



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL

**Tema: INCREMENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE ENVASES
PLÁSTICOS TERMOFORMADOS MEDIANTE MEJORA DE PROCESOS
PARA UN MANEJO EFICIENTE DE LOS COSTOS INVOLUCRADOS EN LA
PRODUCCIÓN**

Proyecto Técnico

Previo a la obtención del Título de
INGENIERA INDUSTRIAL

Presentada por:

JOMARA MAYTE VERA PORTILLA

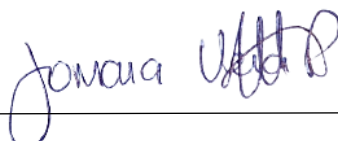
Tutora:

ECON. JOHANNA PAOLA FOUNES MERCHÁN

Guayaquil/ - Ecuador
2021

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo VERA PORTILLA JOMARA MAYTE, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado **“INCREMENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE ENVASES PLÁSTICOS TERMOFORMADOS MEDIANTE MEJORA DE PROCESOS PARA UN MANEJO EFICIENTE DE LOS COSTOS INVOLUCRADOS EN LA PRODUCCIÓN.”** los conceptos aquí desarrollados, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

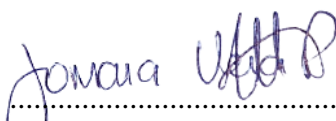


Jomara Mayte Vera Portilla
C.I.: 0926066952

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo **JOMARA MAYTE VERA PORTILLA**, con documento de identificación N° **092606695-2**, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: “**INCREMENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE ENVASES PLÁSTICOS TERMOFORMADOS MEDIANTE MEJORA DE PROCESOS PARA UN MANEJO EFICIENTE DE LOS COSTOS INVOLUCRADOS EN LA PRODUCCIÓN**”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO INDUSTRIAL**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Nombre: Jomara Vera

Cédula: 092606695-2

Fecha: 03/09/2021

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, Econ. Johanna Paola Founes Merchán en calidad de director de trabajo de titulación titulado **“INCREMENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE ENVASES PLÁSTICOS TERMOFORMADOS MEDIANTE MEJORA DE PROCESOS PARA UN MANEJO EFICIENTE DE LOS COSTOS INVOLUCRADOS EN LA PRODUCCIÓN”**, desarrollado por la estudiante Jomara Mayte Vera Portilla previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, septiembre 2021.



Econ. Johanna Paola Founes Merchán
Docente Director Técnico del Proyecto

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi madre que está en el cielo que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre, a mi padre, por ser un ejemplo a seguir, a mis hermanas Ivette y Tamara por su cariño y apoyo incondicional, a Inés por estar en este proceso conmigo en todo momento y a los todos los seres queridos más cercanos quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien ha permitido llegar a esta meta siendo mi guía y fortaleza, a mi madre y a toda mi familia por estar siempre presente, agradezco a una persona muy especial que me brindo todo su apoyo incondicionalmente. Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Unidad Politécnica Salesiana, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso dentro de nuestra querida Universidad. De igual a toda la Facultad de Ingeniería Industrial, a mis profesores en especial a la Eco. Johanna Founes, Ing Armando Lopez y Ing Fabiola Terán, Ing. Fernando Iñiguez, Ing. Marcelo Berrones, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Eco. Johanna Founes, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

En la industria de envases de plásticos ubicada en la ciudad de Durán, se ha detectado continuas descalibraciones que se presentan en las dos máquinas “Polytype” que realizan la impresión de envases de alimentos, los cuales son fabricados mediante un proceso de transformación denominado termoformado, que involucra que una lámina de plástico sea calentada y tome la forma del molde sobre el que se coloca. Dichos desajustes en las impresoras provocan productos que no cumplen los estándares de calidad para la entrega del producto final al consumidor, y a su vez implica que el proceso sufra continuas paradas para realizar mantenimientos y calibraciones a las máquinas impresoras, lo cual provoca un incremento de desperdicios, reducción de la productividad, de la operación y aumento de los costos de reparación. El análisis de la situación actual nos permite evidenciar, que la empresa no maneja un proceso de producción confiable que asegure una alta productividad.

Se propone una mejora del proceso enfocándose en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo, cuyo objetivo principal es aumentar la productividad de la empresa, así como minimizar las paradas no planificadas y lograr obtener una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Por consiguiente, se realizó un análisis del proceso de producción, considerando las averías más frecuentes y con los resultados obtenidos se detectó que el cuello de botella se encuentra en el proceso de impresión del área de termoformado, lo cual origina un mayor costo de calidad de la producción, que es ocasionado por la falta de un plan de mantenimiento preventivo en los equipos.

La implementación del mantenimiento preventivo inició con inspecciones diarias, semanales para la obtención de indicadores, de igual manera se realizó un plan de mantenimiento, inspecciones del equipo por parte del operador. La implementación del mantenimiento preventivo permitió a esta industria de envases plásticos termoformados incrementar la productividad en el proceso de producción, obteniendo una mayor rentabilidad para la compañía.

Así mismo mantener un control de la gestión de mantenimiento mediante indicadores, tales como tiempo medio entre fallas, disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, que

apoyen en la toma de decisiones, y a su vez dotar al personal encargado de cierta información complementaria que ayude en el análisis de los costos de mantenimiento y en la toma de decisiones para aumento de la productividad.

Palabras clave: avería, costo, gasto, mantenimiento, plan, productividad

ABSTRACT

In the plastic packaging industry located in the city of Duran, continuous decalibrations have been detected that occur in two “Polytype” machines that print food packaging, which are manufactured through a transformation process called thermoforming, which involves a plastic sheet being heated and taking the shape of the mold on which it is placed. Said imbalances in the printers cause products that do not meet the quality standards for the delivery of the final product to the consumer, and in turn implies that the process suffers continuous stoppages to carry out maintenance and calibrations to the printing machines, which is causing a increased waste, reduced productivity, reduced operation, and increased repair costs. With the preliminary analysis of the current situation, it was evident that the company does not manage a reliable production process that ensures high productivity.

An improvement of the process is proposed focusing on the development of a preventive maintenance plan, the main objective of which is to increase the productivity of the company, as well as minimize unplanned stops and achieve greater reliability and availability of the equipment. Consequently, an analysis of the production process was carried out, considering the most frequent breakdowns and with the results obtained, it was detected that the bottleneck is in the printing process of the thermoforming area, which causes a higher quality cost of production, which is caused by the lack of a preventive maintenance plan in the equipment.

The implementation of preventive maintenance began with daily and weekly inspections to obtain indicators, in the same way work orders, maintenance plan, and equipment inspections were carried out by the operator. The implementation of preventive

maintenance includes this thermoformed plastic container industry increasing productivity in the production process, as well as reducing the cost of quality, obtaining greater profitability for the company.

Likewise, maintain control of maintenance management through indicators, such as mean time between failures, availability, maintainability and reliability, which support decision-making, and in turn provide the personnel in charge with certain complementary information that helps in the analysis. of maintenance costs and in decision-making to increase productivity.

Keywords: breakdown, cost, expense, maintenance, plan, productivity

TABLA DE CONTENIDOS

GLOSARIO	14
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I.....	26
PROBLEMA.....	26
1.1 Antecedentes	26
1.2 Importancia y alcances.....	29
1.2.1 Beneficiarios.....	30
1.2.2 Importancia.....	30
1.3 Delimitación.....	31
1.3.1 Delimitación temporal	31
1.3.2 Delimitación geográfica	31
1.4 Formulación del problema	32
1.5 Objetivos	32
1.5.1 Objetivo general	32
1.5.2 Objetivos específicos.....	32
CAPÍTULO II	33
MARCO TEÓRICO.....	33
2.1 Fundamento Conceptual.....	33
2.1.1 El Plástico.....	33
2.1.2 Estructura y organización de una empresa industrial.....	34
2.1.2.1. <i>Departamentos de producción.</i>	34
2.1.2.2. <i>Departamentos de servicio.</i>	34
2.1.3 Contabilidad de costos.....	34
2.1.4 Costos y productividad	35
2.1.5 Tipos de Costos y clasificación	36
2.1.6 Costos del mantenimiento	39
2.1.7 Mantenimiento preventivo.	40
2.7.1.1 <i>Indicadores del mantenimiento Preventivo</i>	41
2.1.8 Productividad.....	42
2.1.8.1 <i>Indicadores de la Productividad.</i>	43
2.2 Referentes Empíricos	45
CAPÍTULO III.....	47

MARCO METODOLÓGICO.....	47
3.1 Diseño	47
3.1.1 Fase I: Identificación del proceso de producción	47
3.1.1.1 <i>Proceso de Producción</i>	49
3.1.1.2 <i>Capacidad de producción</i>	51
3.1.2 Fase II: Identificación de costos involucrados en el proceso	52
3.1.2.1 Costos según la relación directa con las operaciones de mantenimiento	53
3.1.2.2 Costos por pérdida de producción	54
3.1.3 Fase III: Propuesta de mejora, análisis y control.....	56
3.1.3.1 <i>Identificación de problemas en el área de impresión de la línea de termoformado.</i>	56
3.1.3.2 <i>Análisis y diagnóstico</i>	56
3.1.3.3 <i>Propuesta de mejora</i>	59
CAPÍTULO IV	60
RESULTADOS.....	60
4.1 Análisis Comparativo.....	61
4.1.1 Análisis Comparativo de Indicadores de mantenimiento.....	61
4.1.2 Análisis Comparativo de indicadores de la productividad	65
4.1.3 Indicadores asociados a la costos de mantenimiento y producción	68
4.1.4 Análisis económico – financiero.	70
CAPÍTULO V	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1 Conclusiones	73
5.2 Recomendaciones.....	74
BIBLIOGRAFÍA	76

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Ranking empresarial de la Industria Plástica en el Ecuador, año 2019.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2. Capacidad de producción de máquinas impresoras año 2020</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3. Mermas en kilogramos (kg) por procesos</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. Indicadores de mantenimiento.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5. Lista de los Costos Indirectos de Fabricacion (CIF)</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6. Matriz de operacionalización de las variables.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 7. Artículos termoformados que pasan por el proceso de impresión</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8. Costos de mantenimiento en área de impresión – 2do. semestre 2020</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 9. Costos de mantenimiento en máquinas Polytype – 2do. semestre 2020.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 10. Costos Mano de obra directa en mantenimiento – 2do. semestre de 2020</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 11. Costos de mantenimiento en máquinas Polytype – 2do. semestre 2020.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 12. Problemas registrados en máquinas Polytype - 2do. semestre de 2020</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 13. Análisis 6M's</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 14. Propuesta para el área de impresión</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 15. Horas máquina en área de impresión de termoformado.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 16. Disponibilidad Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo .</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 17 Confiabilidad Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 18. Mantenimiento Preventivo y Correctivo Pre- & Post-Test</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 19. Eficiencia Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 20. Eficacia Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 21 Tabla de productividad Pre y Pos-Test del mantenimiento preventivo.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 22. Indicador del Componente del Costo de Mantenimiento Pre- & Post-Test.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 23. Costo de Mantenimiento por unidad de Producción Pre- & Post-Test.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 24. Mantenimiento Preventivo y Correctivo Pre- & Post-Test</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 25 Presupuesto de capacitación, mano de obra para mantenimiento.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 26. Presupuesto par Overhaul de máquinas impresoras.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 27. Análisis económico-financiero</i>	<i>71</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Impresora Polytype 1</i>	22
<i>Figura 2. Impresora Polytype 2</i>	23
<i>Figura 3. Orden de trabajo sobre el mantenimiento block de impresora Polytype 1</i>	24
<i>Figura 4. Ubicación geográfica de la empresa de plásticos en estudio</i>	31
<i>Figura 5. Termoformado alimentado por rollo</i>	49

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Uso de la producción de productos de plástico en Ecuador del año 2016</i>	19
<i>Gráfico 2. Costos de mantenimiento en área de impresión</i>	27
<i>Gráfico 3. Costos de mantenimiento en máquinas Polytype 2</i>	28
<i>Gráfico 4. Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo</i>	36
<i>Gráfico 5. Organigrama de clasificación de los tipos de costos según el enfoque</i>	37
<i>Gráfico 6. Organigrama de clasificación de los costos según sus categorías</i>	39
<i>Gráfico 7. Clasificación del Mantenimiento Preventivo</i>	41
<i>Gráfico 8. Diseño de la investigación</i>	47
<i>Gráfico 9. Proceso de Producción del área de termoformado</i>	48
<i>Gráfico 10. Diagrama del proceso de impresión</i>	51
<i>Gráfico 11. Análisis de Pareto de los problemas registrados de las máquinas Polytype 1 y 2 durante el 2do. semestre de 2020</i>	57
<i>Gráfico 12. Variabilidad de la disponibilidad de las máquinas</i>	63
<i>Gráfico 13. Variabilidad de la confiabilidad de las máquinas</i>	64
<i>Gráfico 14. Variabilidad de la eficiencia de las máquinas</i>	66
<i>Gráfico 15. Variabilidad de la eficacia de las máquinas</i>	67
<i>Gráfico 16. Variabilidad de la productividad</i>	68

GLOSARIO

Contabilidad de costos. Es un sistema contable especial, que tiene como objetivo principal suministrar los elementos necesarios para el cálculo, control y análisis de los costos de producción de un bien o servicio.(Eras et al., 2015)

Costo. Es el conjunto de valores incurridos en un período perfectamente identificados con el producto que se fabrica. El costo es recuperable.(Vallejos & Chiliquinga, 2017). El costo es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.(Muñoz Bernal et al., 2017)

Costo de producción. Son aquellos costos que se aplican con el propósito de transformar de forma o de fondo la materia prima en productos terminados o semielaborados utilizando fuerza de trabajo, maquinaria, equipos y otros. Está compuesto por la combinación de tres elementos, que son: Materia Prima Directa (MPD), Mano de Obra Directa (MOD), Costos Indirectos de Fabricación (CIF).(Vallejos & Chiliquinga, 2017)

Desperdicios: Materiales que son rechazados como residual por el proceso productivo, dado que durante el mismo han perdido sus condiciones técnicas, y que no son enajenables ni reutilizables internamente por parte de la empresa. El desperdicio en el sector industrial es una ineficiencia, porque disminuye la competitividad generando un valor sobre el costo disminuyendo las utilidades. (Almeida, 2018)

Gasto. Son valores que se utilizan para cumplir con las funciones de administrar, vender y financiar. (Vallejos & Chiliquinga, 2017)

Gastos de administración. Son aquellos egresos incurridos en actividades de planificación, organización, dirección, control y evaluación de la empresa.

Mantenimiento. Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

MTBF es la sigla en inglés para el tiempo medio entre fallas (Mean Time Between Failures). Este indicador muestra el tiempo promedio que demoran las reparaciones o intervenciones a la máquina por motivos mecánicos (Zegarra, 2016).

MTTR es la sigla en inglés para el tiempo medio para reparar (Mean Time To Repair). Es un indicador que muestra el tiempo promedio que la máquina trabaja antes de parar por algún motivo mecánico (Zegarra, 2016).

Polytype: Máquina impresora de decoración Offset de 8 colores utilizada particularmente en este proceso para la impresión sobre plásticos termoformados para producción en serie (Polytype, 2021)

Predictivo. El sistema de mantenimiento predictivo se define como el conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los activos físicos, por revelación antes de que sucedan, con los equipos de operación y sin perjuicio para la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas.

Preventivo. Es un programa planificado, destinado asegurar el mínimo tiempo de paros no previstos y un máximo de tiempo de funcionamiento productivo, eficaz y eficiente para equipos maquinarias y por supuesto los procesos de producción es decir se ejecutan para evitar la falla crítica.

Reproceso. Actividad que se realiza a las unidades rechazadas de un proceso productivo con el fin que se vuelven a procesar para que puedan ser consideradas como productos terminados y aceptables.

Termoformado: es un proceso de gran rendimiento para la realización de productos de plástico a partir de láminas semielaboradas, de forma que al reblandecerse puede adaptarse a la forma de un molde por acción de presión vacío o mediante un contramolde.

Termoplásticos: Conocido como policarbonato, es un material que se ablanda o se funde con el calor, al estar a elevadas temperaturas pierde su estado rígido y se deforma, en el momento de enfriarse recupera su consistencia y puede ser moldeado nuevamente para diferentes objetivos. En el mundo los termoplásticos más utilizados son: polietileno (PE),

polipropileno (PP), poliestireno (PS), tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PVC), acrílico o polimetilmetacrilato (PMMA), teflón o politetrafluoroetileno (PTFE), nylon o poliamida (PA).

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la industria del plástico en el mundo, año tras año se ha ido incrementando su uso en diversas aplicaciones. El plástico es un sustituto de muchos otros materiales por sus cualidades: resistencia al agua (impermeabilidad), no se oxida, peso liviano, resistencia a bajas temperaturas y resistencia UV, así también se considera que los productos plásticos tienen precios más bajos y mayores ciclos de vida.

La producción de plástico en el mundo ha mantenido un constante crecimiento desde 1950, siendo que en ese año se registró una producción de 1.5 millones de toneladas, mientras que para el año 2019 se ha alcanzado una producción con una cifra histórica de 368 millones de toneladas. Según datos de la Asociación de Productores de Materia Plásticas PlasticsEurope (2021), en el año 2019 en Asia se produjo algo más de la mitad de los plásticos del mundo (un 51%) y solo China es el mayor productor mundial de plásticos con el 30%, completando esta región el país de Japón con el 2% y el resto de Asia con el 17%. Los países europeos y de NAFTA (México, EE.UU. y Canadá), solo fabricaron el 16% y 19% del plástico mundial respectivamente, y en menor producción está Oriente Medio y África con 7%, América Latina 4%, y Comunidad de Estados Independientes formada por exrepúblicas soviéticas (CIS) con el 2%. Se incluyen en estos datos materiales plásticos (termoplásticos y poliuretanos) y otros plásticos (termoendurecibles, adhesivos, revestimientos y sellantes) y no incluye las fibras siguientes: PET, PA, PP y fibras poliacrílicas (págs. 16-17).

