



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“Mantenimiento total y su efecto sobre la productividad de una
empresa productora de cajas de polietileno, Trujillo, 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTORES:

Jauregui Reyes, Monica Patricia (ORCID: 0000-0002-1054-1869)

Vergara Valiente, Daniel Javier (ORCID: 0000-0002-0330-1058)

ASESORES:

Dr. Linares Luján, Guillermo Alberto (ORCID: 0000-0003-3889-4831)

Dr. Aranda Gonzalez, Jorge Roger (ORCID: 0000-0002-0307-5900)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

TRUJILLO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios, siempre en primer lugar por darnos la oportunidad de concluir nuestros estudios superiores orientándonos y guiándonos en cada paso para seguir por el camino adecuado y así conseguir conquistar nuestras metas.

A nuestros padres, quienes se sacrifican a diario y nos ofrecen incondicionalmente su apoyo moral, honesto y económico.

A nuestros hermanos, que son una parte principal en nuestras vidas y por apoyarnos de alguna manera a seguir adelante durante nuestra estancia en la universidad.

A nuestros amigos y todas aquellas personas allegadas y especiales, que en alguna circunstancia nos aconsejaron, estuvieron a nuestro lado en días buenos y malos brindándonos júbilo y fuerzas necesarias para seguir encaminados.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por dirigir nuestros pasos y estar a nuestro lado ayudándonos a realizar nuestros objetivos ya que sin el nada sería posible.

A nuestros Padres, por el enorme esfuerzo brindado a lo largo de nuestras vidas, sin ellos quizá no estaríamos logrando esta meta.

A la Universidad César Vallejo, por darnos la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, por compartir sus enseñanzas y siempre tendernos una mano amiga durante nuestra vida universitaria.

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
Índice de tablas.....	6
Índice de gráficos y figuras.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO	12
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos.....	22
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	23
4.1. Primera etapa de estudio: Determinación de la productividad inicial de la empresa.....	24

4.2. Segunda Etapa: Determinación del nivel de mantenimiento actual de la maquinaria a través del cálculo de los indicadores de confiabilidad y disponibilidad. Abril a julio.	26
4.3. Tercera Etapa. Desarrollo e implementación un plan de mantenimiento total para las máquinas.	27
V. DISCUSIÓN	35
VI. CONCLUSIONES	39
VII. RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS	41
ANEXO	42
ANEXO 1: Variables y Operacionalización	42
Anexo 2: TABLA 9. PARADAS DE MAQUINARIA	43

Índice de tablas

Tabla 1: Matriz Amef.....	21
Tabla 2: CANTIDAD DE TRABAJADORES PERIODO 2019- 2021	23
Tabla 3:PRODUCCIÓN DE CAJAS DE ABRIL - JULIO	25
Tabla 4: EFICIENCIA Y EFICACIA DE EXTRUSORAS	25
Tabla 5:CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LAS MAQUINAS ABRIL - JULIO ..	26
Tabla 6:FALLAS FRECUENTES DE ABRIL- AGOSTO	28
Tabla 7:AGRUPACIÓN DE FALLAS CON SOLUCIÓN Y PRESUPUESTO.	31
Tabla 8:PLAN DE MANTENIMIENTO POR FALLAS FRECUENTES.	32
Tabla 9:DISPONIBILIDAD DE LOS CHILLERS.....	34

Índice de gráficos y figuras

Figura 1:ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	24
Figura 2:DIAGRAMA ISHIKAWA.....	27
Figura 3:FALLAS FRECUENTES EXTRUSORA I, II y III	29
Figura 4:FALLAS FRECUENTES DE CHILLERS I, II Y III.....	30

RESÚMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad implementar el TPM en máquinas extrusoras y su productividad a nivel global, cuando un equipo es importado al país es sumamente necesario tener una capacitación específica sobre el funcionamiento de las máquinas para operarlas correctamente y así también identificar los países que tienen más investigaciones sobre **“Extrusión”, “TPM”, “Máquinas extrusoras”, “Polietileno”** etc... De manera que se establezcan procedimientos de trabajo adecuados para incrementar la productividad, las extrusoras y chillers a través de la implementación de las herramientas del estudio de trabajo, las cuales se efectuaron dentro de los lineamientos del marco normativo, proporcionados por la escuela académico profesional de ingeniería industrial.

