objetivo de que, al realizar dicha mejora, ya no será necesario construir una bodega de almacenaje y con ello se prevendrá el impacto ambiental que se produciría de no ser implementada la propuesta.

Los aportes que se plantearan en la investigación; es decir la variable de entrada se trata de una propuesta de optimización en procesos de producción y almacenaje. Los productos prácticos; es decir la variable de salida que plantea esta investigación es la prevención del impacto ambiental.

De ser implementada la propuesta de optimización se beneficiarán los grandes, medianos y pequeños productores ya que los cuellos de botella actuales no limitarán su capacidad de ofrecer productos de calidad en un mercado internacional. Se beneficia a la empresa y a sus trabajadores al tener procesos de producción optimizados, los cuales representan aumentos en los beneficios económicos. Se verían beneficiados a los factores bióticos y abióticos del entorno al no verse afectados.

Optimizando los procesos de producción y almacenaje se utiliza el espacio disponible dentro de la maquinaria, el espacio de almacenamiento de los productores y se libera espacio en las bodegas de producto terminado haciendo que sea innecesaria la construcción de una bodega adicional. Es pertinente debido a que será un beneficio a la comunidad, y al ecosistema al no generar un impacto ambiental innecesario.

También es pertinente de forma indirecta ya que al optimizar los procesos de producción y almacenaje el personal que trabaja en dichos procesos será capacitado e instruido aportándole así un mayor valor en el mercado de trabajo. Otro aspecto para considerar es la labor social que caracteriza a la empresa, quienes al mejorar sus márgenes de beneficios trasladan de una forma proporcional ese aumento a los trabajadores pagándoles bonos e incentivos de productividad.

La maestría al encontrarse entre el marco de energía y ambiente involucra todo análisis profesional dentro de la prevención y mitigación del impacto ambiental, y de parte de la licenciatura, a la Ingeniería industrial le compete la transformación y optimización de los recursos para su aprovechamiento por la industria.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proponer una optimización del proceso de producción y almacenaje en una exportadora de café que elimine la necesidad de construir una bodega de almacenaje para evitar el impacto ambiental asociado a su construcción y mantenimiento.

5.2. Específicos

- Proponer una optimización en los procesos de producción utilizando la metodología de justo a tiempo para evitar un desbalance en el entorno asociado a la construcción de una bodega.
- Proponer una optimización en los procesos de almacenaje con mejoras en el transporte de materia prima y producto terminado evitando un desbalance en el entorno asociado a la construcción de una bodega.
- Proponer una optimización en los procesos de producción y almacenaje que implemente un pronóstico de precios del café y vendiendo en corto los lotes de producto terminado evitando así alteraciones de factores bióticos y abióticos asociados a la construcción de una bodega.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

A continuación, se plantean las necesidades principales que tiene la empresa y se presenta una propuesta de solución basada en 4 etapas que proponen resolver los inconvenientes de almacenaje que tiene la planta de producción evitando así el impacto ambiental que se ocasionaría por la construcción de una bodega.

6.1. Descripción de las necesidades laborales

Las necesidades laborales que se pretende cubrir son consecuencia de la optimización de los procesos de producción y almacenaje, una de ellas es el ahorro que se obtendrá al no tener que construir una bodega adicional, al encontrarse optimizados los procesos también se cubre la necesidad de los trabajadores de aportar su mano de obra calificada en otros procesos, así como su sentido de pertenencia en la empresa al ser involucrados y tomados en cuenta.

Otra necesidad que se cubre es la del personal externo de no realizar los traslados innecesarios de sacos entre de las bodegas, ya que el esfuerzo físico que conllevan esos movimientos resulta extenuante. La necesidad que se cubre en el ámbito nacional es la de fortalecer la industria productiva de café permitiendo que se alcancen nuevos niveles de producción mucho más altos que los anteriores, fortaleciendo la capacidad de exportación y contribuyendo al PIB del país.

También se cubre la necesidad del medio ambiente de no ser perturbado y más aún si se pudo evitar con estrategias sencillas. Mucho se ha hablado de

optimización, pero hasta este punto no se ha mencionado específicamente en qué consiste la optimización. Lo que se pretende realizar son 4 mejoras en los procesos ya que de forma individual cada una contribuirá prescindiendo de la necesidad de construir una bodega.

6.1.1. Optimización de transporte

La optimización de transporte consistirá en planificar detalladamente la recepción de materia prima para mantener lo máximo posible de producto en ruta. Y dependiendo de la cantidad de producto que se logre mantener en ruta, así será la reducción en la necesidad de almacenaje.

6.1.2. Optimización de entregas

Al igual que en el inciso anterior esta etapa pretende mantener siempre producto terminado en ruta, realizando pequeños envíos, pero más periódicos se obtendrá una considerable reducción en la necesidad de almacenaje.

6.1.3. Optimización justo a tiempo

Con esta optimización se pretende determinar niveles de reorden que planifiquen la producción de salida alineándose con la recepción de materia prima y balanceando las líneas de producción para que los cuellos de botella no detengan la producción, si no que más bien ellos sean quienes marquen el ritmo al que se desea producir.

Al realizar dicha optimización el producto pasará directo desde materia prima hasta el embarque por lo que ya no serán necesarias las bodegas de producto en proceso; pero al tratarse de una situación real y no un caso ficticio

se mantendrán las bodegas actuales por prevención en caso de algún desperfecto en las líneas de producción o por si a petición de un cliente fuera necesario entregar un solo lote en vez de varios lotes más pequeños.