Uno de los países más desarrollados en el sector de plásticos de América Latina es México, siendo que este país exporta alrededor del 65% de su PET reciclado a China, y ellos lo envían nuevamente como fibras sintéticas (Cámara de Industrias de Guayaquil, 2018).

En el Ecuador la industria de fabricación de plásticos tuvo sus inicios alrededor del año 1931. Actualmente en Ecuador se producen aproximadamente 500.000 toneladas anuales de plástico y el consumo es de 20 kg per cápita, siendo éste uno de los valores promedios más bajos dentro de la región, puesto en que América Latina se estima que al año una persona consume entre 40 a 50 kg de productos plásticos, en USA aproximadamente 109 kg y en Europa 140 kg (Asociación Ecuatoriana de Plásticos ASEPLAST, 2020). La

industria del plástico en nuestro país se ha convertido en un sector importante en la economía nacional, genera aproximadamente unos 19 mil empleos directos y más de 120 mil indirectos, de acuerdo a cifras de la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (ASEPLAS). Actualmente, el sector cuenta con 600 empresas de producción de plásticos, de los cuales 120 empresas están afiliadas a ASEPLAS. La industria del plástico ecuatoriana ha evolucionado con el paso de los años, por lo cual actualmente es un componente importante en la cadena productiva del país, y representa el 1,2% del Producto Interno Bruto (Costales, 2018).

Según datos del Banco Central del Ecuador, para el año 2016 el 26.5% de los productos de plásticos fueron importados y el 73.5% fueron fabricados localmente. De esa producción local el 67% fue producido para el consumo intermedio, es decir, adquiridas como insumo de otros sectores, el 28% como consumo final de los hogares y el 5% restante se destinó para las exportaciones. El grupo del consumo intermedio está conformado en un 36% por el sector manufacturero, dentro del cual las industrias de elaboración de alimentos son las que más insumos requieren para su proceso productivo teniendo la mayor participación con el 48%, mientras que solo un 4% por parte de la industria de elaboración de productos de plásticos; a continuación, el sector de la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca capta el 27% de los productos de consumo intermedio, siendo artículos para el cultivo de banano, café y cacao los más representativos; el sector de construcción representa el 21% tratándose de productos como puertas, ventanas, marcos, cañerías, duchas, lavabos, entre otros; seguido del sector de servicios que concentra el 15% compuesto sobre todo por materiales escolares y de oficina; y finalmente, el sector de explotación de minas y petróleo que dispone de 1% del total (Cámara de Industrias de Guayaquil, 2018).

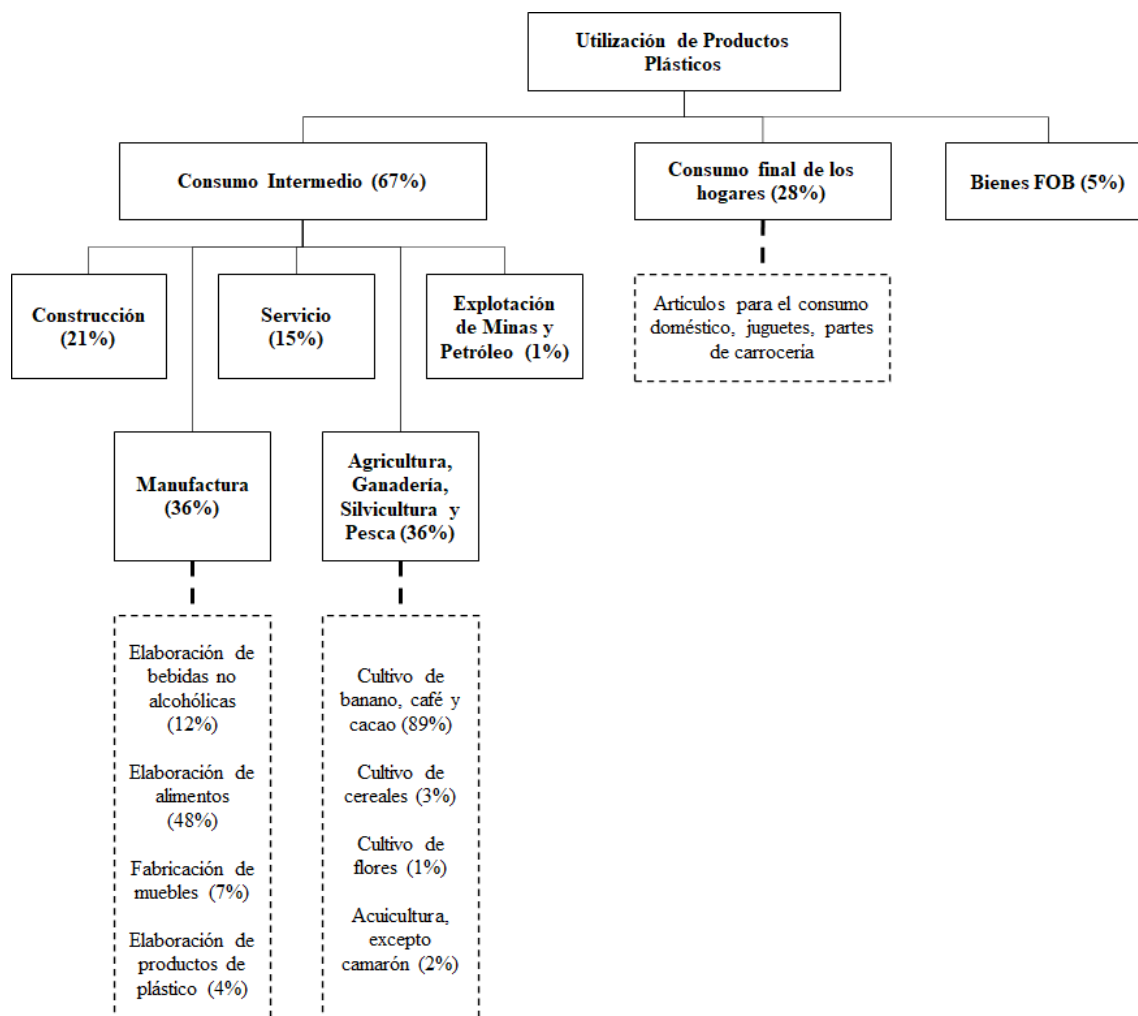


Gráfico 1. Uso de la producción de productos de plástico en Ecuador del año 2016
 Adaptado de: (Cámara de Industrias de Guayaquil, 2018, pág. 17), Elaborado por: Autora

Así mismo, es importante considerar que según ASEPLAS (2018) las principales materias primas para la producción de plásticos son el gas natural y el petróleo, y de este último el 4% de la producción mundial se utiliza para la fabricación de plásticos. Es por eso que, si bien es cierto, el precio en el sector de plásticos está determinado por muchos factores externos, es el precio del petróleo uno de los principales factores que lo determinan, ya que tiene una fuerte dependencia con la evolución del precio internacional del petróleo, su demanda y otros factores que no son controlables (Cámara de Industrias de Guayaquil, 2018).

Para este sector la estrategia genérica más utilizada es la de liderazgo en costos, ya que existen muchas empresas que brindan productos muy parecidos, a precios muy

equiparados y con calidad muy similar, todo ello gracias a los avances de la tecnología. Por lo cual, las organizaciones del sector de plásticos tienen que recurrir a la reducción de costos a través de las economías a escala, producción de grandes volúmenes, simplificación, reestructuración de procesos, entre otras. A continuación, se muestra el ranking empresarial realizado por la Revista Ekos, de las principales empresas dedicadas a la fabricación de artículos plásticos en el Ecuador, las cuales están posicionadas por su nivel de ingresos en el año 2019.

Tabla 1. Ranking empresarial de la Industria Plástica en el Ecuador, año 2019

Pos. (Ventas)	Nombre	Ingresos Totales	Utilidad Bruta	Utilidad / Ingresos
176	San Miguel Industrias Ecuador SANMINDEC S.A.	103.408.875	9.776.059	9,5%
214	Amanco Plastigama S.A.	85.464.000	15.589.000	18,2%
259	Pica Plásticos Industriales C.A.	71.422.122	1.837.727	2,6%
306	Plásticos Rival Cía Ltda	61.102.952	4.382.965	7,2%
313	Flexiplast S.A.	58.746.033	12.890.053	21,9%
330	Bopp del Ecuador S.A.	55.922.666	8.746.239	15,6%
435	Plásticos del Litoral Plastilit S.A.	42.090.733	1.193.357	2,8%
485	Plasticsacks Cía Ltda.	36.576.379	1.748.281	4,8%
562	Plásticos Ecuatorianos S.A.	30.400.601	118.222	0,4%
757	Empaqplast S.A.	23.055.839	1.069.299	4,6%

**Fabricación de preformas y botellas plásticas de PET*

Adaptado de: (Grupo Ekos Negocios, 2019), Elaborado por: Autora

El presente proyecto de investigación se realizará en una industria que se dedica a la fabricación de envases plásticos fabricados mediante el proceso de transformación denominado termoformado. El proceso de transformación aplicado para moldear plástico termoformado, consiste en dar forma a una lámina plástica por medio de calor (120°C a 180°C) y vacío utilizando un molde o matriz. Un exceso de temperatura puede "fundir" la lámina y la falta de calor o una mala calidad de vacío producirán una pieza defectuosa. El proceso parte de una lámina plástica rígida de espesor uniforme realizada por el proceso de extrusión, y permite realizar pequeñas producciones por su bajo costo en matricería.

En la industria de envases de plásticos ubicada en la ciudad de Guayaquil, se ha detectado continuas descalibraciones que se presentan en las dos máquinas "Polytype" que realizan la impresión de envases de alimentos, los cuales son fabricados mediante un proceso de

transformación denominado termoformado, que involucra que una lámina de plástico sea calentada y tome la forma del molde sobre el que se coloca. Dichos desajustes en las impresoras provocan productos que no cumplen los estándares de calidad para la entrega del producto final al consumidor, y a su vez implica que el proceso sufra continuas paradas para realizar mantenimientos y calibraciones a las máquinas impresoras, con lo que se está provocando un incremento de desperdicios, reducción de la productividad, de la operación y aumento de los costos de reparación. A su vez, puede evidenciarse que en dicha empresa no se ha desarrollado investigaciones previas que permitan implementar un sistema integrador que sirva como guía para administrar todos los recursos y enfocarse de manera más eficiente en la planificación del mantenimiento preventivo para las máquinas de impresión de envases plásticos termoformados.

El presente trabajo permite definir aspectos importantes en cuanto a capacidad instalada, formas de producción, estructura de costos y estrategias, que logran identificar los procesos de producción que generan costos innecesarios y establecer indicadores para facilitar la toma de decisiones. Se propone una mejora del proceso enfocándose en el desarrollo de un plan de mantenimiento, cuyo objetivo principal es eliminar la constante frecuencia de fallas en el proceso de impresión del área de termoformado, las cuales traen como consecuencia el retraso de actividades, el reproceso, la generación de desperdicios y bajos niveles de producción.

Las continuas descalibraciones que se presentan en las dos máquinas Polytype que realizan la impresión en los envases termoformados para alimentos, provocan productos que no cumplen los estándares de calidad para la entrega del producto final al consumidor, y a su vez implica que el proceso sufra continuas paradas para realizar mantenimientos y calibraciones a las impresoras Polytype, con lo que se está provocando un incremento de desperdicios, reducción de la productividad de la operación y aumento de los costos de reparación.

Ante tal situación, se decide proponer la mejora en el plan de mantenimiento con la motivación principal de tratar de eliminar la constante frecuencia de fallas en el proceso de impresión del área de termoformado, las cuales traen como consecuencia el retraso de actividades, el reproceso, la generación de desperdicios y bajos niveles de producción. El

mantenimiento preventivo dentro de la compañía y dentro del área específica objeto de nuestro estudio en el presente proyecto, se vuelve imprescindible y debe convertirse en uno de los enfoques principales de la compañía como parte fundamental para conservar los equipos y las instalaciones funcionando adecuadamente y minimizar las averías para lograr obtener la máxima productividad.

La investigación está centrada en el proceso de impresión de envases plásticos termoformados. Este proceso cuenta con 4 máquinas impresoras: 2 máquinas Polytype, 1 máquina OMSO, y 1 impresora de tapas WIFAG. Considerando que las impresoras Polytype 1 y 2 tienen la mayor demanda y a su vez presentan la mayor cantidad de problemas por averías en la producción de envases termoformados como tarrinas desde 50 hasta 200 cc de diferentes productos, serán las máquinas donde se enfocará este proyecto.



Figura 1. Impresora Polytype 1

Fuente: Autora



*Figura 2. Impresora Polytype 2
Fuente: Autora*

La implementación de un plan de mejora delega una serie de labores y modificaciones en las actividades diarias en el proceso productivo, mismas que logran mejorar la problemática de la empresa, con lo que se obtiene como resultado la reducción del costo de reprocesamiento, costos de mantenimiento y desperdicios generados en el proceso, así como el aumento de la productividad de las máquinas impresoras en envases plásticos, lo cual es directamente proporcional a la producción de la organización, todo esto con la ejecución del mantenimiento preventivo.

Luego de ser identificada la problemática principal que afecta directamente el aumento de la productividad, se procede con la implementación del mantenimiento preventivo, el cual se ve resumido en la identificación de las máquinas del proceso, su listado y rotulación respectivamente, asimismo crear un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas, que se evidencia mediante ordenes de trabajo, para finalmente luego de ser ejecutadas se realice la medición de los resultados.

Modificar Orden de Mantto Preventivo 4326721: Cabecera central

Cierre comercial

Orden: PM03 4326721 MTTO BLOCKS IMPRESION POLYTYPE 1

Stat.sist.: CTEC MACO MOVIM NLIQ PREC

Oper. | Componentes | Costes | Objetos | Datos adic. | Emplaz. | Planific. | Control

Responsable

Gpo.plan.: IMP / 3150 Impresion
 Rs.pto.tr.: PLANIF_P / 3150 Planificador de Ma...
 Aviso: 10923033
 Costes: 0.00 USD
 Clactv.PM: ARC Ajuste - Regula...
 EstdInstal:

Fechas

Inic.extr.: 12.02.2021 Prioridad: 3-medio
 Fin extr.: 16.02.2021 Revisión:

Objeto de referencia

Ubic.técn.: 3100-3150-IMP-LIN... IMP POLYTYPE 1
 Equipo: 107188 IMPRESORA POLYTYPE 166
 Conjunto:

Datos avería | SíntomaAvería | Fechas aviso

IniAvería: 06.02.2021 08:00:00 Parada
 FinAvería: 06.02.2021 18:00:00 Duración parada: 10.00 H

*Figura 3. Orden de trabajo sobre el mantenimiento block de impresora Polytype 1
 Fuente: Sistema SAP*

La presente investigación se ha desarrollado en cuatro capítulos que se detallan a continuación:

En el capítulo 1, se describirá el problema, su importancia y el alcance que se obtendrá con el desarrollo de este tema, en el mismo se efectuará la formulación, justificación, objetivo general y objetivos específicos.

En el capítulo 2, se desarrollará el marco contextual, los fundamentos teóricos y conceptuales que hacen referencia al levantamiento de la información del proceso y de los costos involucrados en la línea de producción y el establecimiento de propuestas de mejora.

En el capítulo 3, se describirá mediante histogramas y otros gráficos que permitan identificar los puntos críticos en los cuales se enfocará el proyecto, en cuanto a los elevados costos de producción, gastos innecesarios, reprocesos, paras de producción y bajo rendimiento y productividad. Con todo esto se determinará las acciones correctivas a tomar mediante un plan de acción.

En el capítulo 4, se obtienen los resultados luego de haber aplicado el levantamiento de información y recolección de datos. Los resultados ayudarán a concientizar al personal técnico, operadores y mecánicos, en la planificación de un mantenimiento preventivo como mejora del proceso, logrando que haya mayor eficacia en la preparación, la monitorización y el mantenimiento con mínimos tiempos de paradas, para la reducción de costos y el incremento de la productividad, y de la misma manera generar indicadores que permitan medir constantemente los resultados de los mismos para un mejor control.

Posterior a los resultados obtenidos en el desarrollo, se presentan las conclusiones de la aplicación del proyecto dentro de la empresa, dando respuesta al objetivo general y objetivos específicos definidos al inicio del proyecto.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En la industria de envases de plásticos termoformados ubicada en la ciudad de Durán, las continuas descalibraciones que se presentan en las dos máquinas Polytype que realizan la impresión en los envases termoformados para alimentos, provocan productos que no cumplen los estándares de calidad para la entrega del producto final al consumidor. Esto implica que el proceso sufre de la misma manera continuas paradas para realizar mantenimientos y calibraciones a las máquinas Polytype, con lo que se está provocando un incremento de desperdicios, reducción de la productividad de la operación y aumento de los costos de reparación.

Un manejo eficiente de los costos operacionales debe ser llevado a cabo, por medio del seguimiento adecuado sobre todos los recursos utilizados en el proceso de termoformado que está directamente relacionado con las máquinas impresoras Polytype, que permitan corregir ineficiencias en las actividades de producción y, de acuerdo a eso, establecer medidas de corrección.

El proceso de impresión consiste en la transmisión de tinta al contacto, adhiere uno o varios colores en las caras de artículos, mediante la flexografía, que es una técnica de impresión en relieve secado al calor y UV, en la que las zonas impresas están realizadas respecto a las zonas no impresas.

La capacidad de producción en el área de impresión es dada por la elaboración de los diferentes artículos. A continuación se presenta un cuadro donde se indicara las unidades producidas durante el primer semestre del 2020, los productos con mayor movimiento.