Llegando a resultados unánimes por los diferentes autores en la importancia del TPM en máquinas extrusoras, esto ayuda a las empresas a prevenir paradas inesperadas, bajar la producción que afecte a la rentabilidad y sobre todo asegurar la calidad del producto.

La presente tesis, comprende las acciones ejecutadas y las competencias ejercidas, que beneficiaron el cumplimiento de los objetivos, las cuales fueron ideadas, a través de las necesidades de la organización.

Palabras clave: Extrusión, Máquina Extrusora, TPM, Mantenimiento preventivo y predictivo, Productividad, Chillers, Implementación.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to implement the TPM in extruder machines and its productivity at a global level, when a piece of equipment is imported into the country it is highly necessary to have specific training on the operation of the machines to operate them correctly and thus also identify the countries that have more research on "Extrusion", "TPM", "Extruder machines", "Polyethylene" etc ... So that adequate work procedures are established to increase productivity, extruders and chillers through the implementation of the tools of the work study, which were carried out within the guidelines of the regulatory framework, provided by the professional academic school of industrial engineering.

Reaching unanimous results by the different authors on the importance of TPM in extrusion machines, this helps companies to prevent unexpected stops, lower production that affects profitability and above all ensure product quality.

This thesis includes the actions carried out and the competencies exercised, which benefited the fulfillment of the objectives, which were devised, through the needs of the organization.

Keywords: Extrusion, Extruder Machine, TPM, Preventive and predictive maintenance, Productivity, Chillers, Implementation.

I. INTRODUCCIÓN

A partir del siglo XXI en adelante, el consumo de materiales plásticos para beneficio y uso del ser humano se ha incrementado enormemente. Estos se fabrican para diversidad de productos, principalmente para bebidas, así como para la producción de cajas plásticas, y por lo general, estos envases son desechados después de su uso y en una mediana cantidad son reciclados o reutilizados (Medina García et al., 2011).

Para la producción de cajas de polietileno se necesitan cinco procesos: Extrusión, impresión, laminado, corte y sellado, para que estos procesos se puedan ejecutar es necesario tener maquinarias en óptimas condiciones de trabajo, es necesario equipos industriales como los chiller, bombas de vacío, compresores de aire, etc. (Aredo Villanueva, 2019).

La extrusión es el inicio del proceso, Esta operación requiere del control de una serie de variables como la temperatura de refrigeración, la velocidad de la máquina extrusora, la presión, y las revoluciones por minuto (rpm) que el tornillo sin fin este trabajando, entre otras. Es importante saber que si los rpm aumentan la temperatura del agua de refrigeración debe ser menor, a menor rpm la temperatura del agua sería mayor, lo mismo pasaría con la presión del agua.

La máquina extrusora está compuesta por tres sistemas eléctricos que funcionan con electricidad y se tienen que monitorear diariamente, en cuanto al sistema hidráulico se debería tener un registro diario de consumo de corriente, limpieza de filtro, etc. En el siste de refrigeración se debe registrar a diario sus presiones de alta, baja y aceite para evitar alguna falla.

El chiller es el complemento de la extrusión, ya que es el encargado de enfriar el agua por intermedio de una electrobomba para enviar a la máquina, por lo esencial que son se necesita programar los mantenimientos preventivos, para evitar paradas de máquinas, mala calidad de plancha, reprocesos y tiempos muertos en la mano de obra.

Para los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos se pueden tercerizar los servicios, pero los repuestos a utilizar se deben supervisar que se cambie por las mismas marcas originales, para el monitoreo de los equipos y funcionamiento se necesita personal capacitado, para poder dar solución a una falla que se presente, bajo este contexto se plantea la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuál es el impacto de implementación de un sistema de mantenimiento total sobre la productividad de una empresa de cajas de polietileno?