Optimizaciones en procesos de producción se realizan todo el tiempo e incluso muchas de ellas ni siquiera llegan a ser un documento formal, en ocasiones basta con modificar la posición de las herramientas para obtener resultados satisfactorios; sin embargo el enfoque de esta solución no es por fines puramente lucrativos, sino todo lo contrario, se pretende evitar la construcción de una bodega porque de realizarse se verían afectados de forma directa e indirecta los factores bióticos y abióticos del entorno.

Es de importancia para la maestría ya que esto abre las puertas a una nueva corriente de pensamiento basado en el desarrollo sostenible y en armonía con el entorno.

En el campo de la maestría se busca obtener un desarrollo que esté en armonía y balance con el entorno natural, respetando la naturaleza y previniendo cualquier impacto ambiental innecesario, por lo que realizar una serie de optimizaciones que busquen aumentar considerablemente la capacidad de producción de una empresa y que en el proceso no solo se mitigue el impacto ambiental si no que éste sea prevenido debe ser considerado no solamente valido técnicamente si no que debería ser obligatorio para cualquier desarrollo que se pretenda hacer.

6.1.4. Optimización por venta en corto

Para reducir el almacenaje también se puede homologar el proceso que se hace en las transacciones en bolsa de valores, llamado venta en corto, el cual

consiste en liquidar las acciones y volver a comprarlas más adelante cuando se necesitan. Dependiendo del comportamiento del precio del café en el mercado homologar este comportamiento puede ser una estrategia viable debido a que el precio no cambia mucho en el transcurso del año y en caso el precio del café suba, las pérdidas no deberían ser mayores que el costo de almacenaje.

7. MARCO TEÓRICO

Se realizó una revisión de la literatura relacionada con el impacto ambiental y relacionado con las optimizaciones en los procesos industriales; para una mejor comprensión de la definición de la solución al problema se separa en dos variables y se definen por separado.

7.1. Bases teóricas

Tras una exhaustiva búsqueda de fuentes de información nacionales e internacionales se lograron recopilar las siguientes bases teóricas para sustentar las variables impacto ambiental y optimización industrial.

7.1.1. Variable 1: impacto ambiental

Para tener una correcta definición de impacto ambiental, se realiza una búsqueda por los autores más conocidos al respecto y a continuación se detallará el concepto, las características, los tipos, los síntomas de prevención, las causas y consecuencias del impacto ambiental.

Como lo definió Salvador (2005) un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. El impacto ambiental debe ser mitigado y de ser posible prevenido debido a que “Los edificios consumen entre el 20 % y el 50 % de los recursos naturales según su entorno, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como la madera, determinados minerales, el agua y la energía” (Ramírez, 2006, p. 33).

Otro aspecto muy importante por considerar es que las bodegas continúan dañando el medio ambiente luego de ser construidos.

- Características del impacto ambiental

Sus características implican que pueden ser categorizados por su nivel de afectación, por su escala temporal o espacial y por definición tienen la característica ser modificable, predecibles y controlables si se actúa con tiempo.

El impacto ambiental se caracteriza por claros desbalances en el entorno que llevan a cambios sustanciales, ya sea en la cadena trófica o los factores climáticos de una determinada región.

- Tipos de impacto ambiental

Debido a su definición y características, los impactos ambientales pueden afectar de forma positiva y de forma negativa el ambiente. “Un impacto no puede ser neutro, es necesaria una valoración de si el cambio ambiental producido es positivo o negativo “(Salvador, 2005, p. 21).

También puede ser clasificado por su escala temporal o espacial, este tipo de impacto sufre una retroalimentación positiva de sí mismo haciendo que una vez iniciado, no se detenga e incluso siga expandiéndose por más superficie.

- Síntomas de prevención del impacto ambiental

El principal síntoma de que existe o existió un impacto ambiental se puede medir mediante la calidad ambiental, siempre tomando en cuenta que los

cambios leves son naturales y los cambios drásticos deben tener una causa asociada.

Existen 3 tipos de indicadores, los cuales son:

- Indicadores de causa, como la presencia de mercurio o la de coliformes en el agua, debidos a los vertidos industriales o urbanos respectivamente.
- Indicadores de efecto, como la muerte de los peces del río.

Indicadores de calidad ambiental, en este caso pueden ser todas las variables que estén relacionadas con la calidad del agua (Alcaide, 2006). La mejor herramienta para determinar los impactos son las matrices de relaciones causa-efecto. Se parte del árbol de acciones de la obra y del árbol de factores ambientales afectados que se disponen como entradas de una matriz. Se señalan las casillas de cruce cuando en ellas se tiene un impacto significativo. Se han utilizado muchas variantes de estas matrices, de las que la Matriz de Leopold es la más conocida (Sánchez, 2015).

La primera y más conocida de las matrices de causa-efecto es la Matriz de Leopold, que fue desarrollada en 1971 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América del Norte para la evaluación de impactos ambientales de una mina de fosfatos en California y que desde entonces se ha utilizado y se utiliza en los estudios de impacto ambientales. Incluye dos extensas listas de revisión, una de acciones del proyecto, con 100 acciones, y la otra con 88 elementos ambientales (Sánchez, 2015).

La matriz de Leopold es una estrategia que permite medir de forma cualitativa el grado de impacto que un proyecto puede llegar a tener en el ambiente y mediante el reconocimiento de las causas del impacto ambiental se pueden desarrollar estrategias que permitan mitigar el impacto, y con estas estrategias se puede medir de forma cuantitativa el costo de mitigar el impacto.

- Causas del impacto ambiental

La principal causa del impacto ambiental es la acción humana mediante sus procesos sociales y naturales, de forma directa e indirecta.