Tabla 2. Capacidad de producción de máquinas impresoras año 2020

Máquina	Producto	Capacidad Unidades por minuto	Capacidad Unidades en turno de 8 horas	Promedio total de unidades/mes
Impresora Polytype 1	Tarrinas	250	120.000	6.000.000
Impresora Polytype 2	Tarrinas	250	120.000	6.000.000

Elaborado por: Autora

Cabe recalcar que, muchas veces debido a la indisponibilidad de las máquinas de impresión Polytype, recae en la productividad, costos y tiempos excesivos en el desarrollo del trabajo. Factores que se presentan ante la falta de organización por parte de los respectivos departamentos, por lo que se presenta este proyecto como una oportunidad de mejora.

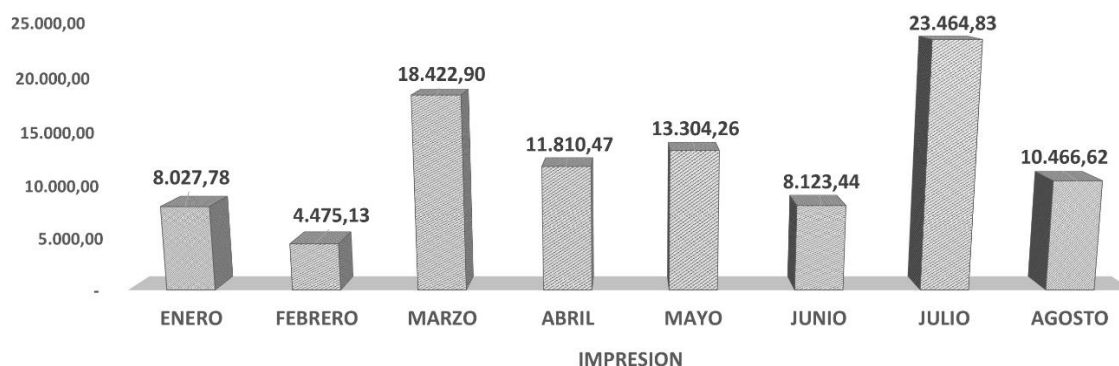


Gráfico 2. Costos de mantenimiento en área de impresión

Elaborado por: Autora

En el Gráfico 2 pueden apreciarse los altos costos de mantenimiento que se han mantenido durante el año 2020, y los cuales se encuentran fuera del rango como meta de establecido de \$8.000,00 de manera mensual. Para lo cual, se busca primero mantener la tendencia por debajo del monto establecido como límite.

En base a estos datos, se recopila información mediante observación, sobre las condiciones en las que se encuentran las máquinas impresoras en las que enfoca el presente estudio. El proceso cuenta con 4 máquinas impresoras: 2 máquinas Polytype, 1 máquina OMSO, y 1 impresora de tapas WIFAG. Considerando que las impresoras Polytype 1 y 2 tienen la mayor demanda y a su vez presentan la mayor cantidad de problemas por averías en la producción de envases termoformados como tarrinas desde

50 hasta 200 cc de diferentes productos, serán las máquinas donde se enfocará este proyecto.

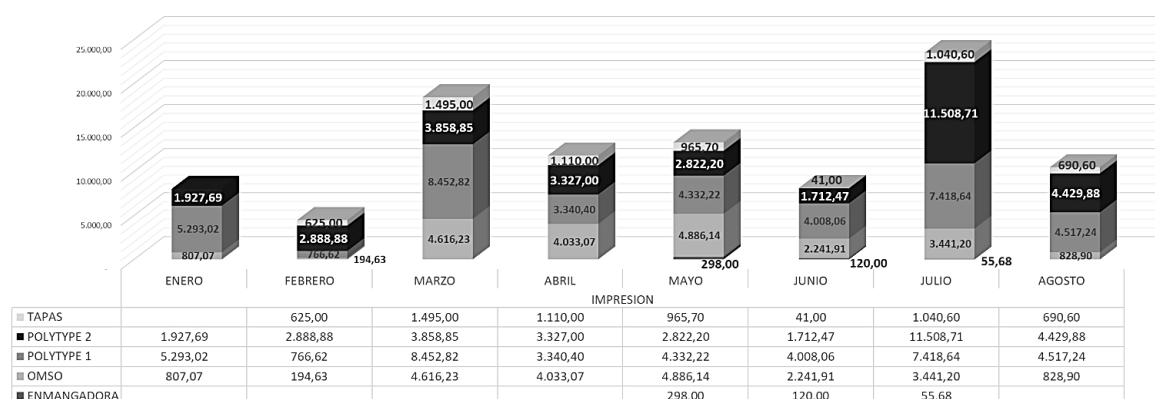


Gráfico 3. Costos de mantenimiento en máquinas Polytype 2
Elaborado por: Autora

En el Gráfico 3, puede notarse que casi la totalidad de los costos de mantenimiento generados en el área de impresión, son generados por averías o calibraciones realizadas en las máquinas de impresión Polytype 1 y 2, por lo que se ponen como foco de atención dentro del presente proyecto.

Tabla 3. Merms en kilogramos (kg) por procesos

PROCESOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JULIO	AGOSTO
EXTRUSIÓN SORB	280	286	130	149	165	222	31
IMPRESIÓN	1.999	1.618	1.418	618	5.520	2.831	1.661
INYECCIÓN	284	385	210	87	415	139	115
LAMINADO	871	1.207	993	756	761	308	313
SOPLADO	651	499	755	877	5.706	3.969	2.010
TERMOFORMADO	290	405	402	339	1.859	422	592
Total general (kg)	4.375	4.400	3.908	2.824	14.426	7.891	4.722

Elaborado por: Autora

Como se muestra en la Tabla 3, los niveles de merms en kilogramos que se producen en el proceso de impresión tienen mayor representación de manera global con respecto a los otros procesos en los primeros ocho meses del año 2020.

Tabla 4. Indicadores de mantenimiento

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	AVERAGE
MTBF.	26,24	48,44	87,28	43,31	20,09	24,73	45,13	25,90	40,14
MTTR.	5,55	1,71	2,24	0,91	1,00	1,09	2,41	1,85	2,10

Elaborado por: Autora

En la Tabla 2, se muestra el tiempo medio entre averías (Mean Time Between Failures - MTBF) en horas, el cual representa el tiempo que transcurre entre dos averías en una misma máquina. Así mismo, el tiempo medio de reparación (Mean Time to Repair - MTTR) en horas, también conocido como tiempo medio de mantenimiento correctivo, el cual representa el tiempo necesario para reparar una avería hasta recobrar el funcionamiento de la máquina.

Al no realizarse los mantenimientos conforme lo indica el manual del fabricante o en base a un plan establecido por la empresa, puede haber variaciones en el costo de mantenimiento, lo cual puede conllevar al daño de otras partes o del componente en su totalidad; esto a su vez conlleva a que la empresa tenga mayores tiempos improductivos, altos costos de mano de obra, de producción, entre otros.

1.2 Importancia y alcances

Con la premisa del incremento de desperdicios, la reducción del tiempo de operación y los altos costos de mantenimiento a la maquinaria de impresión de envases de plásticos termoformados, se planteó este proyecto con el fin de controlar los costos del proceso, reducir los desperdicios e incrementar los niveles de producción, sin un gasto excesivo de dinero, y en especial el generado por averías y reparaciones de las mismas, no solo por las pérdidas inoportunas, sino por el impacto económico general en las ganancias de la empresa.

Ante tal situación, se decide proponer una mejora que permita el incremento de la capacidad productiva y mayor control de los costos, estableciendo un eficaz plan de mantenimiento que permita reducir la constante frecuencia de fallas en el proceso de impresión del área de termoformado, las cuales traen como consecuencia el retraso de actividades, el reproceso, la generación de desperdicios y bajos niveles de producción.

El mantenimiento preventivo dentro de la compañía y dentro del área específica objeto de nuestro estudio en el presente proyecto, se vuelve imprescindible y debe convertirse en uno de los enfoques principales de la compañía como parte fundamental para conservar los equipos y las instalaciones funcionando adecuadamente y minimizar las averías para

lograr obtener la máxima productividad. La elaboración de un plan de mantenimiento produce beneficios en el proceso como:

- a. Mantener la vida útil de los equipos y su buen funcionamiento.
- b. Reducir los costos, ya que es posible reducir el costo de reparaciones, si se refuerza el mantenimiento preventivo.
- c. Mejorar la disponibilidad de la maquinaria reduciendo los paros.

Todas estas consideraciones son de suma importancia para la disminución de averías y una reducción de los costos por mantenimiento, sumándole que así mismo brinda tener beneficios, tales como el aumento de la utilidad de la compañía, incremento de la productividad y un menor impacto ambiental, por lo cual la empresa logra ser más competitiva en el mercado.

1.2.1 Beneficiarios

El principal beneficiario de este proyecto es la industria de envases de plásticos termoformados, ya que las dos máquinas Polytype del área de impresión recibirá una mejor intervención preventiva, logrando así la reducción de gastos por concepto de repuestos y mantenimiento; a su vez la reducción de reprocesos y desperdicios en el proceso y el incremento de los niveles de producción. Por otro lado como beneficiario secundario, se encuentra el personal técnico de mantenimiento, dándole confiabilidad a su trabajo y asegurando la estabilidad.

1.2.2 Importancia

El desarrollo del presente proyecto es de suma importancia para la disminución de averías y una reducción de los costos por mantenimiento. Se llevará a cabo un diagnóstico sobre la situación actual, de esta manera se establecerán mejoras relacionadas a la intervención de mantenimiento, para posteriormente presentarse un plan de mantenimiento preventivo sobre las máquinas de impresión de envases termoformados Polytype, lo cual a su vez brindaría tener otros beneficios, tales como el aumento de la utilidad de la compañía, incremento de la productividad y un menor impacto ambiental, por lo cual la empresa logra ser más competitiva en el mercado.

1.3 Delimitación

Lugar : Industria de envases plásticos termoformados

Campo : Mantenimiento y costos de producción

Área : Área de impresión de termoformados

Unidad de Análisis: 2 máquinas impresoras Polytype

1.3.1 Delimitación temporal

El proyecto inició desde julio de 2020 y sus etapas fueron:

- 1 mes para el levantamiento de información e identificación del proceso de producción
- 2 meses para identificación de costos involucrados en el proceso.
- 2 meses para desarrollar la propuesta de mejora: plan de mantenimiento preventivo.
- 3 meses para monitoreo, control y análisis de resultados

1.3.2 Delimitación geográfica

El estudio se desarrolla en una industria de envases de plásticos ubicada en el Parque Industrial Km 6 ½ Via Durán Tambo, en la ciudad de Durán de la provincia del Guayas, en el cual se planteó desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar el rendimiento y productividad de la fábrica, y reducir los costos y gastos incurridos en la reparación constante de averías y fallas.

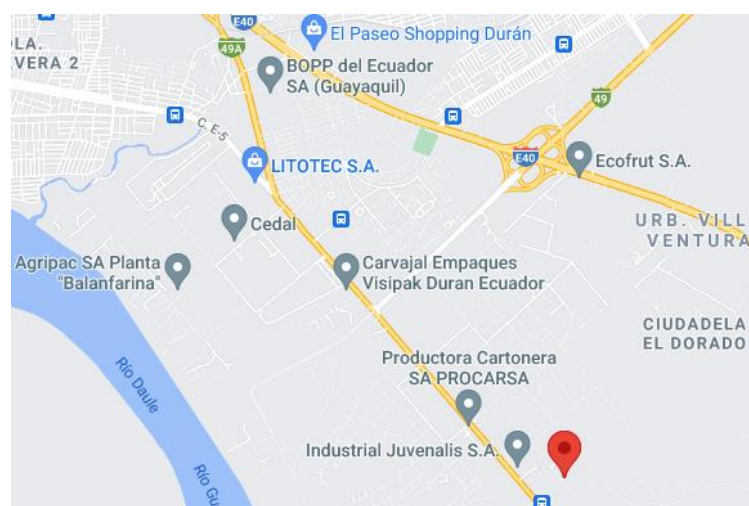


Figura 4. Ubicación geográfica de la empresa de plásticos en estudio
Fuente: Google maps

1.4 Formulación del problema

¿Es factible incrementar los niveles de producción y reducir los costos involucrados en el proceso de impresión de envases plásticos durante su producción?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Incrementar los niveles de producción mediante una mejora del proceso y un control eficiente de los costos involucrados en el proceso de impresión de envases termoformados de una industria de plásticos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar los procesos involucrados en la impresión de envases plásticos termoformados.
- Identificar los costos involucrados en el proceso de impresión de envases plásticos termoformados.
- Realizar un diagnóstico del proceso productivo en el área de impresión que permita conocer la dimensión del problema y las variables a tener en cuenta.
- Definir una propuesta de mejora que permita incrementar el nivel de producción en el área de impresión de la línea de termoformado.
- Establecer una herramienta mediante indicadores de control que ayude a suministrar información oportuna y veraz que permita la adecuada toma de decisiones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamento Conceptual

2.1.1 El Plástico.

Según el Diccionario de lengua española (2020) conceptualiza al plástico como “un material que, mediante una compresión, puede cambiar de forma y conservar esta de modo permanente, a diferencia de los cuerpos elásticos.” También indica que esta palabra define a “ciertos materiales sintéticos que, pueden moldearse fácilmente y están compuestos principalmente por polímeros, como la celulosa.”

Según PlasticsEurope (2021), la asociación que representa a los fabricantes activos en la industria europea del plástico, el término “plástico” proviene del griego “plastikos” que significa que se puede moldear, pudiendo por su maleabilidad o plasticidad, obtener diferentes formas, como láminas, fibras, placas, tubos, botellas, cajas, etc.

El Ministerio del Ambiente en el Acuerdo Ministerial No. 019 “Políticas para Gestión de plásticos en Ecuador” (2014) define al plástico como un término genérico que describe una gran variedad de sustancias, que hace parte de un grupo de compuestos orgánicos denominados polímeros, conformados por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno, y dependiendo de las reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural, cambian las propiedades físicas y su estructura molecular (pág. 3).

El uso de empaques de plástico ha incrementado notablemente debido a las excelentes propiedades (ligero, flexible, baja densidad, rígido) y bajo precio en relación a otros materiales como vidrio o aluminio. Sus aplicaciones pueden ser bolsas, botellas, frascos o envases con formas variadas.

2.1.2 Estructura y organización de una empresa industrial.

Según Eras, Burgos y Lalangui (2016), las industrias de mayor tamaño o multinacionales, como la que será objeto de estudio, donde el proceso de fabricación del producto requiere varias operaciones distintas, prefieren registrar y acumular los costos por departamentos o denominados también centros de costos, ya que eso permite hacer responsables a los distintos departamentos en los costos incurridos en lo que respecta a materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación (pág. 26).

En un empresa industrial, la división y estructura departamental general de un proceso productivo sería el siguiente:

2.1.2.1. Departamentos de producción.

Son áreas que se pueden definir como una unidad operativa (hombre-máquina) que participa en la fabricación del producto terminado (Eras A., Burgos B., & Lalangui B., 2016).

2.1.2.2. Departamentos de servicio.

Los departamentos de servicio no están directamente conectados con la fabricación del producto, sin embargo, suministran asistencia indirecta o servicio indispensable para que la fábrica pueda operar de manera continua y eficiente para poder cumplir con la fabricación del producto.

Los servicios que estos departamentos generalmente proporcionan en una industria son los siguientes: seguridad, alimentación, servicios médicos, mantenimiento de máquinas, control de materiales, control de calidad, otros (Eras A., Burgos B., & Lalangui B., 2016).

2.1.3 Contabilidad de costos

Según Eras, Burgos y Lalangui (2016), la contabilidad de costos es parte primordial en los procesos de planificación y control, pues es la encargada de registrar, medir, analizar y controlar la actividad de una industria, para que la administración tome decisiones de una manera rápida y eficaz. La contabilidad de costos tiene gran importancia puesto que

permite que la administracion obtenga información acerca de los costos y los gastos que incurren en la industria durante un determinado periodo de tiempo, mismos que sufren constantes cambios que afectan directamente el funcionamiento de la empresa (pág. 65)

2.1.4 Costos y productividad

El costo de producción tiene dos perspectivas opuestas generalmente por parte de los directivos de cualquier empresa. El primer perspectiva esta basado en que para producir productos uno debe gastar; esto significa generar un costo; mientras que el segundo perspectiva que generalmente se tiene, es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los que sean innecesarios. Sin embargo, tomando ese enfoque como referencia, no tiene sentido que no se posea un programa correcto de mantenimiento de equipos, simplemente para evitar los costos de mantenimiento; ya que sería más recomendable tener un esquema de mantenimiento aceptable el cual, mitigue, quizás, el 80-90% de los riesgos por roturas o desgaste.

El Gráfico 4, con respecto a los costos del mantenimiento con relación al tiempo, muestra que el mantenimiento correctivo (Mantenimiento por rotura) genera una curva ascendente a lo largo del tiempo, debido a factores como la reducción de la vida útil de los equipos, depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, aumento del “stock” de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado, aumento de riesgos de accidentes, entre otros.