En las empresas industriales se tiene diferentes gestiones de mantenimiento, en algunas de ellas es prioridad alta, baja y media, por estos motivos existen los mantenimientos correctivos y son frecuentes, en el sector donde se realizara el estudio de investigación es una empresa fabricante de cajas de polietileno (cajas para esparrago), los equipos tienen una antigüedad de mas de 15 años trabajando sin un plan de mantenimiento, por lo que se desea implementar un plan de gestión de mantenimiento, para ello se realizara un análisis de confiabilidad donde se seleccionará un patrón de fallas para establecer una adecuada técnica de mantenimiento. Actualmente no se cuenta con personal técnico calificado que brinde un soporte a las constantes fallas que se vienen presentando, por lo que se implementará un plan de gestión de mantenimiento para reducir fallas, reprocesos, mala calidad del producto, alargar la vida útil y rentabilidad de los equipos e instalaciones y reducir costos por mantenimientos correctivos.

Para este estudio de investigación se ha considerado el siguiente objetivo general, determinar el impacto de implementación de un sistema de mantenimiento total sobre la productividad de una empresa de cajas de polietileno y determinando los objetivos específicos: (1) determinar la productividad inicial de la empresa; (2) determinar el nivel de mantenimiento actual de la maquinaria a través del cálculo de los indicadores de confiabilidad y disponibilidad; (3) Diseñar e implementar un plan de mantenimiento total para las maquina; (4) determinar el nivel de mantenimiento de la empresa posterior a

la implementación de mejoras; (5) determinar la productividad de la empresa posterior a las mejoras.

De la revisión de antecedentes de investigación se formula la siguiente hipótesis: Con la implementación de un sistema de mantenimiento, se reducirá tiempos muertos y aumentará la disponibilidad de las máquinas extrusoras y chillers en una fábrica de cajas de polietileno con la utilización del tpm.

II. MARCO TEÓRICO

Según la página “Tecnología del Plástico”, el fabricante del plástico en América Latina es dirigida por manufactureras dentro de cuatro países latino y norteamericanos más grandes de la región como son México, Argentina, Colombia y Brazil. Esta investigación es sostenida gracias a los organismos estatales, este dato muestra que, en conclusiones generales entre el 40% y 50% de los productos alterados se destinan a envases, embalajes y empaques, por medio de películas y recipientes duros (Salazar & Sánchez, 2017); La disposición de las manufactureras del plástico en el Perú tienen como principales líneas y productos a las conexiones. Tapas, tapones y envases, enseres domésticos como de oficina, sacos de industria, bolsas de plásticos, revestimientos plásticos para el suelo y telas, entre muchos más (APIPLAST, 2016). El plástico y su industria viene superandose con el pasar de los años, logrando su desarrollo de manera sucesiva. En el Perú, esta manufacturera compete a la clasificación CIIU (Clasificación Internacional Industrial Uniforme de las actividades económicas productivas) 2520. Lamentablemente en el Perú no se produce este ejemplar de material pues básicamente son importados de muchos países. (INEI, Evolución de la Exportaciones e Importaciones, 2016); Los envases y su industria están modeladas sobre todo por manufactureras del plástico, metal, cartón, papel, vidrio y aluminio. Los envases y su industria ejecutan un rol elocuente en cuanto a la economía de los países, ya que esta manifiesta entre el 1% y 2% del PIB mundial; desde otro punto de vista, se hace mención de los miles puestos de trabajo que origina a nivel mundial esta industria, contando también con el valor

agregado que ofrece a los compradores potenciales en la sociedad; La estructura de los métodos de producción a generado avances por largos periodos de tiempo hacia el perfeccionamiento, fundamentada sobre todo en la productividad de equipos. En la actualidad, decimos que la eficiencia se sostiene más en cuanto a la calidad que adjunta esta productividad, garantizando el buen funcionar de estos equipos; En cuanto a la gestión de mantenimiento esta debe estar aplicada a una eficiente, actual y competitiva organización de los sistemas de producción; es de suma importancia que una organización opere la maquinaria con los niveles máximos de caldiad y eficiencia, para consolidar un sistema productivo que tenga como objetivos principales, cero desperdicios, cero defectos, cero averías, además de abarcar problemas de seguridad. (Cuatrecasas, 2017); por lo que es importante la implementación del TPM.