Cabe destacar que la acción humana también es capaz de prevenir o mitigar el impacto ambiental; pero es necesario concientizar a las personas para que puedan hacerlo, el primer argumento de concientización que suele utilizarse es que por mucho dinero que los empresarios generemos hoy, de nada sirve si mañana no va a existir un mundo en el que se pueda gastar ese dinero.

- Consecuencias de la falta de prevención del impacto ambiental

“El principio de actuar de forma preventiva en el campo ambiental, al ser incorporado a las legislaciones nacionales, modificó radicalmente los procesos, tanto públicos como privados, de toma de decisiones entonces existentes” (Sánchez, 2011, p. 39).

El impacto ambiental es un desbalance en el entorno que, si no se corrige, se retroalimenta y genera un efecto devastador en los ecosistemas de los cuales depende la vida en la tierra.

“El principio de prevención es fácil de aplicar cuando se conocen las respuestas del ecosistema a una actividad determinada, pero éste es un caso inusual en la compleja realidad de los ecosistemas” (Sánchez, 2015 p. 31).

Si no hacemos algo para prevenir el impacto ambiental, estamos condenados a consumir todos los recursos que generamos dañando el medio ambiente, en sobrevivir.

7.1.2. Variable 2: optimización en procesos

Existen diferentes filosofías sobre la optimización de procesos industriales, ellas son: Scrum, Kanban, Agile, Lean Y Lean It; también se pueden implementar optimizaciones de forma heurística y homologaciones de otras metodologías.

- Conceptos sobre optimización en procesos industriales

Lean Manufacturing: nació como una filosofía con un enfoque hacia procesos de fabricación. Es conocido como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Pone énfasis en el sistema como un todo, tener la perspectiva del todo para comprender el sistema y poder optimizarlo (Chin, 2004).

La traducción de este proceso es: manufactura esbelta, es por ello que se enfoca en únicamente mantener el esqueleto de la estructura y se deshace de todo lo que puede generar robustez en el proceso; claramente no todo proceso industrial se puede permitir estar bajo un régimen esbelto ya que hay procesos industriales que son de alto valor y allí radica la mayor parte del precio del

producto terminado; sin embargo para un beneficio de café seco, es una filosofía de optimización que se puede aplicar y se espera de ello obtener un proceso eficiente.

Lean IT: es la aplicación de los principios de Lean a la gestión de las tecnologías de la información. Los principios son muy sencillos y tienen que ver con el sentido común. El principal de todos ellos es que hay que centrarse en aportar valor al cliente. Pero otro muy importante, y que diferencia a Lean de otras iniciativas para mejorar la eficiencia, es que se basa fundamentalmente en los equipos, que son partícipes del proceso, y que lo ejecutan y llevan a cabo. Este principio es fundamental (Pérez, 2014).

La definición de Pérez se basa fundamentalmente en que las empresas por tratar de darle valor a sus productos utilizan procesos de producción que “matan moscas a cañonazos”, cuando en realidad lo que se necesita es un balance entre la necesidad del cliente y la velocidad de producción de la empresa.

Agile: el término Agile se refiere a cualquier proceso que se alinea con los conceptos del Manifiesto Ágil. El 17 de febrero de 2001, diecisiete desarrolladores de software se reunieron en Utah para discutir los métodos de desarrollo ágil. Publicaron el manifiesto ágil para el desarrollo de software, en la que se muestran las mejores formas de desarrollar software haciéndolo y ayudando a que otros lo hagan e incluyeron cuatro valores y doce principios (Chin, 2004).

La traducción de esta metodología de optimización industrial es agilidad, y basa sus principios en el principio de adaptarse a los cambios con gran velocidad; es decir hacerle modificaciones al gusto del cliente a los procesos sin tener que parar la producción para cumplir con ello; pero dicho principio no es aplicable a

la industria del café de exportación debido a que toda la producción se realiza bajo estándares internacionales y es muy raro que un cliente pida alguna especificación o modificación en los parámetros de entrega.

El desarrollo de software ágil se basa en un enfoque incremental e iterativo. En lugar de una planificación en profundidad al comienzo del proyecto, las metodologías ágiles están abiertas a cambios en los requisitos a lo largo del tiempo y fomentan la retroalimentación constante de los usuarios finales (Chin, 2004).

Este principio se aplicaría en café; pero solamente para la etapa final, es decir para el proceso de torrefacción, en donde si se pueden crear perfiles de clientes a los que les gusta que el tueste del café sea más claro u oscuro. También puede aplicarse a la molienda del café ya que, dependiendo del método de degustación, se debe modificar el tamaño de grano y el tipo de empaque para que conserve su aroma y notas características.

Los equipos multidisciplinares trabajan sobre las iteraciones de un producto durante un período de tiempo, y este trabajo se organiza en un *backlog* que se prioriza en función del valor del negocio o del cliente. El objetivo de cada iteración es producir un producto de trabajo (Chin, 2004).

Kanban: es una herramienta de gestión visual creada por Taiichi Ohno, palabra japonesa que significa tarjetas visuales por su etimología en japonés, gestiona específicamente que se fabriquen sólo los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios, es uno de los pilares del sistema de producción de Toyota; herramienta visual que permite gestionar de una forma rápida cualquier flujo de trabajo (Pérez, 2014).

Esta metodología es aplicable a el proceso de almacenaje del café para identificar lotes estibados mediante apoyo visual, de hecho, es algo que ya se hace desde hace tiempo por su facilidad de implementación y el aumento considerable en la eficiencia de almacenaje.

Scrum: es un marco de trabajo creado en 1993 por Jeff Sutherland y presentado en 1995 por Ken Schwaber en la OOPSLA 95 *Object-Oriented Programming, Systems, Languages & Applications*, describe un proceso de estrategia de desarrollo incremental basado en los principios del manifiesto ágil. En el proceso se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Estas prácticas se apoyan unas a otras (Chin, 2004).