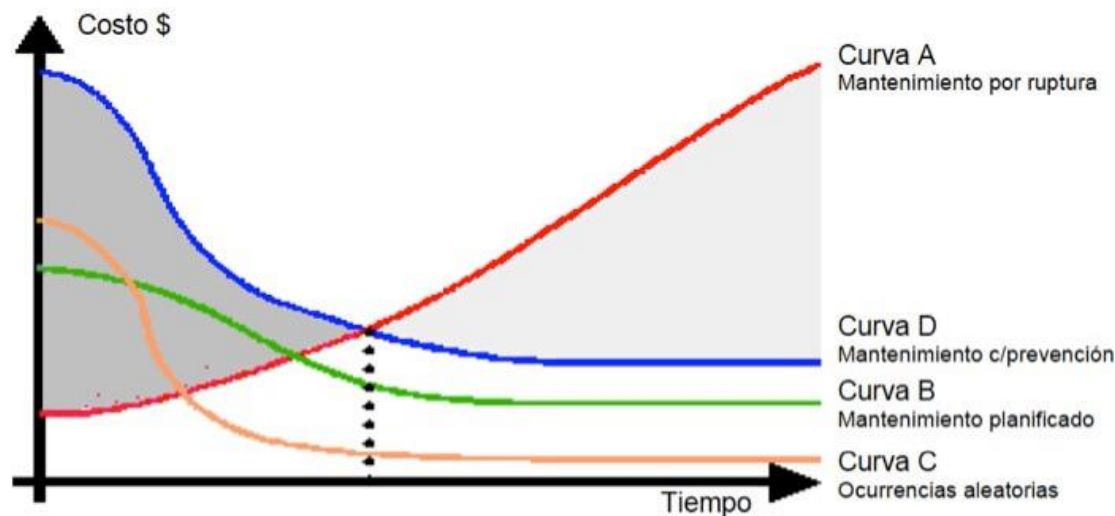


Gráfico 4. Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo
Fuente: (Tavares, 2000)

Por otro lado, con la implantación de una correcta planificación y control del mantenimiento, mediante la prevención (Curva D) o predicción (Curva B) de la falla, se obtiene una configuración de costos invertida, curvas descendentes anualmente y una tendencia a valores estables a mediano y largo plazo, que podrían representar de manera general un ahorro muy significativo. Siendo más de la mitad de este ahorro debido al cese de la facturación constante que se considera en el costo total de la parada de un equipo, como la suma del costo del mantenimiento, que incluye los costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes, y el costo de indisponibilidad que incluye el costo de pérdida de producción (horas no trabajadas), debido a: mala calidad del trabajo, falta de equipos, costos extras para reorganizar la producción, costo por repuestos de emergencia, penalidades comerciales e imagen de la empresa.

2.1.5 Tipos de Costos y clasificación

Barfield, Raiborn y Kinney (2004), señalan que para poder comunicar información de manera efectiva a otras personas, se debe entender con toda claridad las diferencias que existen entre los distintos tipos de costos, sus cálculos y su uso.

Los costos para su análisis pueden ser agrupados según su enfoque o según su categoría:

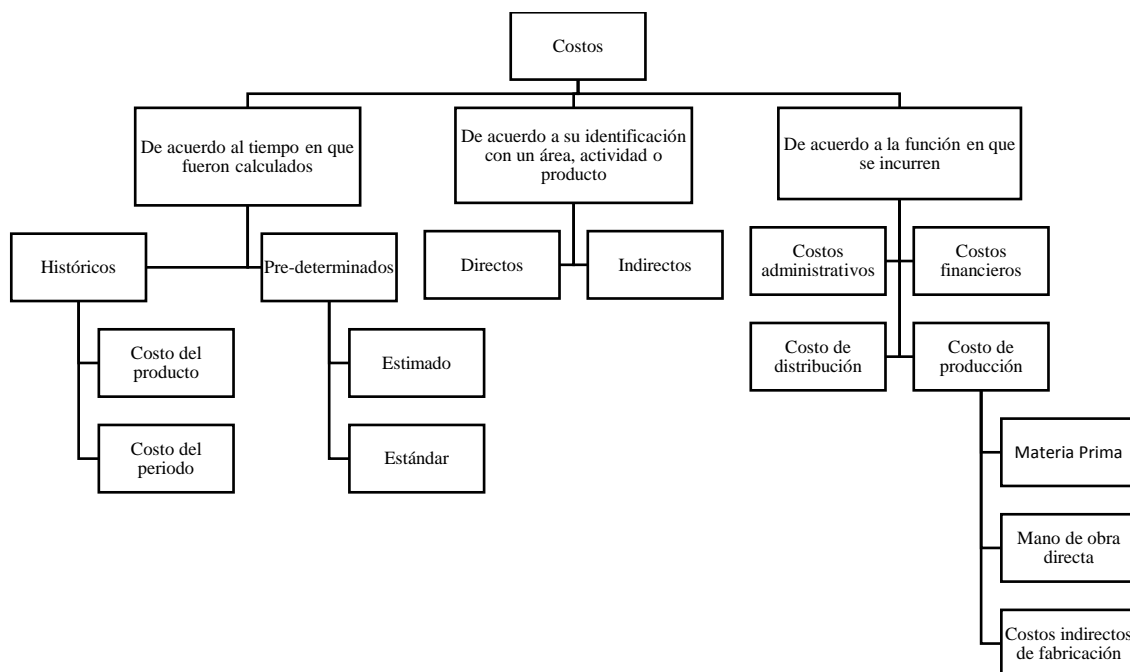


Gráfico 5. Organigrama de clasificación de los tipos de costos según el enfoque

Los costos pueden ser clasificados de acuerdo con el enfoque que se les dé:

- Costos de acuerdo con el tiempo en que fueron calculados.
- Costos de acuerdo con su identificación con una actividad, departamento o producto.
- Costos de acuerdo con la función en la que se incurren.

Dentro de este último grupo, se realizará una mayor descripción de los costos de producción, pues es parte importante conocer a profundidad este tipo de costos para el desarrollo de este proyecto.

Costo de producción: Este tipo de costo, es el que se genera en el proceso de transformar las materias primas en producto terminado. Éstos a su vez se subdividen en:

- Costo de materia prima: Es el costo de materiales integrados al producto, es decir, los que deriven de cualquier parte de un producto que sea fácilmente identificable.
- Costo de mano de obra: Es el costo que interviene directamente en la transformación del producto, es decir, los que se deriven del tiempo que interviene cierto personal en la fabricación de un producto o en la prestación de un servicio.

iii. Costos indirectos de fabricación: Son los costos que intervienen en la transformación de los productos, con excepción de la materia prima y la mano de obra directo. Por ejemplo, el sueldo del supervisor, mantenimiento, energéticos, depreciación, etc.

Los posibles tipos CIF que seguramente se van a necesitar para la producción se los puede identificar como individualmente o específicos, y globalmente o común.

- Individual o específico: Aquellos CIF que se localizan específicamente en ciertos departamentos sean de producción o de servicio. Por ejemplo, el valor de tiempo ocioso en los departamentos de producción, consumo de repuestos de fábrica, etc.
- Global o común: Aquellos CIF que se puede presupuestar en forma global, es decir, que su costo abarca a toda la infraestructura de la empresa, pero al tratarse de comunes los costos se los distribuye para todos los departamentos. Ejemplo: energía eléctrica, alimentación del personal, etc.

Tabla 5. Lista de los Costos Indirectos de Fabricación (CIF)

Individuales o específicos (E)	Globales o comunes (C)
<ul style="list-style-type: none"> • Depreciación muebles y enseres en departamentos producción. • Consumo materiales Indirectos Departamentos de producción • Consumo útiles de oficina en departamentos de producción • Sueldos y salarios oficinistas de fábrica. • Remuneración médico fábrica. • Consumo repuestos fábrica. • Tiempo ocioso • Trabajo indirecto del personal de la fábrica • Recargo de horas extras. • Combustibles y lubricantes. • Supervisor de calidad departamentos de producción. • Entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguros contra robos fábrica. • Depreciación vehículos fábrica. • Consumo combustible de la fábrica. • Depreciación generador de energía eléctrica de La fábrica. • Mantenimiento e instalaciones de la fábrica. • Impuestos que paga la fábrica. • Seguros contra incendios de la fábrica. • Sueldo jefe de producción de la fábrica. • Sueldo del guardián de la fábrica. • Predios urbanos. • Arriendo de fábrica. • Alimentación de personal. • Teléfono y Agua. • Energía eléctrica.

Fuente: (Eras A., Burgos B., & Lalangui B., 2016)

2.1.6 Costos del mantenimiento

El área de mantenimiento puede ser considerado por algunos como un gasto, para otros como una inversión en la conservación de los equipos, mientras que ciertos lo consideran como un seguro de producción de horas de trabajo y productos elaborados con calidad.

Para tomar decisiones en la estructura de costos, y teniendo presente que para un administrador una de sus principales tareas será minimizar los costos, entonces es importante conocer sus componentes.

Los costos, en general, se pueden agrupar en dos categorías:

- Los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como pueden ser: costos administrativos, de mano de obra, de materiales, de repuestos, de subcontratación, de almacenamiento y costos de capital.
- Costos por pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de la tasa de producción y pérdidas por fallas en la calidad del producto debido al mal funcionamiento de los equipos.

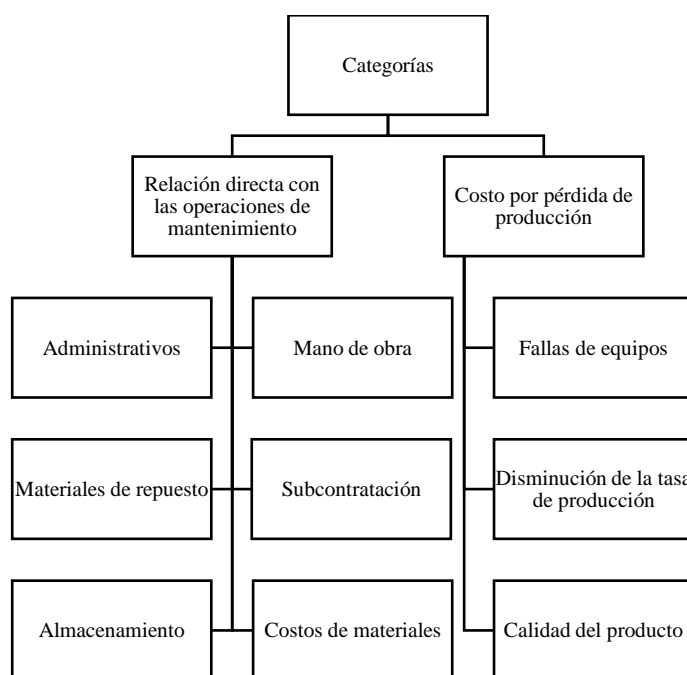


Gráfico 6. Organigrama de clasificación de los costos según sus categorías

El costo total de mantenimiento es la suma de:

- **Costos Fijos:** Estos costos son independientes del volumen de producción o de ventas de la empresa, pues como su nombre lo dice, son fijos. Están compuestos principalmente por la mano de obra y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo y predictivo, así como todo valor originado por el mantenimiento o conservación de las máquinas. Estos costos de mantenimiento son los que aseguran la vida útil de la maquinaria a mediano y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este costo fijo al principio representa un ahorro para la empresa, pero después se traduce en mayor incertidumbre y gastos mayores para mantener a la empresa en su nivel óptimo.
- **Costos Variables:** Estos costos son proporcionales a la producción realizada y las ventas, por ejemplo, costos como mano de obra indirecta, materia prima, energía eléctrica, además de los costos variables que necesarios para el mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo será consecuencia de las averías imprevistas en la maquinaria, como de las reparaciones programadas por otros tipos de mantenimiento a la maquinaria. Parecería que no fuera posible reducir este tipo de costos en mantenimiento, dado que este viene directamente de la necesidad de realizar una reparación para poder seguir produciendo. La manera de reducirlo, no pasa por dejar de hacer mantenimiento correctivo, si no por evitar que se produzcan las averías inesperadas, y no tener paradas inesperadas que merme la producción.

2.1.7 Mantenimiento preventivo.

Según Alpízar Villegas (2008) define el mantenimiento preventivo como el “compuesto de actividades que se llevan a cabo en un equipo...con el fin de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas... a través de una buena planificación, sistematización, inspección y realización de actividades”. (pág. 194)

Según Duffuaa, Raouf y Campbell (2012) define al mantenimiento como “las actividades que se realizan para que un componente, equipo u máquina de la empresa se conserve, o restaurarlos con el fin de que pueda desempeñar las funciones para las que fue diseñado” (pág. 29).

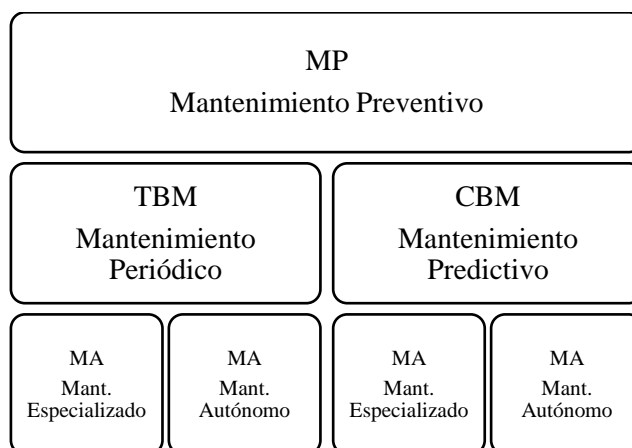


Gráfico 7. Clasificación del Mantenimiento Preventivo
Fuente: La Autora

2.7.1.1 Indicadores del mantenimiento Preventivo

Dentro de los principales indicadores de mantenimiento se puede mencionar:

Disponibilidad (D):

Según Parra y Crespo (2015), la disponibilidad es un indicador técnico que permite estimar el porcentaje de tiempo total que un equipo está en condiciones para cumplir su función requerida, suponiendo que se le suministran los medios exteriores necesarios para su operación (pág. 33).

Mora Gutiérrez (2009) defina la disponibilidad como “la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación cuando se usa bajo condiciones estables” (pág. 67).

$$D = \frac{TT - H. Muerta}{TT}$$

Donde:

TT: Tiempo total

H. muertas: Paradas por averías o fallas

Confiabilidad (C)

La confiabilidad en mantenimiento es un indicador que permite medir si el equipo es 100% confiable (no hay fallas), si la confiabilidad del equipo es aún aceptable, (frecuencia de fallas muy baja), o si el equipo es poco confiable (frecuencia de falla muy alto).

La confiabilidad en mantenimiento está en función del MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) y el MTTR (Tiempo Medio Para Reparación). Siendo así, la ecuación básica para el cálculo de la confiabilidad no es más que la definición de probabilidad según Laplace: Número de aciertos (MTBF= tiempo total que funciona el activo sin fallar) sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones).

Según Costa y Guevara (2015), la confiabilidad es la probabilidad de que las máquinas presenten un funcionamiento óptimo bajo ciertas condiciones dentro de un periodo determinado, es decir, es el tiempo promedio de funcionamiento entre fallas (pág. 39).

$$C = \frac{TF}{NP}$$

Donde:

C: Confiabilidad

TF: Tiempo de funcionamiento

NP: Número de avería

2.1.8 Productividad

Según James L. Riggs (2015) la productividad es la cualidad de ser productivos, y que indica que tan bien se está utilizando la mano de obra, el capital, los materiales y la energía (pág. 608).

Se entiende por productividad al vínculo que existe entre lo que se ha producido y los medios que se han empleado para conseguirlo (mano de obra, materiales, energía, etc.). La productividad suele estar asociada a la eficiencia y al tiempo: cuanto menos tiempo se invierte en lograr el resultado anhelado, mayor será el carácter productivo del sistema. La mejor productividad supone una mayor rentabilidad en cada empresa, por lo que a través

de la gestión de calidad se busca que toda firma logre incrementar su productividad (Medina Ramírez & Mauricci Gil, 2014).

2.1.8.1 Indicadores de la Productividad.

Gutiérrez Pulido (2014) señala que la productividad puede ser medida a través de dos componentes: eficiencia y eficacia. La eficiencia es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados; en otras palabras, la eficacia se puede ver como la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera. Por ende, se sugiere para incrementar la productividad utilizar las dos dimensiones: mejorar la eficiencia reduciendo los tiempos desperdiciados por paros de equipos, falta de materiales, desbalanceo de capacidades, mantenimiento no programado, reparaciones y retrasos en los suministros y en las órdenes de compra (págs. 21-22).

Así buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos; mientras que la eficacia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados (hacer lo planeado). Se puede ser eficiente y no generar desperdicio, pero al no ser eficaz no se están alcanzando los objetivos planeados. Adicionalmente, por efectividad se entiende que los objetivos planteados son trascendentes y estos se deben alcanzar.

A continuación, la relación entre la productividad y sus componentes:

Productividad = Eficiencia x Eficacia

$$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} \times \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}}$$

Eficiencia:

La eficiencia como la maximización del excedente económico, dados los recursos productivos y a la tecnología existente en una sociedad. Y definimos el excedente económico como la diferencia entre la disposición máxima total al pago de los consumidores por los bienes y servicios que consumen y el coste total que supone su producción.

Por ejemplo, con una eficiencia= 50%

50 % del tiempo se desperdicia probablemente en:

- Programación
- Paros no programados
- Desbalanceo de capacidades
- Mantenimiento y reparaciones

Eficacia:

La eficacia organizacional es uno de los tópicos más extensamente tratados en la literatura sobre organizaciones formales, pues de una u otra manera, casi todas las teorías formuladas sobre las mismas pretendían, implícita o explícitamente, un incremento de dicha eficacia.