El origen del TPM se inició en el país de Japón y este está denominado como el JIPM (instituto Japonés de mantenimiento de plantas), con el fin de optimizar la gestión de mantenimiento, para poder dar paso a la automatización de procesos productivos; en las industrias en los años de 1960 las empresas tenían un rendimiento menor a su capacidad total, su productividad era muy baja y tenía costos elevados (Sanchis et al., 2010). Por la necesidad de las empresas nace el TPM teniendo sus inicios en 1970, junto el Just-In-Time, estos 2 modelos de producción tienen como finalidad reducir el desperdicio, en los Estados Unidos se le dio importancia 10 años después de haber aparecido, la filosofía del TPM está diseñada para mejorar la productividad y a la vez obtener productos de alta calidad, para lograrlo se tiene que minimizar los desperdicios, por lo tanto también se reducirán los costos, se maximizará la eficiencia de los equipos, maquinaria y hasta del personal por intermedio de un sistema de mantenimiento productivo, alargando la duración de vida en estos equipos, ampliando el conocimiento de los operarios (Asgharizadeh et al., 2015). Para lograr este objetivo se utiliza un proceso fundamental basado en un sistema productivo y una metodología disciplinaria, potente y efectiva, teniendo que cumplir con los 8 pilares considerados necesarios para poder desarrollar el TPM y ellos son: (1) **Mejoras enfocadas o Kobetsu Kayzen** en esta mejora se desarrollan actividades en que involucran diferentes áreas dentro del proceso productivo,

con el objetivo de optimizar la validéz de los múltiples equipos dentro del proceso productivo. Su metodología es eliminar cualquiera de los pilares; (2) **Mantenimiento Autónomo o JishuHozen** es una serie de actividades diarias realizadas por todos los colaboradores con la finalidad de revisar, verificar, inspeccionar, solucionar y comunicar algunas de las fallas presentadas en el momento que no se pueden reparar debido a la producción; (3) **Mantenimiento planificado** es eliminar problemas presentados en los equipos con la prevención y predicción; (4) **Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen** significa lograr la calidad del producto, reparando las mínimas averías como fallas ocultas ya que, no paran el proceso pero dañan la calidad del producto; (5) **Mantenimiento en áreas administrativas** son áreas de apoyo al proceso productivo pero no tienen contacto directo con la producción; (6) **Seguridad, salud y medio ambiente** significa que se puede garantizar trabajos sin accidentes, contaminación y cuidados con el medio ambiente; (7) **Prevención de mantenimiento** es disponer y reducir costos por averías o reparaciones que presenten los equipos, por lo tanto cuando se adquiere nueva maquinaria se solicita información para la mejora del mismo; (8) **Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación** consiste en interpretar y actuar de forma acertada con los requisitos establecidos para un funcionamiento óptimo de los procesos, de manera que la experiencia junto a las habilidades son pulidas por las empresas mediante entrenamiento (Castro, 2015), si trabajamos con estos pilares podemos lograr los 3 enfoques del TPM; “**T**” significa **total**, por lo que se interpreta como “todas las personas realizan todas las actividades”, teniendo como palabras claves: participación de los colaboradores, eficiencia, departamento de mantenimiento enfocado en la prevención; “**P**” se relaciona a productivo o productividad de los equipos llegando con ellos a la perfección; “**M**” puede interpretarse como management o mantenimiento, dirigido desde los altos cargos para poder lograr una transformación en una empresa, cumpliendo con estos ciertos objetivos con la finalidad de un buen mantenimiento (1) Afianzar la optimización en el desempeño de equipos y procedimientos de una organización. (2) Cuidar y extender la utilización sobre las diligencias de una empresa. (3) custodiar para salvaguardar la seguridad e integridad de los operarios, colaboradores y procedimientos de equipos existentes (4) Prevenir fallas en la

maquinaria así como desperfectos y paradas. (5) La eficiencia es mejorada en cuanto a productividad a nivel de máquinas. (6) Prevenir incidentes y accidentes laborales (7) Implantar un sistema de planificación con coherencia al mantenimiento, así mismo el TPM cuenta con beneficios como lo son: Mejoramiento organizacional en las empresas, Mayor intervención en las operaciones, constantes conocimientos creados, incremento de la productividad, La disponibilidad y fiabilidad de los equipos es mejorada, deshechos y pérdidas son eliminadas, costos reducidos, La capacidad de respuesta en el mercado es mejorada, La calidad del producto es mejorada, creación de capacidades competitivas, Se incrementa la capacidad para identificar de manera eficiente los problemas potenciales, el persona de trabajo, colaboradores tiene mayor participación y desarrollo, los accidentes e incidentes de trabajo son eliminados, en cuanto al manejo de deshechos y residuos hay una mejor gestión ambiental.