Esta metodología es conocida en español como descreme, como su nombre lo indica, consiste en retirar del proceso principal todo aquello que no se pueda medir, de forma directa o indirecta, un beneficio claro para el cliente; es decir que, si no aporta valor al producto final, es un candidato para retirar del proceso.

Heurística: se define como la capacidad de aprender de los errores cometidos en iteraciones repetitivas, es el tipo de aprendizaje y tipo de optimización más antiguo que se conoce, incluso se puede decir que es el proceso natural por el cual aprendemos los seres humanos.

Basándonos en la heurística es que surge un nuevo tipo de optimización y esta es la homologación de otras disciplinas. Aplicado a esta investigación la homologación que se propone es utilizar el concepto de ventas en corto para su aplicación en bodegas.

Venta en corto: las ventas en corto *short selling* es una herramienta para quien opera en contra del mercado, que se puede aplicar casi a cualquier venta en la que se usa una estrategia específica para obtener aquellos valores o bienes en general, sobre los que operan los contratos que componen la venta en corto (Codesido, 2016).

La aplicación de la venta en corto para el almacenaje del café consiste en vender el café al precio de mercado en el momento de que sale de las líneas de producción y luego comprarlo cuando se necesita entregar a los clientes, dependiendo del comportamiento del precio del café se puede ganar o perder dinero al realizar este movimiento.

En esta operación el vendedor obtendrá un beneficio si, como consecuencia de la una bajada futura del precio, lo que paga por la acción que compra es menos de lo que percibe por la que había vendido antes. La esencia de la venta en corto es ser una apuesta por la bajada del precio de la acción que constituye su objeto (Codesido, 2016).

Al utilizarse este concepto para mejorar un proceso de almacenaje, se tiene como respaldo el costo de almacenaje en el que se deja de incurrir al momento de realizar la operación y, por consiguiente, aunque el precio de mercado del café suba un poco aun así sigue siendo más rentable que tenerlo almacenado.

Y para los fines de esta investigación aun teniendo perdidas al realizar la operación de venta en corto es intuitivo pensar que es más barato realizar dicha operación, que la construcción y mantenimiento de una bodega de almacenaje.

Una acción con un interés muy alto en corto puede ocasionalmente subir de precio. Por lo general esto ocurre cuando un desarrollo positivo en el mercado de valores desencadena una cobertura masiva de posiciones en corto, y crea lo que se conoce como un estrangulamiento de posiciones cortas *short squeeze* (Academia, 2017).

Es importante considerar que si el precio del café sube mucho al utilizar esta estrategia se corre un alto riesgo de perder mucho dinero ya que su concepto se basa en recibir remuneración de forma rápida y mientras más tiempo pasa, más riesgo se corre de que el mercado de café recupere su precio y con esto los costos de volver a comprarlo se dispararían, por lo que de implementarse esta estrategia es importante establecer valores críticos a partir de los cuales sin importar la capacidad de almacenaje de ese momento, se compre de nuevo el café.

Un movimiento inteligente sería vender café que ya se tiene en bodega al precio alto para hacer lugar al café que se está comprando de emergencia, para hacerlo de forma escalonada y mitigar los costos implícitos en el riesgo de la venta en corto.

- Características de la optimización en procesos industriales

Lean Manufacturing: Es una filosofía de trabajo, su objetivo es la eliminación de todo tipo de desperdicio, trata de conseguir la máxima eficiencia en todos los procesos, aumenta la competitividad de las empresas, se basa en la aportación de las personas relacionadas (Nuñez, 2020).

Basa su filosofía en empatizar con el cliente para identificar valor en los productos desde su perspectiva, con esa información mapea un flujo de valores

y lo hace tangible realizando un sistema de reparto de las ordenes de producción para perseguir la perfección con la mejora continua del proceso.

Agile: los equipos ágiles se caracterizan por tener un objetivo común, que se alcanza desarrollando un trabajo conjunto, los equipos de trabajo son multidisciplinares, integrando diferentes puntos de vista, cada grupo es libre para tomar sus propias decisiones bajo su responsabilidad compartida, los equipos ágiles se autoorganizan para llegar al objetivo marcado (Sharifi, 2011).

Sus principales características son la rapidez y la flexibilidad; también se caracteriza por subdividir el proceso en sus partes más pequeñas y establece entregables en cada fase.

Kanban: mover tarjetas dentro de una lista o trasladar de una lista a otra, asignar personas a tarjetas, añadir notas y comentarios en las tarjetas, incluir listas de control, establecer límites para el avance del proyecto y reducir la necesidad de tener inventarios físicos al aplicar una metodología de justo a tiempo (Pérez, 2014).

Su principal característica es que se estructura mediante tarjetas que están asignadas a personas encargadas de cada etapa del proceso.

Scrum: adoptar una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto, basar la calidad del resultado más en el conocimiento tácito de las personas en equipos auto organizados, qué en la calidad de los procesos empleado, solapar las diferentes fases del desarrollo, en lugar de realizar una tras otra en un ciclo secuencial o en cascada (Chin, 2004).

Basa su eficiencia en generar equipos de alto desempeño que generen sinergia entre ellos para crear grupos de trabajo autodirigidos y que se organicen por sí mismos.

Short selling: las características de este tipo de optimización orientada al café son: evita casi por completo los costos de almacenaje de producto terminado, proporciona una estrategia de fácil implementación que resulta práctica, se corre un elevado riesgo dependiendo de la volatilidad de los precios del café, solo se recomienda para conocedores de las tendencias de mercado o personas con acceso a *software* especializado que les ayude a pronosticar los puntos críticos de compra y venta.