Por ejemplo, con una eficacia = 80%

- De 100 unidades 80 están libres de defectos
- 20 tuvieron algún tipo de defecto

Los indicadores de mantenimiento son un conjunto de información que permite evaluar el rendimiento de las operaciones y permite evaluar el desarrollo a largo del tiempo y definir el camino para la mejora continua para esto a continuación se presenta la Matriz de operacionalización de las variables:

Tabla 6. Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Mantenimiento Preventivo	El mantenimiento preventivo identifica y supervisa todos los elementos estructurales de los equipos, así como sus condiciones actuales para adelantarse a futuros fallos que pueden provocar averías, interrumpir la producción, pérdidas de rendimiento, defectos de calidad o accidentes (CUATRECASAS, 2003, P.166)	La implementación de mantenimiento preventivo nos ayudará a medir la disponibilidad y la confiabilidad de las máquinas que conforman el proceso de impresión del área de termoformado. Mediante la cual se podrá medir el antes y después de la mejora.	Disponibilidad	$D = \frac{TT - HM}{TT}$ Donde: D: Disponibilidad TT: Tiempo total HM: Paradas por averías o fallas $C = \frac{TF}{NP}$	Razón
			Confiabilidad	Donde: C: Confiabilidad TF: Tiempo de funcionamiento NP: Número de avería	Razón

Variable Dependiente: Productividad	La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos usados para generarlos (GUTIERREZ, 2014, P.20)	La productividad es medida mediante la eficiencia, la cual se basa en la utilización de recursos y el resultado alcanzado, así mismo la eficacia es medida mediante la obtención de objetivos logrados en el proceso de producción.	$EF = \frac{TE}{TP}$ Donde: EF: Eficiencia TE: Tiempo ejecutadas máquina TP: Tiempo programado máq.	Razón
			$EFCA = \frac{EO}{EP}$ Donde: EFCA: Eficacia EO: Equipos Operativos EP: Equipos Programados	Razón

Elaborado por: Autora

2.2 Referentes Empíricos

En la tesis presentada por el señor Teófilo Humberto Baltodano Alonso en el año 2018, “Implementación del mantenimiento preventivo en el área de termoformado para aumentar la productividad en la empresa Creaciones plásticas S.J.L.”, el propósito del presente planteamiento es incrementar la productividad en el proceso de producción, asimismo reducir el costo de calidad, mediante la implementación del mantenimiento preventivo, obteniendo una mayor rentabilidad para la compañía. En el proyecto se demostró mediante resultados estadísticos que la implementación del mantenimiento preventivo logrará aumentar la eficacia de la empresa de estudio en un 23% alcanzando un 83.5% (Baltotano Alonso, 2018).

Según Pablo Jesús Bussi, en su proyecto del año 2015 “Gestión de la capacidad productiva a partir del cálculo de los costos de producción en una industria de mecanizado” propone la elaboración de un sistema de costos para saber cuál es el costo real de los productos, así conocer y gestionar la capacidad productiva, detectar los cuellos de botella y trabajar en ellos, reducir las pérdidas y decidir nuevas inversiones. En el mismo se estudió la metodología usada por la empresa para el cálculo de los costos y se diseñaron diferentes planillas para obtener información del proceso productivo, y con ellos se desarrolló el nuevo sistema de costos (Bussi, 2015).

En la tesis de la Srta. Laura Moreno Manzano publicada en el año 2013 “Estrategias de mejoramiento del proceso productivo de la línea de termoformado en la empresa Creapack

Ltda.”, se analiza el mejoramiento de la planeación de la producción a mediano plazo de problemáticas como reducción de tiempo en los procesos y se logró determinar que principales causas que son generadoras de la mayoría de inconvenientes en la línea de termoformado son: las restricciones de materiales por la inexistencia de programación de flujo de producto; de capacidad por deficiencia en el recurso humano y restricciones logísticas por inexistencia de planeación y control de la producción (Moreno Manzano, 2013).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño

Utilizando una investigación no experimental, para no afectar el proceso durante el desarrollo del proyecto, se planteará nuevas herramientas que permitan mejoras a nivel operativo y administrativo en el proceso.

La metodología diseñada consiste en 3 etapas fundamentales que hacen referencia al levantamiento de la información del proceso y de los costos involucrados en la línea de producción y el establecimiento de propuestas de mejora.

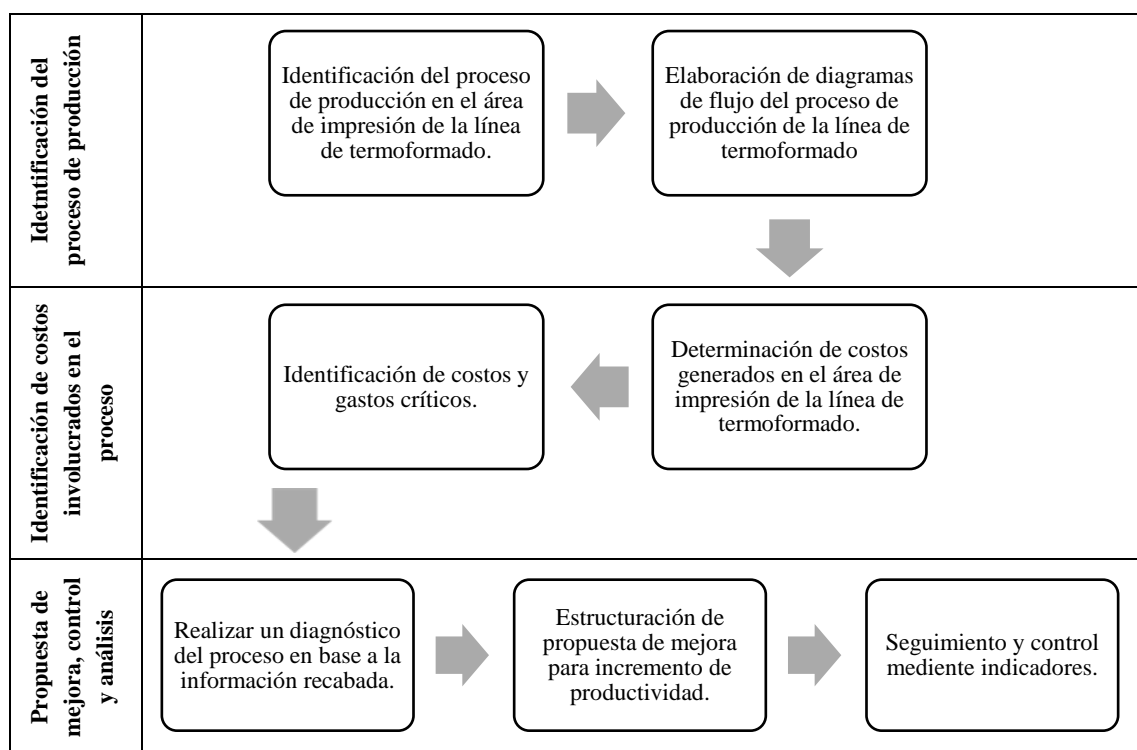


Gráfico 8. Diseño de la investigación

Fuente: La Autora

3.1.1 Fase I: Identificación del proceso de producción

Esta fase como primer paso se establece las actividades presentes en toda la línea de producción de envases termoformados, para posteriormente lograr el enfoque final en el

proceso de impresión de esta línea. Se obtuvieron datos tomados en múltiples días de trabajo de la empresa mediante la observación del proceso, en una semana durante 8 horas diarias en cada una de los puestos de la línea del proceso de termoformado.

En la gráfico 9 se presenta detalladamente el diagrama de flujo del proceso de toda la línea de termoformado:

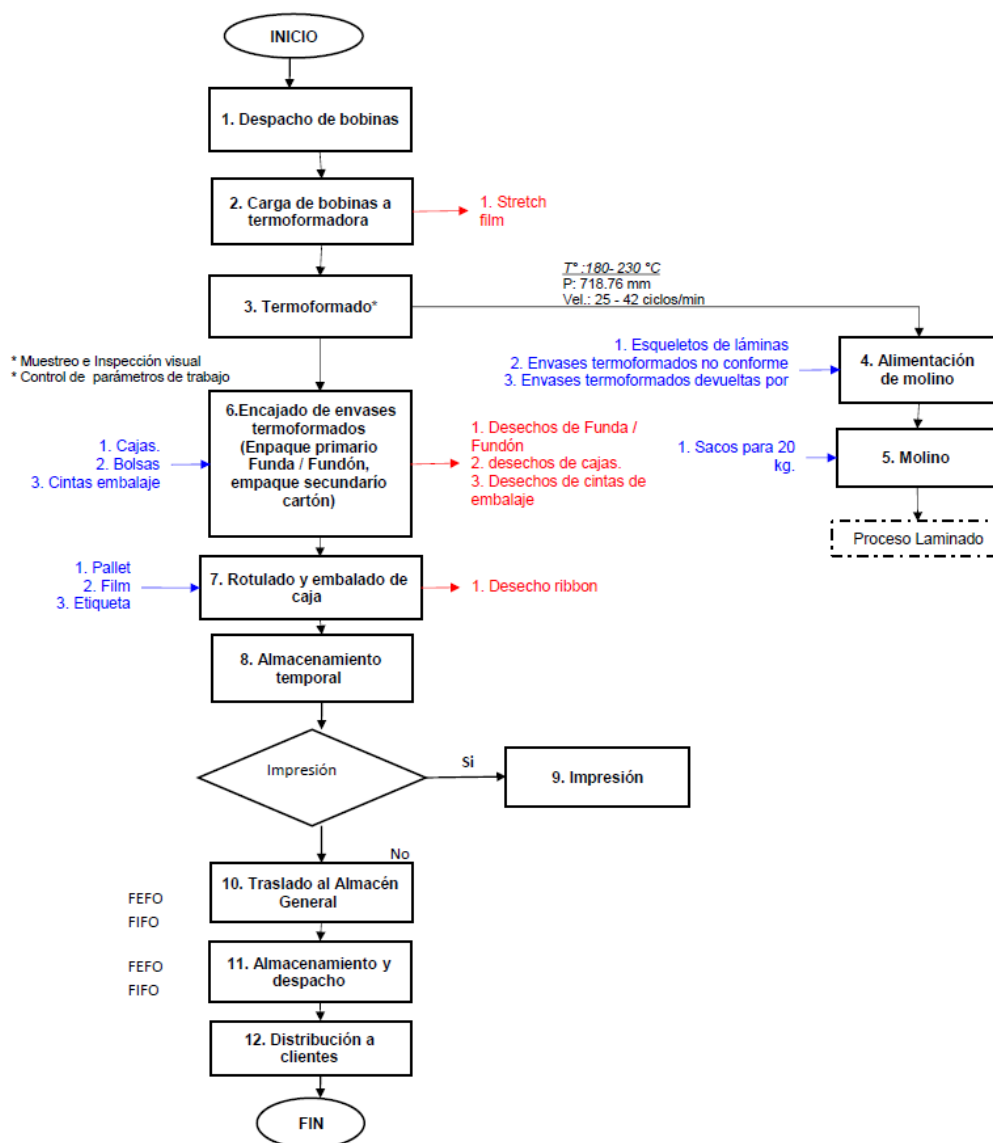
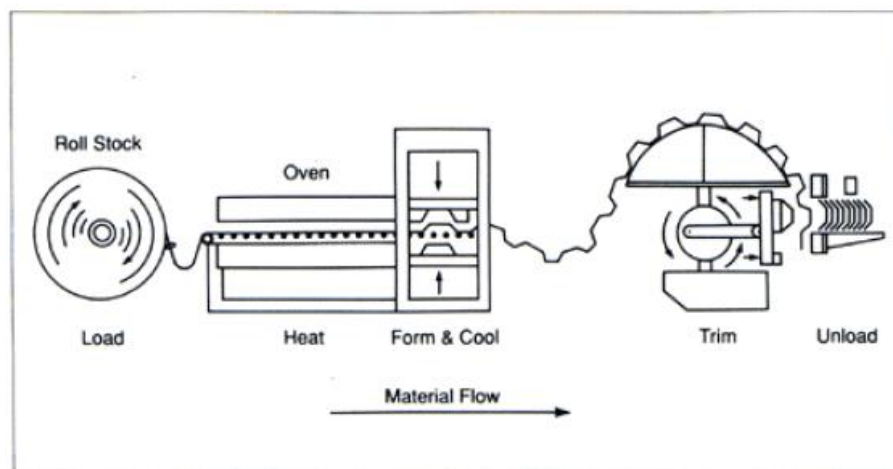


Gráfico 9. Proceso de Producción del área de termoformado
Elaborado por: Autora

3.1.1.1 Proceso de Producción

Termoformado: Esta primera etapa del proceso consiste en dar forma a una lámina plástica por medio de calor (120°C a 180°C) y vacío utilizando un molde o matriz, según el requerimiento del cliente. Un exceso de temperatura puede "fundir" la lámina y la falta de calor o una mala calidad de vacío producirán una pieza defectuosa. El proceso parte de una lámina plástica rígida de espesor uniforme realizada por el proceso de extrusión, y permite realizar pequeñas producciones por su bajo costo en matricería. Siendo este proceso, donde se llevará a cabo el desarrollo del proyecto, se ilustra la Figura 4 para aclarar con más detalles lo expuesto anteriormente:



*Figura 5. Termoformado alimentado por rollo
Elaborado por: Autora*

Impresión: Proceso que se realiza por transmisión de tinta al contacto, en la que se adhiere uno o varios colores en las caras de artículos.

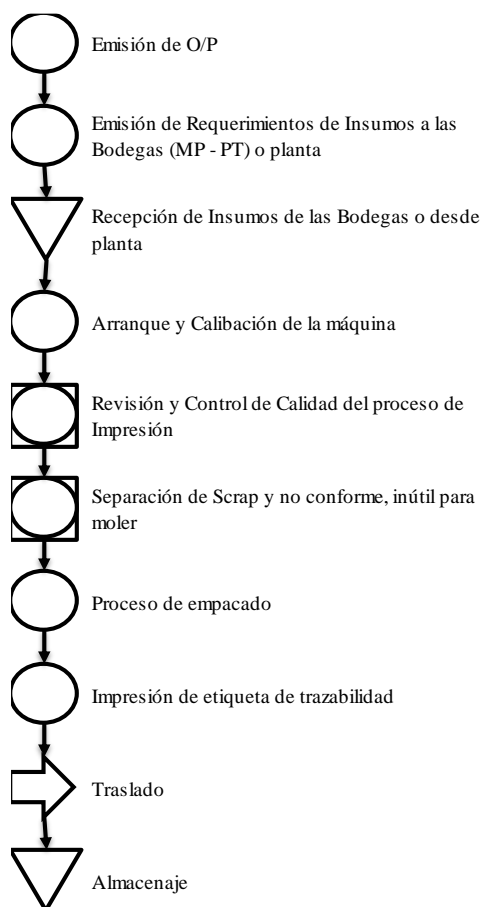
Se inicia el proceso de impresión con la emisión de la orden de producción, donde se decide el producto que se va producir según los requisitos del cliente, de esto va depender la emisión de requerimientos de insumos a las bodegas de materia prima. Posteriormente, se realiza la programación para la calibración y arranque de la máquina para la impresión en los envases termoformados.

Dependiendo de las solicitudes del cliente para se procede a realizar el embalado del producto final, y finalmente se entrega el producto final en los almacenes o lugar requerido por el cliente.

El proceso actual del área de impresión de termoformado que se detalla en el grafico 10, tiene como debilidades principales la falta de procesos estandarizados, la falta de orden y limpieza, y finalmente, la falta de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias que se tiene en diferentes áreas del proceso de producción.

Por consiguiente, la problemática principal que ocasiona el cuello de botella en la línea de termoformado se encuentra en el área de impresión, mismo que está conformado por 2 equipos semiautomáticos que presentan excesivas paradas, ocasionando una producción no confiable, que dan como resultado tiempos muertos, entregas atrasadas, talento desperdiciado; incrementando de esa manera su costo de calidad , lo que perjudica enormemente al planeamiento de la producción, a los tiempos de entrega, logrando obtener clientes insatisfechos y una reducción significativa en la productividad.

Por lo tanto, el objetivo principal de la propuesta a ser desarrollada es incrementar la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas impresoras del área de termoformado, de esa manera lograr obtener procesos confiables, garantizando cumplir los objetivos planificados, reduciendo el costo de calidad, logrando incrementar la productividad en la empresa.



*Gráfico 10. Diagrama del proceso de impresión
Elaborado por: Autora*

3.1.1.2 Capacidad de producción

La capacidad de producción estimada en el área de impresión antes del desarrollo del proyecto es de 250 envases por minuto, en base a la elaboración de los diferentes artículos. Sin embargo, debido a las continuas averías o paradas ocurridas en la máquina, su capacidad de producción real era de 150 envases por minuto.

A continuación se presenta un cuadro donde se indicara los productos con mayor movimiento elaborados en cada una de las máquinas impresoras en el área de termoformado.

Tabla 7. Artículos termoformados que pasan por el proceso de impresión

Máquina	Producto	Impresión por minuto	Unidades por hora	Estimado por turno	Estimado por día
POLYTYPE 1	TARR 100cc CEREAL IMP. CINTURON PAPA NOEL	250	15.000	180.000	360.000
	TARR. 100 CC CEREAL IMP. VALE 0,10 CTV	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 100cm ³ IMP. TOPSY VASITO CHOCOLATE	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 100cm ³ IMP. TOPSY VASITO FRUTILLA	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 150 CC BL IMP. MIX FRUTILLA HOJUELAS	200	12.000	144.000	288.000
	TARR 150 CC BL IMP. MIX FRUTILLA GALLETAS	200	12.000	144.000	288.000
	TARR 150 CC CHIQUI IMP FRUTILLA CHOCO	200	12.000	144.000	288.000
	TARRINA CEREAL BAJA NT C/F IMP. MUESLI	250	15.000	180.000	360.000
	TARRINA CEREAL BAJA NT C/F IMP. QUINOA	250	15.000	180.000	360.000
	TARRINA Cm3 CEREAL IMP. LAZO NAVIDEÑO	250	15.000	180.000	360.000
POLYTYPE 2	TARR. 100 CC CEREAL IMP. VALE 0,10 CTV	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 200 CC BL IMP. TONIMIX FRUTILLA 170GR	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 200 CC BL IMP. TONIMIX DURAZNO 170GR	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 50 CC IMP. QUESO CREMA CLASICO	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 50CC IMP EL MANJAR MORADO	250	15.000	180.000	360.000
	TARR 100cc CEREAL BAJA IMP. COPO DE NIEVE	250	15.000	180.000	360.000

Elaborado por: Autora

3.1.2 Fase II: Identificación de costos involucrados en el proceso

En esta segunda fase se analiza en base a la identificación del proceso productivo del área de impresión de la línea de termoformado, los recursos utilizados que impactan en el proceso productivo.