Tipos de mantenimiento; 1) M. Predictivo, ciertos parámetros específicos son analizados y permiten fomentar un procedimiento de mantenimiento que contenga un sistema de revisión habitual que estén basados en las peculiaridades del parámetro investigado, con la finalidad de prevenir que se ocasionen fallos, dicho de otra manera, el mantenimiento predictivo es el que se encarga de incorporar un procedimiento de detección con el propósito de encontrar el error o fallo antes de que se origine en la máquina; **2) M. Preventivo**, revisa y efectúa procesos independientemente aún si su funcionamiento aplica de forma normal o la máquina ha mostrado algún desperfecto, parada o fallo; **3) M. Correctivo** de los tres tipos es uno de los primeros mantenimientos que aparecieron en la industria, su aplicación está sustentada primordialmente en subsanar errores, es decir que, hace posible el funcionamiento de una máquina tras ser defectuosa o malograda. El M. Correctivo está desarrollado en empresas que no cuentan con técnicas en mantenimiento de este tipo, tampoco encuentra la causa ni analiza la raíz de la avería producida en las máquinas, en consecuencia una vez resuelta, existe altas posibilidades que la falla se repita.

La extrusión es un proceso en la industria y para los polímeros existen parámetros específicos, la función de la extrusión es fundir el plástico a elevadas temperaturas y ser enfriadas por agua fría generada por una maquina

chiller, la extrusión es utilizada en plásticos, metales u otros materiales, con respecto a los plásticos este proceso se puede realizar por extrusoras de tornillo simple, está conformada por motor eléctrico y variador de frecuencia para regular el giro del expulsor; este consta de un tornillo que gira dentro de un tubo, siendo calentado por resistencias eléctricas a una cierta temperatura; en cuanto al tornillo de extrusión es un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal, su función es transportar la materia prima para ser fundida; para obtener un producto de calidad, el tornillo necesita firmeza en el proceso (Zamai et al., 2016).

Chiller es una máquina industrial que ejerce agua a muy bajas temperaturas para el enfriamiento de los procesos. El calor causado por los procesos es extraído por contacto directo con el agua fría. De esta manera, el calor cedido por el proceso baja su temperatura y también el agua, pero durante el paso por el proceso, la eleva. Una vez que el agua esté "caliente" torna a la máquina chiller en donde otra vez reduce su temperatura para retornar al proceso. (todochiller.com.ar, 2008). Son sistemas muy utilizados en plantas industriales, edificios de oficinas y en las que se necesita climatización y agua caliente sanitaria. El agua refrigerada se puede utilizar en plantas de procesos químicos y alimentos, tal es el caso del presente proyecto. Para el enfriamiento del agua, los chillers añaden el uso de torres de enfriamiento por lo que su termodinámica es mejorada en comparación con los chillers que sirven para enfriar el aire; los chillers para aplicaciones industriales pueden ser centralizados, donde un chiller único sirve para múltiples necesidades de enfriamiento o descentralizado cuando cada aplicación tiene su propio chiller. Cada una de estas opciones tiene sus propias ventajas; Es posible tener una combinación de ambos tipos centralizados y descentralizados, especialmente si los requerimientos son los mismos para algunas aplicaciones o punto de uso. Los chillers descentralizados son normalmente más pequeños en tamaño y capacidad de enfriamiento, por lo general de 0,2 a 10 toneladas. Los chillers centralizados tienen por lo general capacidades en el rango de decenas a centenas de toneladas. Para entender la operación del chiller es necesario referirnos al ciclo de refrigeración que es la base termodinámica fundamental para remover calor de un líquido y transferirlo

al exterior. La refrigeración (ciclos) requiere de cuatro componentes básicos, estos son el compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

Con la implementación del TPM en la empresa de polietileno podemos obtener un incremento en la productividad porque se disminuirá las paradas inesperadas de la maquinaria y se reducirá los tiempos muertos, haciendo que la disponibilidad y la eficiencia de las maquinas aumenten.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Por su finalidad: Aplicada

El proyecto de investigación se aplicará para realizar las mejoras de implementación con una herramienta del TPM, así brindaremos una solución al problema.