- Tipos de optimización en procesos industriales

Las metodologías *Lean* y la sección DMAIC de *Six Sigma* y *Kaizen* son las metodologías que más frecuentemente se utilizan en las empresas para optimizar los procesos industriales.

Six Sigma: como lo mencionan en la página Nuevatribuna.es dentro de esta metodología encontramos una herramienta llamada DMAIC, específicamente diseñada para la mejora continua de procesos. El nombre proviene de las acciones que la caracterizan: *define, measure, analyze, improve and control* (en castellano definir, medir, analizar, mejorar y controlar) (Tribuna, 2017).

El definir, medir, analizar, mejorar y controlar; se basa en recopilar datos numéricos, especialmente datos de carácter estadístico, para optimizar los resultados de la empresa al mismo tiempo que minimiza los riesgos.

“El *Lean* está enfocado a crear una cultura empresarial que haga más eficiente la organización. Para ello, hay que reducir los desperdicios, el coste y los tiempos en los procesos para incrementar la velocidad de respuesta” (Núñez, 2020, p. 2).

Kaizen es uno de los modelos de mejoramiento continuo más conocidos del mundo. Este sistema, casi una filosofía, nació en Japón tras la Segunda Guerra Mundial cuando el país trataba de recuperarse de los estragos de la derrota. El nombre proviene de las partículas *kai* y *zen*, que unidas significan: acción del cambio y el mejoramiento continuo y gradual (Pérez, 2014).

En la metodología *Kaizen* se utilizan a los empleados de la compañía como los actores principales. Son los empleados los responsables que deben observar los procesos, crear con ellos un estándar y generar con ellos una cultura de mejora continua. Se encuentra fuertemente relacionado con el trabajo en equipo y con la solución de problemas mediante el un método científico.

Metodología BPM: el BPM *Business Process Management* o Gestión de Procesos de Negocio combina la automatización con una nueva estructura de organización empresarial. Mediante algunas herramientas tecnológicas, el BPM ofrece una mayor visibilidad sobre los procesos para garantizar el control. De igual forma, mejora la comprensión de estos (Nuñez, 2020).

El resultado de esto es que los errores detectados pueden corregirse más fácilmente. Una de las ventajas del BMP es que no se necesitan grandes inversiones. En general, sus herramientas se integran sin problemas en el ERP de la empresa o en el CRM, así como en cualquier otro tipo de software de gestión (Pérez, 2014).

La metodología que la mayoría de las empresas utilizan es la heurística, es decir que aprenden realizando varias iteraciones con ligeras correcciones y van evaluando si se obtienen beneficios al implementarlas, de ser así las mantienen hasta encontrar una mejor opción, y de lo contrario regresan a un estado inicial; al completar la iteración vuelven a la fase de propuestas de mejora para iniciar un nuevo ciclo.

Esta metodología permite ajustarse a las necesidades del día a día y a entornos cambiantes en las diferentes áreas de la empresa, principalmente en un mercado globalizado como el del café, con demandas cambiantes, precios fluctuantes y ofertas que dependen en gran medida de la merced del clima.

Dentro de las pequeñas mejoras que se tienen como propuestas, se puede mencionar a la homologación de estrategias que funcionan en otros ámbitos, estrategia que parece ser la más funcional ya que permite pronosticar resultados haciendo un mínimo de inversión, es de bajo riesgo y al ser modificaciones ficticias en caso de no ser una solución apropiada, es muy sencillo volver a un estado anterior.

- Síntomas de la falta de optimización en procesos industriales

Los síntomas que percibe una empresa cuando empieza a necesitar de una optimización se pueden medir aplicando la metodología de Six Sigma mediante un DMAIC. Otro indicador que permite evidenciar que se necesita una optimización es la variación de los costos en el tiempo.

Otro síntoma de que resulta imperativo realizar una optimización en los procesos industriales es que la nota de las evaluaciones de control de calidad llega a un estancamiento, que a pesar de estar en un valor positivo, al no ver

mejoras en la percepción de los clientes, esto indica claramente que ya no se está aportando un valor agregado su experiencia y si esto se mantiene en el tiempo, es muy probable que la competencia realice una mejora y los clientes neutros comiencen a migrar hacia ellos.

- Causas de una optimización en procesos industriales

La mayoría de las optimizaciones industriales se originan partiendo de la necesidad que tienen las empresas de presentar utilidades positivas a sus accionistas; pero en este caso la optimización parte de una iniciativa por evitar afectar los factores bióticos y abióticos del entorno al tener una alternativa más favorable.

Otra causa atribuible a la situación de esta investigación es que los cambios climáticos son el principal enemigo de la industria del café, ya que producen demasiada variabilidad en la cantidad de sacos cosechados, haciendo que los pronósticos de rotación de inventario tengan grandes cambios y no se tenga certeza en el mercado; desencadenado una ola de especulación entre oferentes y demandantes que ocasionan variabilidad en el precio.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1.1. Antecedentes

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Impacto ambiental

2.1.1. Concepto de Impacto ambiental

2.1.2. Características del Impacto ambiental

2.1.3. Tipos de Impacto ambiental

2.1.4. Síntomas del Impacto ambiental

2.1.5. Causas del Impacto ambiental

2.2. Optimización en procesos Industriales

2.2.1. Concepto de Optimización en procesos Industriales

2.2.2. Características de la Optimización en procesos Industriales

2.2.3. Tipos de Optimización en procesos Industriales

2.2.4. Síntomas de la falta de Optimización en procesos Industriales.

2.2.5. Causas de la Optimización en procesos Industriales.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Características del estudio