Tabla 8. Costos de mantenimiento en área de impresión – 2do. semestre 2020

MÀQUINA	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL
ENMANGADORA	55,68		497,00			611,60	388,09
OMSO	3.441,20	828,90	1.427,20	168,07	968,45	2.204,62	1.506,41
POLYTYPE 1	7.418,64	4.517,24	7.383,30	8.439,54	4.690,47	8.118,41	6.761,27
POLYTYPE 2	11.508,71	4.429,88	2.402,38	3.156,79	2.438,02	2.857,69	4.298,92
TAPAS	1.040,60	690,60	1.391,85	2.406,61	1.926,00	3.453,03	1.818,12
Total de Costos en área de impresión	23.464,83	10.466,62	13.101,73	14.171,01	10.022,94	17.242,20	14.772,81

Elaborado por: Autora

La Tabla 8 muestra que los costos de mantenimiento en las máquinas Polytype 1 y 2 son los más relevantes dentro del área de impresión, por la que el proyecto se ha centrado en analizar las mismas. En las Tabla 8 y Tabla 9 pueden apreciarse los altos costos de mantenimiento que se han mantenido en el área de impresión de la línea de termoformado durante el último semestre del año 2020. Estos altos costos de mantenimiento son

atribuidos a la falta de planificación de mantenimientos preventivos, puesto que existen muchas fallas, paradas no pagramadas sobre todo en las máquinas impresoras Polytype 1 y 2.

Tabla 9. Costos de mantenimiento en máquinas Polytype – 2do. semestre 2020

MÀQUINA	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL
POLYTYPE 1	7.418,64	4.517,24	7.383,30	8.439,54	4.690,47	8.118,41	6.761,27
POLYTYPE 2	11.508,71	4.429,88	2.402,38	3.156,79	2.438,02	2.857,69	4.298,92
Total Costos en Polytype	18.927,35	8.947,12	9.785,68	11.596,33	7.128,49	10.976,10	11.226,85

Elaborado por: Autora

3.1.2.1 Costos según la relación directa con las operaciones de mantenimiento

Indice del costo relativo con personal propio

El costo relativo con personal propio es la relación entre los costos con mano de obra propia y el costo total del área de mantenimiento en el periodo determinado.

Tabla 10. Costos Mano de obra directa en mantenimiento – 2do. semestre de 2020

Cargo	Salario Nominal	13er. Sueldo	14to. Sueldo	Vacaciones	Fondo de reserva	Aporte Patronal	Cantidad Personal	Total de Costo Mensual	Total de Costo Semestral
MECÁNICOS	550,00	45,83	33,33	23,38	51,98	61,33	5	3.829,25	22.975,50
ELÉCTRICOS	700,00	58,33	33,33	29,75	66,15	78,05	4	3.862,44	23.174,64
Total de Costos de Mano de Obra								7.691,69	46.174,14

Elaborado por: Autora

Mensualmente existe una nómina directa del servicio de mantenimiento que son el personal operativo (mecánicos y eléctricos) por \$7.691,69. Los rubros por el jefe de mantenimiento, coordinadores o personal administrativo de mantenimiento no es considerado pues constituyen nómina indirecta.

Tabla 11. Costos de mantenimiento en máquinas Polytype – 2do. semestre 2020

MÀQUINA	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL SEMESTRAL
POLYTYPE 1	7.418,64	4.517,24	7.383,30	8.439,54	4.690,47	8.118,41	40.567,60
POLYTYPE 2	11.508,71	4.429,88	2.402,38	3.156,79	2.438,02	2.857,69	26.793,47
Total Costos en Polytype	18.927,35	8.947,12	9.785,68	11.596,33	7.128,49	10.976,10	67.361,07

Elaborado por: Autora

$$ICRPP = \frac{\sum CMOP}{CTM} \times 100$$

CMOP: Costo de mano de obra propia

CTM: Costo total de mantenimiento

CRPP: Indice del Costo relativo con personal

$$ICRPP = \frac{7.691,69}{113.511,21} \times 100 = 6,8\%$$

Relación entre los costos con mano de obra propia y el costo total del área de mantenimiento promedio de manera mensual representa el 6,8%.

Indice del Costo de Capacitación

El costo de capacitación es la relación entre el costo de entrenamiento del personal de mantenimiento y el costo total de mantenimiento.

$$ICC = \frac{\sum CEPM}{CTM} \times 100$$

CEPM: Costo de entrenamiento de personal de mantenimiento
CTM: Costo total de mantenimiento
ICC: Indice del Costo de capacitación

$$ICC = \frac{1.800,00}{113.511,21} \times 100 = 1,6\%$$

Este índice representa los elementos de costo de mantenimiento invertidos en el desarrollo del personal a través de entrenamientos internos y externos, el cual se encuentra en 1,6%. Además, se debe considerar que la inversión estimada mensual en capacitación para la cantidad de personal es de \$1.800 para la mano obra directa (mecánicos y eléctricos), sin embargo, de acuerdo al levantamiento de información, se evidencia dentro de esta industria la falta de inversión en el entrenamiento y desarrollo del personal.

3.1.2.2 Costos por pérdida de producción

Indice del Componente del Costo de Mantenimiento

Es la relación entre el costo total del mantenimiento y el costo total de la producción.

$$CCMN = \frac{CTM}{CTP} \times 100$$

ICCM: Indice del Componente del costo de mantenimiento
CTM: Costo total de mantenimiento
CTP: Costo total de producción

$$CCMN = \frac{113.511,21}{367.951,66} \times 100 = 30,8\%$$

El costo total de la producción incluye los gastos directos e indirectos de ambas dependencias (operación y mantenimiento).

Progreso en los Esfuerzos de Reducción de Costos

Relación entre el trabajo en mantenimiento programado y el costo de mantenimiento por facturación.

$$PERC = \frac{CMP}{CMFT} \times 100$$

IPERC: Índice del Progreso en los esfuerzos de reducción de costos
CMP: Costo mantenimiento programado
CMFT: Costo mantenimiento por facturación

$$PERC = \frac{16.840,27}{67.361,07} \times 100 = 33,3\%$$

Este índice indica que solamente un 33,3% de actividades de mantenimiento se mantienen bajo control mediante mantenimiento programado (preventivo o predictivo) con relación al costo de mantenimiento por facturación, de acuerdo a los resultados durante el último semestre del 2020.

Costo de Mantenimiento por unidad de Producción

Relación entre el costo total de mantenimiento y la producción total en el período.

$$ICMUP = \frac{\sum CTM}{\sum UTP} \times 100$$

ICMUP: Índice del costo de mantenimiento por unidad de producción
CTM: Costo total de mantenimiento
UTP: Unidades totales producidas

$$ICMUP = \frac{113.511,21}{36.795.166} \times 100 = 0,31\%$$

Este índice representa que el \$0,31 del costo unitario de cada envase es causado por costos indirectos de fabricación a través de los costos de mantenimiento.

Índice del Costo de mantenimiento preventivo

Mide el costo de mantenimiento preventivo en relación al costo total de mantenimiento, el cual permite determinar la atención a la prevención de fallas.

$$ICMPV = \frac{\sum CMPV}{\sum CTM} \times 100$$

ICMPV: Índice del costo de mantenimiento preventivo
CMPV: Costo mantenimiento preventivo
CTM: Costo total de mantenimiento

$$ICMPV = \frac{16.840,27}{113.511,21} \times 100 = 14,83\%$$

Indice del Costo de mantenimiento correctivo

Mide el costo de mantenimiento preventivo en relación al costo total de mantenimiento, el cual permite evaluar la eficiencia de los programas preventivos existentes.

$$ICMC = \frac{\sum CMC}{\sum CTM} \times 100$$

ICMC: Índice del costo de mantenimiento correctivo
CMPV: Costo mantenimiento preventivo
CTM: Costo total de mantenimiento

$$ICMC = \frac{50.520,80}{67.361,07} \times 100 = 75,0\%$$

3.1.3 Fase III: Propuesta de mejora, análisis y control

En la última fase, luego se identifica las variables que originan la problemática principal que afecta directamente la productividad, se procede con la implementación del mantenimiento preventivo en las máquinas, mediante la identificación de las máquinas del proceso, su listado y rotulación respectivamente, para finalmente luego de ser ejecutadas se realice la medición de los resultados.

3.1.3.1 Identificación de problemas en el área de impresión de la línea de termoformado.

Se detalla a continuación los problemas que se presentan en las máquinas que forman parte del área en análisis.

- Máquina POLYTYPE 1 daño de unidad electrónica, desgaste de sistema de recorrido, mandriles en mal estado, desgastes de blocks.
- Máquina POLYTYPE 2 desgaste de sistema de recorrido, mandriles en mal estado, desgastes de blocks.

3.1.3.2 Análisis y diagnóstico

En la Tabla 12 se muestran los problemas más frecuentes que se presentaron en las máquinas Polytype en el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2020.

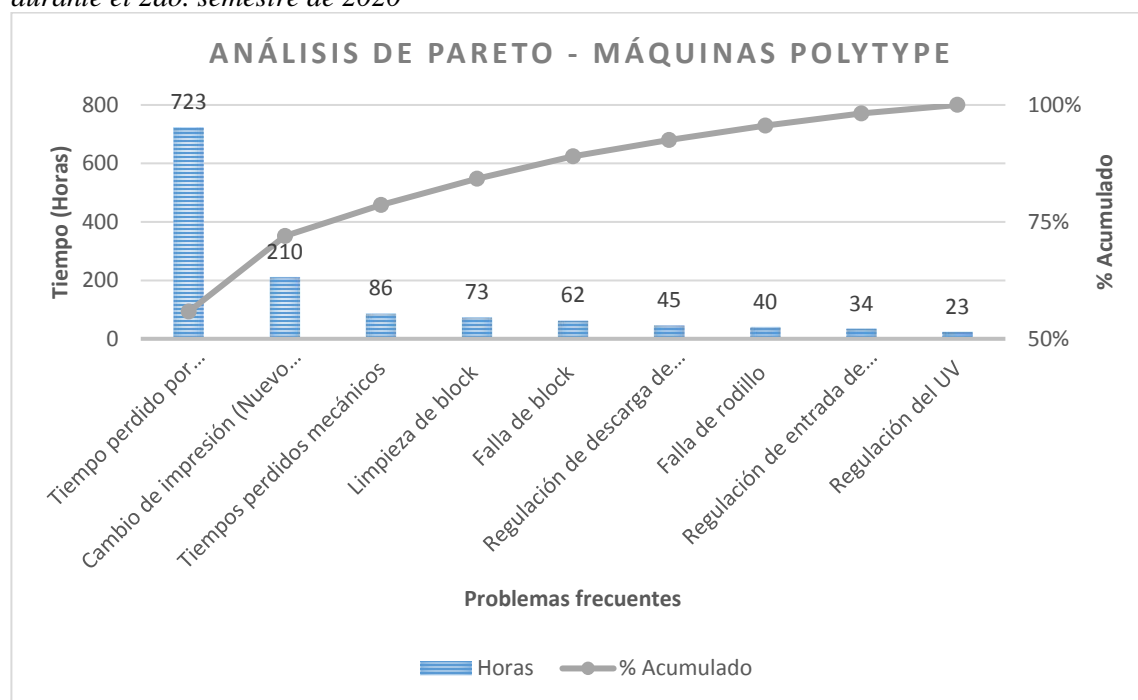
Tabla 12. Problemas registrados en máquinas Polytype - 2do. semestre de 2020

Descripción	Horas	%	% Acumulado
Tiempo perdido por reparación Taller Externo	723	55,8%	55,8%
Cambio de impresión (Nuevo Formato)	210	16,2%	72,0%
Tiempos perdidos mecánicos	86	6,6%	78,6%
Limpieza de block	73	5,6%	84,2%
Falla de block	62	4,8%	89,0%
Regulación de descarga de tarrinas	45	3,5%	92,5%
Falla de rodillo	40	3,1%	95,6%
Regulación de entrada de tarrinas	34	2,6%	98,2%
Regulación del UV	23	1,8%	100,0%
Total Horas	1.296		

Elaborado por: Autora

En el análisis de Pareto del Gráfico 11 se evidencia que existen tres problemas que acumulan el 78,6% de los problemas generados en las máquinas impresoras, las cuales son: reparación de partes en taller externo(55,8%), cambio de impresión (16,2%), tiempo perdido mecánicos (6,6%). Mediante la tabla y la gráfica se evidencia que las reparaciones de partes en taller externo representa a la de mayor relevancia.

Gráfico 11. Análisis de Pareto de los problemas registrados de las máquinas Polytype 1 y 2 durante el 2do. semestre de 2020



Elaborado por: Autora

Para examinar más a fondo los problemas que se están presentando en las máquinas impresoras se realizó un análisis de los problemas a través de las 6 M (Método 6M del Diagrama de Ishikawa) son un enfoque pluridimensional para resolver los problemas de la industria juguétandolos a consideraciones exhaustivas y equilibradas., como se muestra a continuación:

Tabla 13. Análisis 6M's

MAQUINA	<ul style="list-style-type: none"> • No se realizó el mantenimiento preventivo del equipo en la fecha definida. Maquina sin Overhaul desde año 2010 Maquina sin repuestos originales desde 2014 Repuestos comprados (pendiente mantenimiento). Pendiente Overhaul 2020 • No se realiza inspección o monitoreo del equipo en rutina. En proceso de creación del plan de mantenimiento. • Falla de la máquina en alguna de sus partes. Sistema secado por UV Sistema neumático de bloques Desgaste rodillos de impresión caucho y bronce Desgaste sistema de amortiguación de mandriles Llevar a condición básica tablero eléctrico y componentes electrónicos • Ausencia de partes del equipo necesarias para que proceso sea eficaz. Unidad de impresión para preventivos Falta de herramientas para el proceso
MATERIA PRIMA	<ul style="list-style-type: none"> • La materias primas o insumos comprados no cumplen con las especificaciones Diferencias de espesor Mala distribución de materiales el cuerpo Bajo peso Golpes en cuerpo Marcas de origen desde laminación o al termoformar. Descuadre de tarrinas • Las materias primas o insumos no han sido verificados en la recepción Revisión de apariencia física y biológica de las tarrinas Revisión de tintas y solventes • No se han definido las especificaciones de materias primas o insumos Existe procedimiento de Spec MP • Fallas en el proceso de almacenamiento o preservación de la materia prima o insumo. Tinta es almacenada en cuarto refrigerado Semielaborado cumple procedimientos de almacenamiento
MANO DE OBRA	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conocimiento del personal involucrado Nuevo personal operando la maquina • Falta de habilidad del personal involucrado Perdida de Know How por Covid-19. • Falta de capacitación Falta desarrollar competencias en los operadores

MEDIO AMBIENTE	<ul style="list-style-type: none"> No se asegura que las condiciones físicas son suficientes para lograr conformidad con el producto (Temperatura, %Humedad Relativa, Hermeticidad, Climatización, etc.) Cuarto climatizado y encapsulado a 23°C +/- 2°C
METODO	<ul style="list-style-type: none"> No se ha definido las etapas del proceso de manera adecuada. Las etapas del proceso están definidas por el expertise del equipo No se cuenta con Procedimiento. Se requiere levantar procedimientos de proceso y mantenimiento
MEDICION	<ul style="list-style-type: none"> Equipo de medición no calibrado Tratamiento de corona no puede subir potencia Velocidad actual de maquina 250/500 tarrinas x Min

Elaborado por: Autora

3.1.3.3 Propuesta de mejora

Se plantea la propuesta en el área de impresión, enfocada a la solución de los problemas que afectan la productividad de las diferentes líneas, por originar tiempos perdidos que ocasionan retraso en la producción.

Tabla 14. Propuesta para el área de impresión

Problema	Causas	Propuesta
Paralizaciones constantes en el área de impresión	Desgaste de partes mecánicas Tiempo perdido en cambio de formatos	Plan de Mantenimiento Preventivo en las máquinas impresoras POLYTYPE 1 y 2 de la línea de termoformado.

Elaborado por: Autora

El desgaste de partes de las diferentes líneas del área de impresión es una de las causas presentadas, para esto se propone aplicar acciones de mantenimiento preventivo total, lo que ayuda a la eficiencia del equipo y mejorar la productividad en POLYTYPE 1 y 2.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Después de realizar el análisis de la información recogida en determinada empresa de plásticos en el área de impresión de la línea de termoformado, se determina que los cambios de impresión en dos de las máquinas en estudio son las que generan el mayor tiempo perdido: POLYTYPE 1 y POLYTYPE 2, pudiéndose evidenciar lo expuesto en los cuadros correspondiente de registros de problemas de cada línea.

Las paralizaciones por diferentes situaciones llevan a que las líneas no sean constantes en su producción. Adicional a esto, es claro que existían inconvenientes de planificación y piezas o partes de los equipos que ya han cumplido su vida útil, lo cual mediante la programación de un mantenimiento preventivo progresivo se mejorando. Todos los puntos antes mencionados nos dejan una pérdida global de \$165.538,96 en el año 2020.

Para realizar evaluación de la propuesta y alternativa de solución se toma como referencias las horas de paralizaciones de cada línea. Después de ejecutar las mejoras en las diferentes líneas se incrementa la producción y se reduce tiempo de horas pérdidas.

El objetivo fue alcanzado recuperando 20 % de las paradas de los problemas presentados en el área de impresión por desgastes de partes de las diferentes líneas y cambios de formatos en las mismas, a así mismo paulatinamente ir reduciendo los costos variables de mantenimiento al momento de realizar mantenimiento correctivos.