Por su nivel: Explicativo

Este informe de investigación explicara el correcto proceso sobre el funcionamiento de las maquinas por medio de herramientas del TPM.

Por su enfoque: Cuantitativo

Sera cuantitativo porque analizaremos datos, probaremos la hipótesis planteada y utilizaremos herramienta estadística.

Por su diseño: Pre-experimental

Es el diseño de un grupo con pre-prueba y post prueba (Valderrama, 2013, p46).

Es de tipo pre-experimental, podremos verificar un cambio si nuestra hipótesis es verdadera.

Por su alcance temporal: Longitudinal

Es longitudinal porque mediremos los cambios respectivos a la variable dependiente antes y posterior a la aplicación de la variable independiente.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables a estudiar son independientes y dependientes, una trata sobre el mantenimiento productivo total (TPM) y la otra sobre el estudio de la productividad respectivamente.

Variable independiente: El mantenimiento total se medirá con los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

La disponibilidad: Las máquinas reparadas tienen un determinado tiempo de trabajo hasta su próximo mantenimiento sin falla alguna.

Confiabilidad: Con la confiabilidad buscamos un funcionamiento óptimo de equipos, en consecuencia, tenemos un tiempo promedio entre fallas, también podemos medir aquellas pérdidas ocasionadas durante el mal desempeño, pero estas no afectan a la producción.

La confianza es lo que se espera obtener de un equipo o máquina para ejercer su función en un tiempo determinado. Dentro de una empresa es muy importante tener disponibilidad de equipos porque nos evitamos paradas inesperadas y tiempos muertos.

Variable dependiente: Los indicadores para medir la productividad se utilizarán la eficiencia y eficacia de las máquinas.

3.3. Población, muestra y muestreo

1.1.1. Población

La población será las máquinas de una planta de producción de cajas de polietileno.

1.1.2. Muestra

La muestra será determinada por 7 máquinas que están divididas entre chillers y extrusoras.

1.1.3. Muestreo

El muestreo es una herramienta de la investigación científica, para determinar qué población debe examinarse, Para la investigación no es necesario y utilizaremos un muestro no probabilístico intencional, el investigador seleccionara la muestra.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Utilizaremos análisis de registros de los meses de enero a mayo del año 2021 de las maquinas extrusora I, II y III, chillers I, II y III.

1.1.4. Técnica.

En la investigación se utilizará como técnica la tabulación de los datos obtenidos de los registros de las fechas y horas de inicio y fin de la para, obteniendo como resultado total parcial y un total por maquina en periodo de enero a mayo del 2021.

1.1.5. Instrumento.

Utilizaremos los registros de parada de máquina, para poder calcular la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria; las maquinas no han estado operativas las 24 horas porque en los meses de enero, febrero y marzo no hay pedidos de producción, motivos por el cual la maquinaria solo trabaja de 5 a 8 diarias.

Por su parte, para la variable dependiente, que es la productividad, se emplearan principalmente, los registros de los tiempos programados y servicios realizados

por la empresa, para aplicarse en el cálculo de la eficiencia y eficacia, como instrumento de recolección de datos para la investigación.

3.5. Procedimientos.

En una empresa productora de cajas, se determinará la productividad inicial utilizando indicadores de eficiencia y eficacia; para definir el nivel de mantenimiento de la maquinaria utilizaremos los registros de estudio de tiempo del funcionamiento de las máquinas y para ello se medirá con los indicadores de disponibilidad y confiabilidad; se diseñará un plan de mantenimiento para las máquinas de acuerdo a su categoría eléctricas, mecánicas, electrónicas y equipos de refrigeración detallando todos los componentes y tiempos determinados a los cuales se les debería realizar un mantenimiento preventivo; luego de las mejoras aplicadas a la empresa se medirá de forma semanal la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria, se estima que con el diseño de mantenimiento aplicado, aumente un 20% de su productividad actual.