3.1.1. Diseño

3.1.2. Enfoque

3.1.3. Alcance

3.1.4. Unidad de análisis

3.2. Variables

3.3. Fases del desarrollo de la investigación

3.3.1. Fase 1. Revisión bibliográfica

3.3.2. Fase 2. Gestión o recolección de la información

3.3.3. Fase 3. Análisis de la información

3.3.4. Fase 4. Interpretación de la información

3.4. Determinación de escenarios

3.4.1. Obtención de insumos

3.4.2. Técnicas de análisis de información

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Escenarios analizados

4.2. Costos

4.2.1. Costos de la implementación de las mejoras aplicando la metodología justo a tiempo.

4.2.2. Costos de inversión por vender en corto.

4.2.3. Costos de mitigar el impacto ambiental.

4.3. Comparación entre el costo de implementación de las mejoras en los sistemas productivos y el costo de mitigar el impacto ambiental.

4.4. Discusión de resultados

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS
APÉNDICES
ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología que se propone para complementar el estudio consta de las siguientes etapas:

9.1. Características del estudio

La presente investigación es de tipo cuantitativa-descriptiva ya que el diseño experimental permitirá comparar si se obtienen beneficios ambientales al optimizar los procesos de producción y almacenaje mediante la implementación de la metodología justo a tiempo y mediante la venta de posiciones en la bolsa.

Dicho estudio comparará la capacidad instalada actual con la capacidad instalada ficticia que se tendría si se construye la bodega adicional y la capacidad instalada que se obtendría si se implementa las propuestas de ajuste a la metodología justo a tiempo y venta en corto.

9.2. Unidades de análisis

Las unidades de análisis serán las cantidades económicas que se dejarían de percibir si se impactan los factores bióticos y abióticos por la construcción de una bodega; también serán las cantidades económicas que se percibirían si se optimizan los procesos de producción y almacenaje.

9.3. Variables

Las variables en estudio son del tipo cuantitativo continuo ya que medirán valores que pueden contener números decimales y no pierden el sentido al

presentarse de esa forma, su definición teórica y su definición operativa se describen a continuación:

Tabla I. **Definición teórica y operativa de las variables**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Impacto Ambiental	Mide la cantidad de cambios que perciben los factores bióticos y abióticos derivados de la actividad humana	Se utilizará para medir la cantidad de unidades monetarias que se necesitarían para mitigarlo [Quetzales]
Optimización de procesos de producción y almacenaje	Mide la capacidad de producción, la cantidad de café que se puede procesar y almacenar.	Se utilizará para medir la cantidad de unidades monetarias que se ganan al optimizarlos [Quetzales]

Fuente: elaboración propia.

Para realizar esta medición se tomarán datos en condiciones iguales para cada uno de los escenarios y se llenará la siguiente tabla para documentar los resultados:

Tabla II. **Optimizaciones en procesos**

Optimización	Almacenaje de Café	Impacto que mitiga ahorrado
Justo a Tiempo		
Venta en Bolsa		
Transporte de MP		
Transporte de PT		

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del estudio

Se propone dividir el estudio en cuatro fases que consisten en una revisión bibliográfica, recolección de la información, análisis e interpretación de la información.

9.4.1. Fase 1: revisión bibliográfica

En la primera fase se realizará una consulta de todas las bibliografías posibles relacionadas al tema, para enriquecer los conocimientos sobre optimización de procesos industriales, las variables que influyen en esta y sobre el impacto ambiental que percibe el entorno por la construcción de una bodega.

9.4.2. Fase 2: gestión o recolección de la información

Se tomarán datos actualizados sobre cantidad de camiones, capacidad de los camiones, identificación de clientes recurrentes e históricos de los precios del café en bolsa.

9.4.3. Fase 3: análisis de información

Se realizarán cálculos para identificar las cantidades de café que ya no se necesitan almacenar si se implementan las diferentes optimizaciones en los procesos de almacenaje y producción.

9.4.4. Fase 4: interpretación de información

Con base en los resultados de la cantidad de café que se logra evitar su almacenaje mediante las optimizaciones en procesos, se comparará con la capacidad de la bodega que tenían planificado construir y con ello se establecerá si es posible evitar la construcción de la bodega permitiendo que se evite el impacto ambiental asociado.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Al obtener los resultados del estudio de impacto ambiental se tendrá una idea del posible costo de mitigar el impacto ambiental que se tendría si se construye la bodega.

También se obtendrán los resultados de calcular la cantidad de café que ya no se necesitaría almacenar si se aplican las sugerencias de optimización.

Se compararán los costos de construcción de la bodega con los costos de implementación de las sugerencias de optimización para decidir si es mejor mitigar el impacto ambiental o prevenirlo.