Así mismo, desde el primer mes de implementación del mantenimiento preventivo se fue consiguiendo mayor eficiencia en las 2 máquinas impresoras, que hasta antes de iniciar el proyecto sólo producían 150 envases por minuto, y durante el periodo de implementación del mantenimiento preventivo se logró ir incrementando paulatinamente de manera mensual este promedio hasta llegar a imprimir entre 390 a 400 envases por minuto.

4.1 Análisis Comparativo

En el análisis comparativo se muestra a continuación mediante gráficos el comportamiento del mantenimiento preventivo y sus dimensiones tales como la confiabilidad y la disponibilidad. Así mismo, se muestra el comportamiento de la productividad y sus dimensiones como son: la eficiencia y la eficacia.

En el eje “x” se ubican las semanas que se realizaron toma de datos las cuales fueron 12 (3meses) y en el eje “y” los valores de la variables o dimensiones respectivamente.

Luego de aplicar el mantenimiento preventivo en el área de impresión de termoformado, se tomó una muestra con lo que se logró detectar la reducción de averías en las máquinas incrementando su disponibilidad de 0.67 a 0.86, de igual manera se aumentó la confiabilidad de 0.67 a 0.86, logrando así aumentar la productividad tal como se detalla más adelante. El pre-test se tomó de los meses de julio a diciembre de 2020 y el post-test en el periodo de los meses de enero a junio de 2021.

A continuación, en la siguiente tabla se detalla como obtenemos el 100 % de horas programadas por semana de las 2 máquinas impresoras del área de Termoformado.

Tabla 15. Horas máquina en área de impresión de termoformado

No.	Descripción	Pre-Test	Post-Test
1	Horas por turno	8	8
2	Turnos	2	3
3	Horas máquina/día	16	19,5
4	Máquinas impresoras	2	2
5	Horas diarias de 2 impresoras	32	39
6	Días a la semana	6	6
7	Horas semanales	192	234
8	Horas mensuales	768	936

Elaborado por: Aurora

4.1.1 Análisis Comparativo de Indicadores de mantenimiento

En las siguientes tablas se muestra el análisis comparativo de las dimensiones del mantenimiento preventivo.

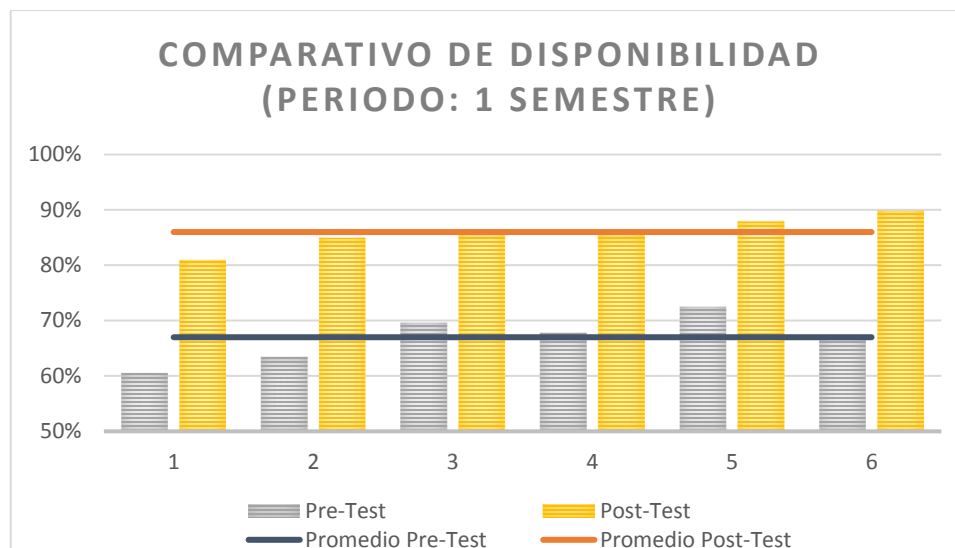
- **Disponibilidad**

Tabla 16. Disponibilidad Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo

INDICADOR: DISPONIBILIDAD		$D = \frac{\text{Tiempo total} - \text{Hrs Muertas}}{\text{Tiempo total}}$		
Etapas	Periodo	Horas muertas	Tiempo total	Disponibilidad
PRE-TEST	Jul-2020	302	765	61%
	Ago-2020	360	985	63%
	Sep-2020	172	565	70%
	Oct-2020	158	490	68%
	Nov-2020	124	450	72%
	Dic-2020	180	550	67%
	PROMEDIO PRE-TEST		216	634
POST-TEST	Ene-2021	134	700	81%
	Feb-2021	98	650	85%
	Marzo-2021	122	870	86%
	Abril-2021	134	915	85%
	May-2021	112	924	88%
	Jun-2021	94	918	90%
PROMEDIO POST-TEST		116	830	86%

Elaborado por: Autora

En el tabla anterior se observa que las máquinas del área de impresión de termoformado en el periodo de los meses de enero a junio, ha incrementado su disponibilidad en un 19%, ya que pasó del 0.67 al 0.86, de esa manera se puede realizar un mejor planeamiento de la producción, ya que se ve reducido las horas muertas de las máquinas en 100 horas (Promedio antes=216 horas muertas / Promedio después=116 horas muertas). Considerando que se se imprimen 24.000 envases en una hora, se está logrando aumentar la producción de 2.400.000 envases termoformados, lo cual quiere decir que aumentado la productividad en la empresa.



*Gráfico 12. Variabilidad de la disponibilidad de las máquinas
Elaborado por: Autora*

- **Confiabilidad**

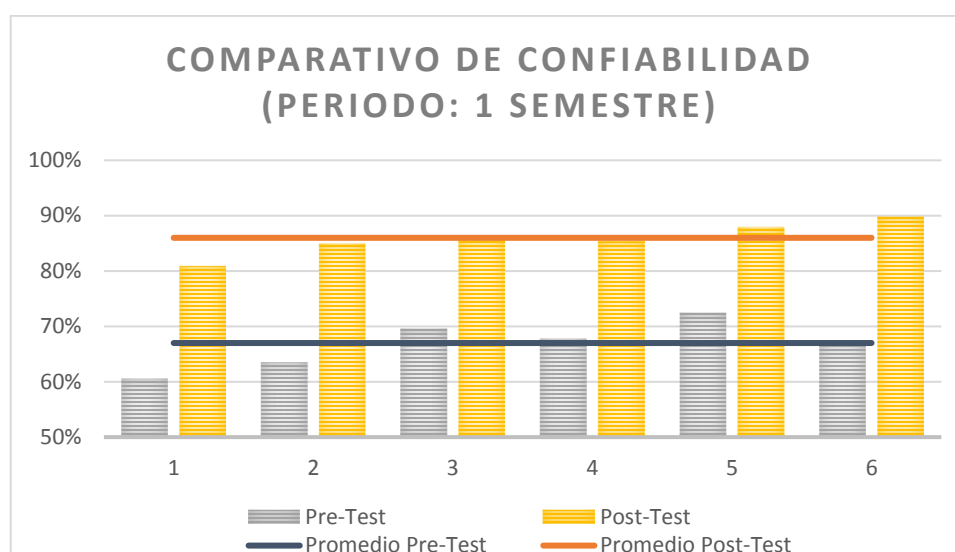
Tabla 17 Confiabilidad Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo

INDICADOR: CONFIABILIDAD		$MTBF = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Número de averías}}$		$MTTR = \frac{\text{Tiempo muerto}}{\text{Número de averías}}$		$C = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$		
Etapa	Periodo	Horas muertas	Tiempo total	Tiempo de funcionamiento	Número de averías	MTBF	MTTR	Confiabilidad
PRE-TEST	Jul-2020	302	765	463	38	12,18	7,95	61%
	Ago-2020	360	985	625	35	17,86	10,29	63%
	Sep-2020	172	565	393	23	17,09	7,48	70%
	Oct-2020	158	490	332	29	11,45	5,45	68%
	Nov-2020	124	450	326	27	12,07	4,59	72%
	Dic-2020	180	550	370	24	15,42	7,50	67%
PROMEDIO PRE-TEST		216	634	418	29	14,34	7,21	67%
POST-TEST	Ene-2021	134	700	566	20	23,58	5,58	81%
	Feb-2021	98	650	552	18	25,09	4,45	85%
	Marzo-2021	122	870	748	22	28,77	4,69	86%
	Abril-2021	134	915	781	25	26,93	4,62	85%
	May-2021	112	924	812	11	54,13	7,47	88%
	Jun-2021	94	918	824	6	82,40	9,40	90%
PROMEDIO POST-TEST		116	830	714	17	40,15	6,04	86%

Elaborado por: Autora

En la tabla 17, se aprecia el incremento de la confiabilidad de las máquinas de impresión de la línea de termoformado durante el periodo de enero – junio de 2021 en la etapa del post-test, dicho aumento se obtuvo luego de aplicar el mantenimiento preventivo a los equipos, logrando

reducir el promedio de 29 averías por mes a un promedio de 17 averías mensuales, obteniendo un proceso de producción más confiable.



*Gráfico 13. Variabilidad de la confiabilidad de las máquinas
Elaborado por: Autora*

- **Mantenimiento Preventivo y Correctivo**

Tabla 18. Mantenimiento Preventivo y Correctivo Pre- & Post-Test

INDICADOR: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO						
Etapa	Periodo	Horas muertas	Horas mantenimiento correctivo	% Mantenimiento Correctivo	Horas mantenimiento Preventivo	% Mantenimiento Preventivo
PRE-TEST	Jul-2020	302	236	78,2%	65,84	21,8%
	Ago-2020	360	278	77,2%	82,08	22,8%
	Sep-2020	172	130	75,7%	41,80	24,3%
	Oct-2020	158	119	75,2%	39,18	24,8%
	Nov-2020	124	90	72,5%	34,10	27,5%
	Dic-2020	180	129	71,5	51,30	28,5%
TOTAL PRE-TEST		1.296	982	75,8%	314	24,2%
POST-TEST	Ene-2021	134	74	55,0%	60	45,0%
	Feb-2021	98	45	46,0%	53	54,0%
	Mar-2021	122	47	38,5%	75	61,5%
	Abr-2021	134	49	36,2%	85	63,8%
	May-2021	112	36	32,5%	76	67,5%
	Jun-2021	94	30	32,0%	64	68,0%
PROMEDIO POST-TEST		694	281	40,5%	413	59,5%

Elaborado por: Autora

Estos índices demuestran que en el primer semestre del 2021 el porcentaje de mantenimiento preventivo tuvo un gran incremento del 35,3%, llegando hasta alcanzar un promedio del 59,5%. Así mismo, se nota claramente como las horas por mantenimiento correctivo se redujeron en gran medida en el 2021.

4.1.2 Análisis Comparativo de indicadores de la productividad

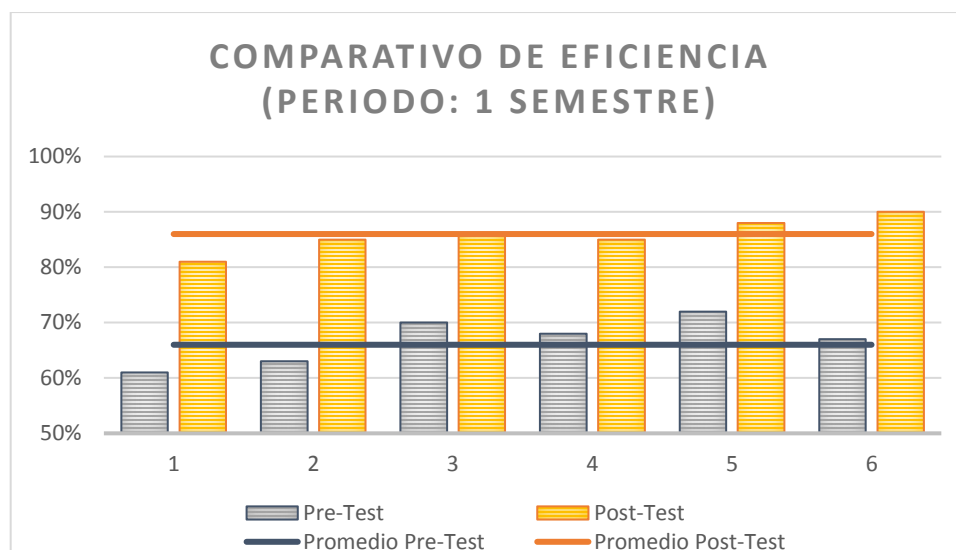
- **Eficiencia**

Tabla 19. Eficiencia Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo

INDICADOR: EFICIENCIA		$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Horas ejecutadas máquina}}{\text{Horas programadas máquina}}$		
Etapa	Periodo	Horas ejecutadas	Horas programadas	Eficiencia
PRE-TEST	Jul-2020	463	765	61%
	Ago-2020	625	985	63%
	Sep-2020	393	565	70%
	Oct-2020	332	490	68%
	Nov-2020	326	490	72%
	Dic-2020	370	550	67%
TOTAL PRE-TEST		2.509	3805	66%
POST-TEST	Ene-2021	566	700	81%
	Feb-2021	552	650	85%
	Marzo-2021	748	870	86%
	Abril-2021	781	915	85%
	May-2021	812	924	88%
	Jun-2021	824	918	90%
TOTAL POST-TEST		4.283	4977	86%

Elaborado por: Autora

En la tabla anterior podemos notar que debido a la mayor disponibilidad de máquinas detallado en el punto anterior, durante el periodo de enero a junio del 2021 se programaron mayor cantidad de horas de producción mensuales (+31% en comparación al anterior semestre del periodo julio a diciembre de 2020), y así mismo se obtiene un incremento progresivo de la eficiencia de las máquinas del área de impresión de la línea de termoformado, el cual aumenta un 20%, es decir, un aumento de 1774 horas ejecutadas en relación a sus horas programadas después de la ejecución del Mantenimiento Preventivo.



*Gráfico 14. Variabilidad de la eficiencia de las máquinas
Elaborado por: Autora*

- **Eficacia**

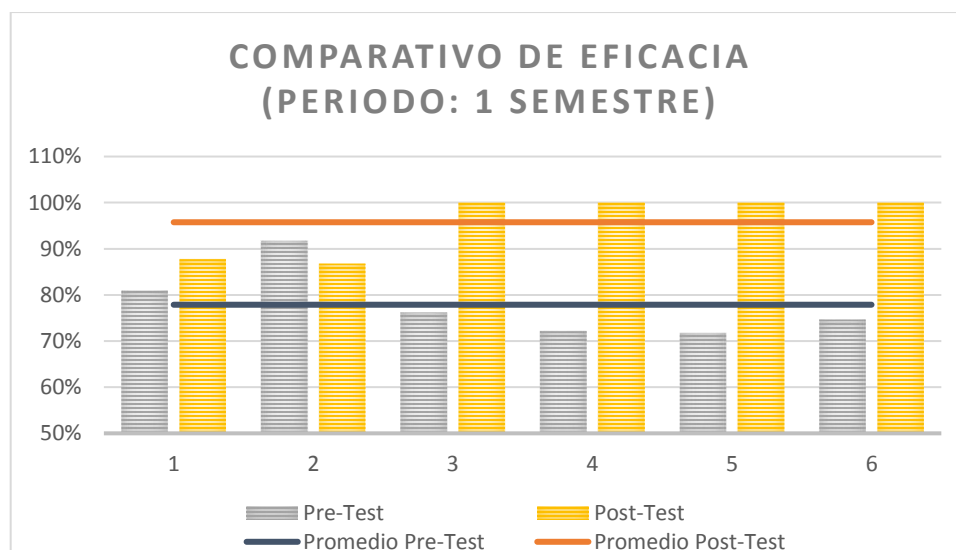
Tabla 20. Eficacia Pre y Post de implementación de mantenimiento preventivo

INDICADOR: EFICACIA $Eficacia = \frac{\text{Horas ejecutadas máquina}}{\text{Horas programadas máquina}}$

Etapa	Periodo	Equipos operativos	Equipos programados	Eficacia
PRE-TEST	Jul-2020	1,62	2	81%
	Ago-2020	1,83	2	92%
	Sep-2020	1,52	2	76%
	Oct-2020	1,44	2	72%
	Nov-2020	1,43	2	72%
	Dic-2020	1,49	2	75%
	PROMEDIO PRE-TEST		1,56	2
POST-TEST	Ene-2021	1,75	2	88%
	Feb-2021	1,74	2	87%
	Marzo-2021	2	2	100%
	Abril-2021	2	2	100%
	May-2021	2	2	100%
	Jun-2021	2	2	100%
PROMEDIO POST-TEST		1,92	2	96%

Elaborado por: Autora

En el tabla se puede apreciar los resultados obtenidos luego de la implementación del mantenimiento preventivo, donde la eficacia de los equipos se ha incrementado, ya que se ha logrado tener más tiempo los equipos operativos para el proceso de producción, lo cual con lleva a un aumento en la productividad.