De este modo para desarrollar los objetivos de la investigación que son: determinar la productividad inicial de la empresa; se hizo un análisis con los registros de tiempos y servicios de la empresa. Determinar el nivel de mantenimiento actual de la maquinaria a través del cálculo de los indicadores de confiabilidad y disponibilidad; sumado a ello se tuvo en consideración los reportes mensuales y semestrales para conocer las fallas en las maquinarias y de esa manera tomar acción sobre ellas. Diseñar e implementar un plan de mantenimiento total para las maquina; para lograr dicho objetivo se utilizó la matriz Amef, que se muestra en la tabla 1. Determinar el nivel de mantenimiento de la empresa posterior a la implementación de mejoras; para este objetivo se hace uso de los registros de la empresa y determinar la productividad de la empresa posterior a las mejoras, para ello se emplearon los mismos instrumentos que para el cálculo previo a las mejoras.

Tabla 1: Matriz Amef.

Matriz AMFE										
Operación	Faltas potenciales			Estado actual				Acción correctora	Responsable	
	Modos de fallo	Efectos	Causas del modo del fallo	Medidas de ensayo y control previstas	F	G	D			IPR
Filtros de cabezal	Impureza en la materia prima	Parada de máquina	Presencia de partículas en la materia prima	Se observa que el filtro se encuentra con suciedad y está deteriorado	9	7	2	126	Cambio de filtros	Técnico
Presiones de agua fría	Desabastecimiento de agua	Mala calidad en la producción	No existe presión suficiente de agua	Se observa falta de procedimientos en la distribución del agua	9	10	1	90	Balanciar la distribución de agua por cada máquina	Técnico
Resistencias eléctricas	Cortocircuito	Parada de producción	Circuitos se funden o queman por largo tiempo en funcionamiento	Existe recalentamiento por el largo tiempo de funcionamiento	9	10	1	90	Cambio de resistencia	Técnico
Fallas en motores	Amperaje alto en el motor	Parada de producción	Falta de mantenimiento preventivo	Se observa que el motor emite sonidos extraños (rodamiento)	2	10	1	20	Realizar el mantenimiento preventivo	Técnico

Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Con el análisis de datos se va poder organizar y analizar datos serán consideras en la aplicación de la investigación.

Se utilizará un análisis cuantitativo en la investigación y trabajaremos con una estadística descriptiva de tendencia central, para poder verificar los cambios de un estudio de trabajo, la productividad, disponibilidad y confiabilidad utilizando nuestras hojas de registro, para analizar los datos a investigar. Adicionalmente se aplicará estadística inferencial, a través de un análisis de varianza simple para determinar si existe diferencias en la productividad antes de y después de las mejoras.

3.7. Aspectos éticos

Para el desarrollo de la presente investigación se aplican los siguientes las herramientas de Mendeley para poder citar correctamente la información recopilada, la similitud será menor a 25% en TURNITIN, para ello; Los datos recolectados para esta investigación son autorizados por la gerencia de la empresa con el único fin académico, este informe es reservado por lo que la referencia y los datos brindados por el gerente general de la empresa en esta presente investigación se darán de forma confidencial, para no dañarla o que la misma llegue a manos de su contienda, por lo que el consentimiento dado por el jefe de la empresa para usar y manejar su información, esta con fin netamente académico.

IV. RESULTADOS

Es una empresa peruana localizada en LA LIBERTAD, TRUJILLO, MOCHE, inicio sus actividades económicas el 19/01/2005. Esta empresa fué inscrita el 19/01/2005 como una **SOCIEDAD ANONIMA CERRADA**, se encuentra dentro del sector VENTA AL POR MAYOR NO ESPECIALIZADA. Realiza actividades de comercio exterior como IMPORTADOR/EXPORTADOR, su actividad económica es fabricación de productos de plásticos. Hasta el mes junio del 2021 la empresa cuenta con 34 trabajadores en la actualidad, tal como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2: CANTIDAD DE TRABAJADORES PERIODO 2019- 2021