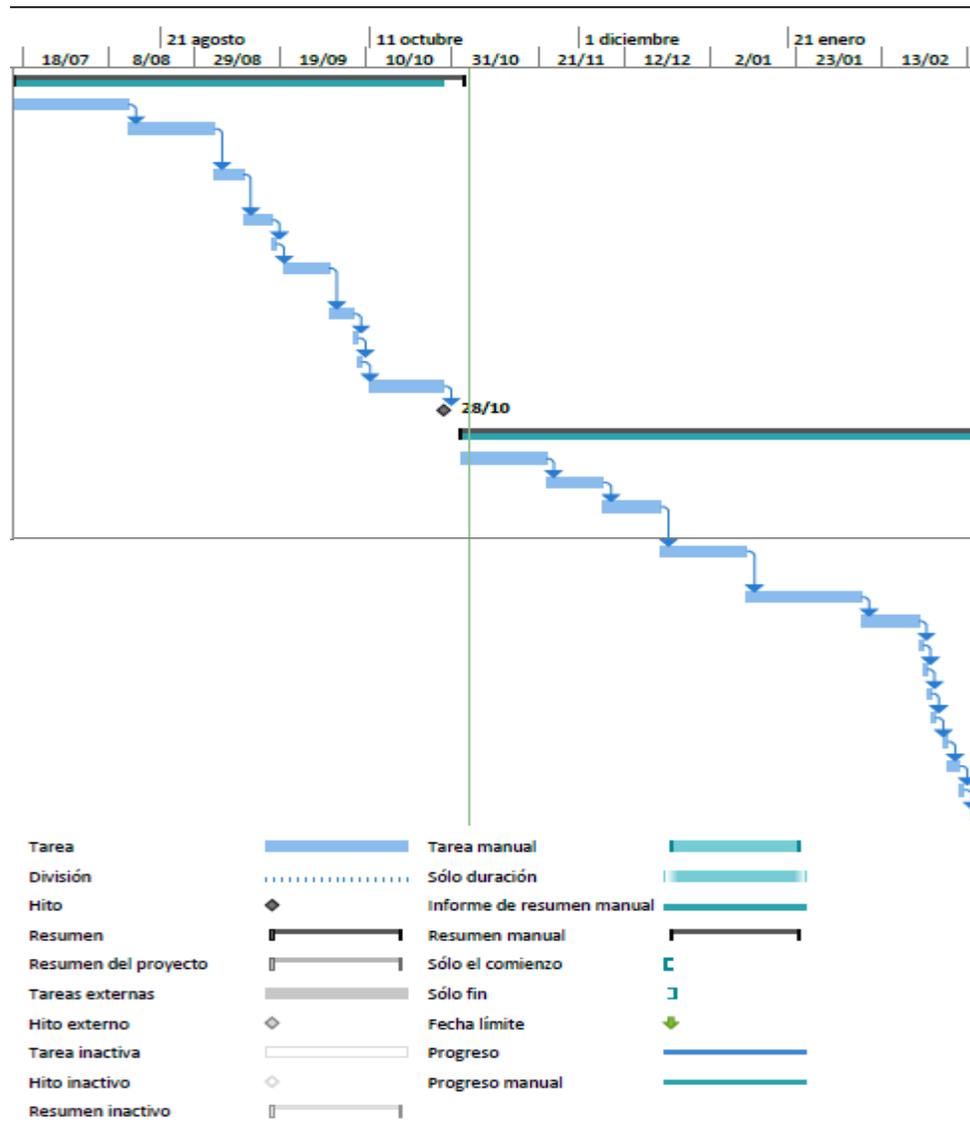
Para ello se utilizarán las siguientes herramientas:

- Matriz de Leopold
- Tabla de costos estimados para impacto ambiental
- Tabla de costos estimados para optimización.
- Gráfico de comportamiento del precio de café en la bolsa

La herramienta matemática que se utilizará es el análisis de sensibilidad para identificar si hay alguna sugerencia de optimización que su costo no compense el beneficio que representa; mediante la fijación de variables y el movimiento de una sola a la vez, se pretende identificar el comportamiento individual de cada optimización por separado.

11. CRONOGRAMA

Figura 1. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para analizar si la investigación es o no factible, se analizan los recursos humanos, financieros, tecnológicos, el acceso a la información, los permisos correspondientes, el equipo a utilizar, la infraestructura, si se necesita inversión, y las fuentes de financiamiento.

De esta manera se tendrá una visión clara sobre los posibles inconvenientes o áreas de oportunidad que se pueden tener al momento de realizar la investigación y prever una solución o alternativa; también se busca establecer que la investigación es posible tanto para el investigador como para la empresa en la que se realizará el análisis.

Permitiendo que se pueda extender hacia otras empresas o investigadores que busquen realizar optimizaciones similares u homologar la misma a diferentes ámbitos.

12.1. Recursos humanos

Para el desarrollo de la investigación se cuenta con el tiempo disponible necesario para cubrir la cantidad de horas hombre que se requieren para recolectar y procesar la información; también se cuenta con personal designado por la empresa que ayudará a facilitar la información.

12.2. Recursos financieros

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla III. **Recursos necesarios para la investigación**

Recurso	Costo
Dos resmas de hojas	Q. 100.00
* Viáticos (combustible, hospedaje y alimentación)	Q. 2,500.00
Tóner de impresora	Q. 400.00
* Insumos necesarios (electricidad, agua, internet, gel de manos, mascarillas y EPP)	Q. 4,000.00
* Tiempo de servicios profesionales invertido en el desarrollo del diseño de investigación.	Q. 10,000.00
Asesor	Q. 3,000.00
TOTAL	Q. 20,000.00

Fuente: elaboración propia.

12.3. Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos que se utilizarán para el desarrollo de la investigación son: una computadora de escritorio propiedad de la empresa, en donde almacenan todos los registros de la operación atendiendo a la homologación de la norma ISO 9001:2008, también se cuenta con una laptop que servirá para anotar los datos tomados en la planta de producción y también allí se consolidarán las tablas y documentación de respaldo.

Otro recurso tecnológico importante con el que se cuenta es un Iphone 12 con sistema operativo 15.1 que permite transcribir texto manuscrito a texto digital

al fotografiar los registros; esto permitirá agilizar el proceso de recolección de la información.

12.4. Acceso a la información

Debido a que la empresa tuvo una certificación ISO 9001:2008, certificación que luego dejaron de renovar por motivos económicos, actualmente se mantiene la homologación a la norma; pero no se realizan auditorías externas, únicamente auditorías internas. Es por ello por lo que toda la información se encuentra centralizada en SAP y se puede acceder a ella sin problemas.