*Gráfico 15. Variabilidad de la eficacia de las máquinas
Elaborado por: Autora*

- **Productividad**

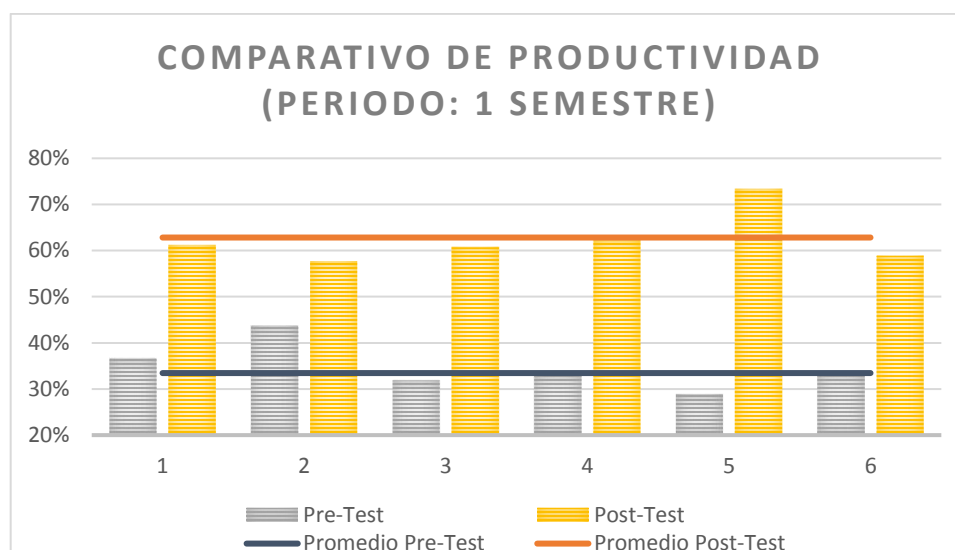
Tabla 21 Tabla de productividad Pre y Pos-Test del mantenimiento preventivo

INDICADOR:		$Productividad = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo disponible}} \times \frac{\text{Unid. producidas}}{\text{Unid. programadas}}$				
PRODUCTIVIDAD	$Productividad = \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$					
Etapa	Periodo	Tiempo real	Tiempo disponible	Unidades producidas	Unidades programadas	Productividad
PRE-TEST	Jul-2020	463	765	6.106.566	10.092.000	37%
	Ago-2020	625	985	5.551.920	8.039.760	44%
	Sep-2020	393	565	6.899.828	15.064.650	32%
	Oct-2020	332	490	6.335.804	12.995.100	33%
	Nov-2020	326	450	4.720.056	11.835.000	29%
	Dic-2020	370	550	7.180.992	14.505.000	33%
PROMEDIO PRE-TEST		2.509	3.805	36.795.166	72.531.510	33%
POST-TEST	Ene-2021	566	700	8.311.138	10.987.500	61%
	Feb-2021	552	650	6.589.570	9.720.000	58%
	Marzo-2021	748	870	8.380.028	11.874.000	61%
	Abril-2021	781	915	6.677.154	9.166.500	62%
	May-2021	812	924	9.572.894	11.475.000	73%
	Jun-2021	824	918	5.887.836	8.984.340	59%
PROMEDIO POST-TEST		4.283	4.977	45.418.620	62.207.340	63%

Elaborado por: Autora

En la tabla anterior se aprecia en el periodo comprendido entre enero a julio de 2021 un aumento de la productividad a nivel global en el área de impresión de la línea de termoformado (2 máquinas Polytype) en un 30%, lo cual en envases termoformados impresos y listos para su despacho respresenta 8.623.454 unidades, que equivale a ingresos para la empresa de USD

258.703,62 dólares (Precio Unitario USD 0.03 dólares) por venta de su producto, después de la ejecución del Mantenimiento Preventivo.



*Gráfico 16. Variabilidad de la productividad
Elaborado por: Autora*

4.1.3 Indicadores asociados a la costos de mantenimiento y producción

4.1.3.1 Índice del Componente del Costo de Mantenimiento

Tabla 22. Indicador del Componente del Costo de Matenimiento Pre- & Post-Test

INDICADOR: COMPONENTE DEL COSTO DE MANTENIMIENTO		$CCMN = \frac{\text{Costo total de Mantenimiento}}{\text{Costo total de producción}} \times 100$		
Etapa	Periodo	Costo total de mantenimiento	Costo total de producción	Componente del costo de mantenimiento
PRE-TEST	Jul-2020	26.619,04	61.065,66	43,6%
	Ago-2020	16.638,81	55.519,20	30,0%
	Sep-2020	17.477,37	68.988,28	25,3%
	Oct-2020	19.288,02	63.358,04	30,4%
	Nov-2020	14.820,18	47.200,56	31,4%
	Dic-2020	18.667,79	71.809,92	26,0%
TOTAL PRE-TEST		113.511,21	367.951,66	30,8%
POST-TEST	Ene-2021	12.679,21	83111,38	15,3%
	Feb-2021	15.371,03	65.895,70	23,3%
	Mar-2021	16.922,26	83.800,28	20,2%
	Abr-2021	13.771,35	66.771,54	20,6%
	May-2021	12.173,60	95.728,94	12,7%
	Jun-2021	14.536,23	58.878,36	24,7%
TOTAL POST-TEST		85.453,68	454.186,20	18,8%

Elaborado por: Autora

La relación entre el costo total del mantenimiento y el costo total de la producción en el segundo semestre del 2020 representaba el 30,8%; mientras que para el primer semestre del 2021, se alcanzó solo el 18,8%. Esto significa que se logró reducir un 12% los costos de mantenimiento en relación a los costos de producción.

4.1.3.2 Costo de Mantenimiento por unidad de Producción

Tabla 23. Costo de Mantenimiento por unidad de Producción Pre- & Post-Test

INDICADOR: COSTO DE MANTENIMIENTO POR UNIDAD DE PRODUCCIÓN		$ICMUP = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Unidades totales producidas}} \times 100$		
Etapa	Periodo	Costo total de mantenimiento	Unidades producidas	Costo de mantenimiento por unidad de producción
PRE-TEST	Jul-2020	26.619,04	6.106.566	0,44%
	Ago-2020	16.638,81	5.551.920	0,30%
	Sep-2020	17.477,37	6.899.828	0,25%
	Oct-2020	19.288,02	6.335.804	0,30%
	Nov-2020	14.820,18	4.720.056	0,31%
	Dic-2020	18.667,79	7.180.992	0,26%
TOTAL PRE-TEST		113.511,21	36.795.166	0,31%
POST-TEST	Ene-2021	12.679,21	8.311.138	0,15%
	Feb-2021	15.371,03	6.589.570	0,23%
	Mar-2021	16.922,26	8.380.028	0,20%
	Abr-2021	13.771,35	6.677.154	0,21%
	May-2021	12.173,60	9.572.894	0,13%
	Jun-2021	14.536,23	5.887.836	0,25%
TOTAL POST-TEST		85.453,68	45.418.620	0,19%

Elaborado por: Autora

4.1.3.3 Índice de Costos de mantenimiento preventivo y correctivo

Tabla 24. Mantenimiento Preventivo y Correctivo Pre- & Post-Test

INDICADOR: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO						
Etapa	Periodo	Costo total de mantenimiento	Costo mantenimiento correctivo	% Mantenimiento Correctivo	Costo mantenimiento Preventivo	% Mantenimiento Preventivo
PRE-TEST	Jul-2020	26.619,04	20.816,09	78,2%	5.802,95	21,8%
	Ago-2020	16.638,81	12.845,16	77,2%	3.793,65	22,8%
	Sep-2020	17.477,37	13.230,37	75,7%	4.247,00	24,3%
	Oct-2020	19.288,02	14.504,59	75,2%	4.783,43	24,8%
	Nov-2020	14.820,18	10.744,63	72,5%	4.075,55	27,5%
	Dic-2020	18.677,79	13.347,47	71,5%	5.320,32	28,5%
TOTAL PRE-TEST		113.511,21	85.488,31	75,3%	16.806,59	24,7%
POST-TEST	Ene-2021	12.679,21	6.973,57	55,0%	5.705,64	45,0%
	Feb-2021	15.371,03	7.070,67	46,0%	8.300,36	54,0%
	Mar-2021	16.922,26	6.515,07	38,5%	10.407,19	61,5%
	Abr-2021	13.771,35	4.985,23	36,2%	8.786,12	63,8%
	May-2021	12.173,60	3.956,42	32,5%	8.217,18	67,5%
	Jun-2021	14.536,23	4.651,59	32,0%	9.884,64	68,0%
PROMEDIO POST-TEST		85.453,68	34.152,55	40,0%	51.301,13	60,0%

Elaborado por: Autora

Este índice indica el porcentaje de actividades de mantenimiento que se mantienen bajo control mediante mantenimiento programado (preventivo o predictivo), mismos que representaban un 24,7% en el segundo semestre del 2020, pero después de una mejor planificación del mantenimiento se alcanzó un promedio de 60% en el 2021.

4.1.4 Análisis económico – financiero.

Para el análisis económico-financiero, se realizó el análisis costo-beneficio, y esto mediante los costos usados en la implementación del mantenimiento preventivo y los beneficios obtenidos. Por consiguiente, se muestra en la Tabla 25 el presupuesto de las inversiones requeridas en el talento humano.

Tabla 25 Presupuesto de capacitación, mano de obra para mantenimiento

Actividad	Cantidad	No. Veces c/Periodo	P. Unitario	Total
Capacitación sobre Mantenimiento preventivo	9	1	\$ 200,00	\$ 1.800,00
Técnicos del área (Mecánicos, Eléctricos)	9	6	\$ 500,00	\$ 27.000,00
TOTAL				\$ 28.800,00

Elaborado por: Autora

Tabla 26. Presupuesto par Overhaul de máquinas impresoras

Actividad	Cantidad	No. Veces c/Periodo	P. Unitario	Total
Overhaul impresora POLYTYPE 1	1	1	\$ 58.000,00	\$ 35.000,00
Overhaul impresora POLYTYPE 2	1	6	\$ 45.000,00	\$ 22.000,00
TOTAL				\$ 57.000,00

Elaborado por: Autora

De la tabla 26, se puede observar que la inversión incurrida en recursos para realizar el Overhaul en las máquinas impresoras es de \$57.000,00 y añadiéndole la inversión en talento humano por \$28.800,00 (Tabla 25), la inversión total para la implementación del mantenimiento preventivo en la empresa de plásticos es de \$85.800,00 dólares.

De la base de datos antes y después de la variable productividad que se encuentran en la Tabla 21 respectivamente se obtendrán los márgenes de contribución, de la siguiente manera: ingresos – costos.

Tabla 27. Análisis económico-financiero

Descripción	Pre-Test Producción (33%)	Post-Test Producción (63%)	Diferencia por aumento de Productividad
Incremento de ventas (Und)	36.795.166	45.418.620	
Precio Unitario (\$)	0,03	0,03	
Total Ventas (\$)	1.103.854,98	1.362.558,60	
Costo de Producción Unitario (\$)	0,018	0,018	0,018
Total Costo de Producción (\$)	662.312,99	817.535,16	
Margen de Contribución (\$)	441.541,99	545.023,44	
Beneficio Total (\$)			103.481,45
Inversión realizada (\$)		85.800,00	
Factor Costo-Beneficio			1,21

Elaborado por: Autora

De la tabla 27, se puede observar que el aumento de la productividad en 6 meses se ve reflejada en \$ 1.362.558,60 (8.623.454 unidades de envases termoformados impresos por Precio Unitario por envase de \$0,03), así mismo su costo de producción para poder iniciar la producción es de \$ 817.535,16; obteniendo un margen de contribución con la implementación del mantenimiento preventivo de \$ 545.023,44. Dado que la inversión realizada ha sido de \$ 85.800,00, se realizó el análisis beneficio costo que es la división entre el beneficio total y la inversión realizada, el cual dio el resultado de 1.21, y como este índice es mayor a 1, indica que por cada nuevo dólar invertido se gana \$ 0,21 dólares.

Demostrando que nuestra inversión al implementar el mantenimiento preventivo se considera aceptable puesto que se recupera totalmente la inversión en el primer mes y genera ganancias desde el comienzo de la implementación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el estudio realizado se encontró problemas de mantenimiento que afectan la productividad. Para identificar los problemas se realizó un análisis de las horas de parada de cada línea, la pérdida de tiempo improductivo incrementa el costo de cada ítem producido; por consiguiente la propuesta de mejora sugerida en este trabajo de investigación para la aplicación de un mantenimiento programado y la capacitación del personal permitió optimizar la eficiencia en las diferentes líneas del proceso de impresión.

En primer lugar, se logró identificar todo el proceso productivo del área de impresión de envases plásticos termoformados, pudiendo así constatar su proceso, su maquinaria y el personal involucrado en el proceso.

Se logró identificar el impacto de costos involucrados en el proceso de impresión de envases plásticos termoformados, los cuales estaban impactando el beneficio económico de la empresa, por no poseer una correcta organización y planeación que permita llevar un control de ellos en beneficio del proceso y del margen de ganancia de la empresa.

Para realizar el diagnóstico del proceso productivo en el área de impresión hizo un análisis de las falencias y debilidades identificadas en los dos primeros puntos. Con esto se pudo evidenciar que las horas de parada de cada línea y la pérdida de tiempo improductivo incrementa el costo de cada ítem producido.

Siendo así, se planteó como propuesta de mejora presentada, la aplicación de un mantenimiento programado y la capacitación del personal, la cual permitió optimizar la eficiencia e incrementar el nivel de producción en el área de impresión de la línea de termoformado, logrando un aumento de la productividad en el área de impresión de la línea de termoformado en un 30%, lo cual en envases termoformados impresos y listos para su

despacho respresenta 8.623.454 unidades, que equivale a ingresos para la empresa por USD 258.703,62 dólares, después de la ejecución del Mantenimiento Preventivo.

Se elaboraron tablas para el registro de datos periodicamente, con el fin de mantener indicadores de control que ayude a los directivos de la empresa a contar con información necesaria, oportuna y veraz para planear, administrar, controlar y dirigir las actividades de la industria plástica, y les pueda permitir una adecuada toma de decisiones.

Con un control de los indicadores de mantenimiento y costos seleccionados permitirán a la empresa conocer un mismo lenguaje sobre la gestión de mantenimiento, lo quele permitirá conocer cuales son los nivles a mejorar o mantener en miras hacia la planificación futura.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda de conformidad a los resultados obtenidos en el periodo de tiempo del proyecto como punto importante para la organización considerar la reducción de las horas paradas, ya que la organización está desperdiciando una cantidad considerable de tiempo por paralizaciones no programadas cada año, pero mediante una mejor planificación de mantenimientos preventivos y predictivos se puede lograr favorables efectos en la optimización y crecimiento de la empresa.

Se sugiere a los directivos de la empresa la formación y capacitación del personal de las líneas de producción presentadas en este estudio, y de todo el proceso productivo, ya que los colaboradores deben ser entrenadas con herramientas que mejoren su desempeño en el trabajo.

Con el desarrollo a largo plazo de la implementación de un mantenimiento preventivo se pretende alargar la vida útil de los equipos, minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación , aumentar la seguridad y operación de los equipos y sobretodo, una reducción significativa de los costos de producción y mantenimiento.

Es necesario llevar controles detallados del tiempo de funcionamiento de las máquinas, durante los turnos operativos para analizar la eficiencia.

Así mismo, por otro lado mantener participación por todas las áreas de producción y de servicio que influyen directamente en el proceso, para tener un control de todos los costos involucrados y lograr con la participación conjunta minimizar costos e incrementar los niveles de producción y ganancias de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpizar Villegas, E. (2008). Mantenimiento. KGJ79.
- Asociación Ecuatoriana de Plásticos ASEPLAST. (Abril de 2020). Economía Circular. *INTEGRA*(Edición #60), 15.
- Association of Plastics Manufacturers PlasticsEurope. (2021). *Plastics - The facts 2020*. Bruselas: PlasticsEurope.
- Baltotano Alonso, T. H. (2018). Implementación del mantenimiento preventivo en el área de termoformado para aumentar la productividad en la empresa Creaciones plásticas, S.J.L, 2017. Lima, Perú.
- Barfield, J. T., Raiborn, C. A., & Kinney, M. R. (2004). *Contabilidad de costos: tradición e innovaciones*. Desconocida.
- Bussi, P. J. (2015). Gestión de la Capacidad Productiva a partir del cálculo de los costos de producción en una industria de mecanizado. Córdoba, Argentina.
- Cámara de Industrias de Guayaquil. (2018). *Estudio Sectorial Plásticos*. Guayaquil: Cámara de Industrias de Guayaquil.
- Costales, V. (4 de Septiembre de 2018). La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas. *Líderes*. Obtenido de <http://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>
- Costta Silva, G. G., & Guevara Haro, J. G. (2015). Elaboración de un Plan de Mejora para el Mantenimiento Preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red telefónica del Perú Zonal Norte, basado en la metodología Ishikawa-Pareto. Trujillo, Perú.

- Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2012). *Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control*. México: Limusa.
- Eras A., R., Burgos B., J., & Lalangui B., M. (2016). *Contabilidad de costos*. Machala: Ediciones UTMACH.
- Grupo Ekos Negocios. (2019). *Ranking Empresarial*. Obtenido de <https://www.ekosnegocios.com/ranking-empresarial/2019>
- Gutiérrez Pulido, H. (2014). *Calidad Total y Productividad* (Tercera ed.). México: McGraw-Hill.
- Medina Ramírez, C. A., & Mauricci Gil, G. F. (2014). Factores que influyen en la rentabilidad por línea de negocio en la clínica Sánchez Ferrer en el periodo 2009 - 2013. Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (3 de Abril de 2014). Políticas para Gestión Integral de Plásticos. *Acuerdo Ministerial 19*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial 218.
- Mora Gutiérrez, L. A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.
- Moreno Manzano, L. M. (2013). Estrategias de mejoramiento del proceso productivo de la línea de termoformado en la empresa Creapack Ltda. Bogotá, Colombia.
- Parra Márquez, C. A., & Crespo Márquez, A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos* (Segunda ed.). Sevilla, España: INGEMAN (Asociación Española para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento).
- Polytype. (2021). *Plastic Container Decoration wifag//polytype*. Obtenido de <https://www.wifag-polytype.com/plastic-packaging/plastic-container-decoration/>

- Productores de Materias Plásticas PlasticsEurope. (2021). *¿Qué es el plástico?* Obtenido de <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/pl%C3%A1stico>
- Riggs, J. L. (2015). *Sistemas de producción planeación, análisis y control*. México: Limusa.
- Tavares, L. A. (2000). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil.
- Zegarra, M. (15 de Abril de 2016). Indicadores para la gestión de mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas*, 19(1), 25-37. doi:<http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v19i1>