12.5. Permisos

Dado que la empresa misma ha solicitado el estudio a modo de consultoría, se cuenta con el respaldo de la gerencia de producción para acceder a la información necesaria, siempre respetando el protocolo de extracción de información confidencial; según la política de confidencialidad de la empresa.

12.6. Equipo

Respecto al equipo que se utilizará será: un cronometro, el equipo de protección personal; es decir casco, lentes, mascarilla, tapones para oídos, chaleco reflector, camisa de algodón, pantalón de lona gruesa y botas industriales; también se utilizarán las medidas de capacidad de cada maquina según el registro de la especificación que establece el fabricante de estas.

12.7. Infraestructura

La empresa cuenta con 2 beneficios de café seco que operan en paralelo y tienen 6 bodegas en las que distribuyen el producto en proceso y el producto terminado dependiendo de la cantidad que tengan de cada uno.

La capacidad máxima instalada es de 600,000 quintales y la necesidad que se tiene es poder almacenar 840,000 quintales para poder lidiar con la cosecha de los pequeños campesinos y la demanda que se tiene en el mercado internacional; debido a ese diferencial de 240,000 quintales fue que surgió el proyecto de construcción de una nueva bodega; sin embargo, la presente investigación será una contrapropuesta a ese proyecto.

Cabe destacar que esta investigación también es escalable a otras empresas con características similares.

12.8. Inversiones y fuentes de financiamiento

La cuantificación de la inversión es uno de los hitos del desarrollo de esta investigación por lo que aún no se puede expresar un dato concreto, ahora bien, de lo que sí se puede expresar un dato concreto es del presupuesto que se tiene para la construcción de la bodega; este presupuesto es de Q 1,200,000.00 más un costo de mantenimiento de Q 200,000.00 al año después de su construcción. Al basarse en ese costo y tomarlo como un costo de oportunidad para el desarrollo de la investigación, es fácil concluir que si es factible y se cuenta con las fuentes de financiamiento apropiadas.

12.9. Interpretación de la factibilidad

Tomando en cuenta que la mayoría de los costos son de oportunidad y los costos reales son asequibles tanto para la empresa como para el estudiante; también se cuenta con libre acceso a la información y que la información utilizada son valores representativos, fueron compartidos de forma voluntaria y no infringen la política de confidencialidad de la empresa; se cuenta con los recursos tecnológicos y los conocimientos para el uso de los recursos tecnológicos y la libre locomoción por las instalaciones de la empresa se considera que es factible realizarla investigación propuesta.

Tabla IV. **Recursos necesarios para la investigación**

Recurso	Costo
Dos resmas de hojas	Q. 100.00
Viáticos (combustible, hospedaje y alimentación)	Q. 2,500.00
Tóner de impresora	Q. 400.00
Asesor	Q. 3,000.00
TOTAL	Q. 6,000.00

Fuente: elaboración propia.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

13. REFERENCIAS

1. Academia, T. (2017). *Riesgos de la venta en corto*. I Hold. Recuperado de <https://es.ihodl.com/academy/trading/riesgos-venta-en-corto/>
2. Alcaide, A. S. (2006). *Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson.
3. Alcaide, A. S. (enero de 2020). *Auditor Líder*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.auditorlider.com/wp-content/uploads/2019/07/Evaluacion-impacto-ambiental-Garmendia-PDF-1.pdf>
4. Blandón, S. J., y Cruz, G. A. (noviembre de 2017). *Repositorio Institucional UNAN-Managua*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de Repositorio Institucional UNAN-Managua: <https://repositorio.unan.edu.ni/6775/1/17867.pdf>
5. Botero, S. C. (2019). *Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Pereira*. RIBUC. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10785/5607>
6. Chin, G. (2004). *Agile Project Management*. Nueva York: AMACOM.
7. Codesido, E. G. (2016). *La regulación de la venta en corto en el mercado bursátil*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid.

España. Recuperado de Madrid:
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/35297/1/T36775.pdf>

8. Comisión General de Energía Eléctrica CNEE. (2018). *Memoria de labores*. CNEE. Recuperado de www.cnee.gob.gt
9. GeinforERP. (11 de 2021). Optimización de procesos en una empresa. GeinforERP. Recuperado de <https://geinfor.com/business/optimizacion-de-procesos-en-una-empresa/>
10. Luzuriaga, K. L. (2019). *Análisis del impacto ambiental de una planta de beneficio*. Machala, De el Oro, Ecuador. Editorial Don Bosco.
11. Morales, C. C. (2017). Evaluación del Impacto Ambiental de la Construcción de una Bodega. *Revista de la Universidad Santo Tomas - Tunja*, 13 - 34.
12. Nuñez, H. J. (2020). *Los sistemas just-in-time/Kanban*. Xochimilco: Universidad Autónoma Metropolitana.
13. Pérez, N. (abril 2014). *Construcción de software: una mirada ágil*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.agilealliance.org/latam-agile-community-development/libros/construccion-de-software-una-mirada-agil/>
14. Ramirez, A. (2006). La Construcción Sostenible. *Física y Sociedad Trece*, 30 - 33.

15. Salvador, A. G. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Pearson.
16. Sánchez, C. C. (2015). *Impactos Ambientales*. Madrid: Pearson.
17. Sánchez, L. E. (2011). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Sao Paulo: Universidad.
18. Sharifi, H. (2011). *Manufacturing Engineering and Industrial Management*. Liverpool: University of Exeter.
19. Tribuna, N. (febrero 2017). *nuevatribuna.es*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.nuevatribuna.es/articulo/consumo/no-mide-no-puede-mejorar/20170621154349141055.html>