PERIODO	N° TRABAJADORES
2021-06	34
2021-05	30
2021-04	26
2021-03	27
2021-02	27
2021-01	36
2020-12	58
2020-11	61
2020-10	62
2020-09	75
2020-08	70
2020-07	70
2020-06	52
2020-05	35
2020-04	33
2020-03	62
2020-02	65
2020-01	74
2019-12	83
2019-11	86

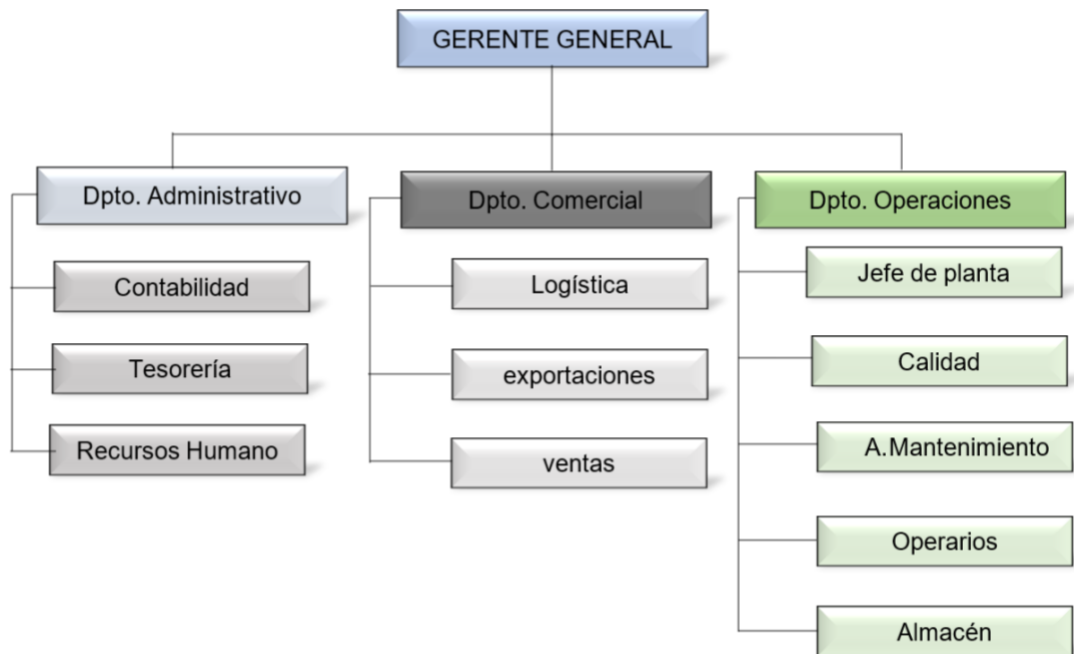


Figura 1: ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

4.1. Primera etapa de estudio: Determinación de la productividad inicial de la empresa.

EN el presente estudio se procedió a realizar una medición inicial de la variable productividad, en la producción de cajas en el periodo de Abril a Julio; tal como se aprecia en la tabla 3; lo producido por extrusora I es de 758400 cajas con una disponibilidad de 980hras, en la extrusora II 920000 con 1400 horas disponibles y en la extrusora III 576000 con 900 horas disponibles; la diferencia de producción entre maquinas se debe a la disponibilidad de los chillers, chiller II cuenta con 1400 horas de disponibilidad y abastece a extrusora II, los chillers están bypass entre las 3 extrusoras es por ello la diferencia de horas entre la extrusora I y chiller I, también entre extrusora III y chiller III.

Tabla 3: PRODUCCIÓN DE CAJAS DE ABRIL - JULIO

	H. DISPONIBLES	CAJA POR HORA	CAJAS X MAQUINA
EXTRUSORA I	980	774	758,400
CHILLER I	800		
EXTRUSORA II	1400	657	920,000
CHILLER II	1400		
EXTRUSORA III	900	640	576,000
CHILLER III	950		

Para continuar con la investigación se procede a realizar en calculo de los indicadores de la productividad, que se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4: EFICIENCIA Y EFICACIA DE EXTRUSORAS

	EXTRUSORA I			EXTRUSORA II			EXTRUSORA III		
	Cálculo	Resultado	Productividad	Cálculo	Resultado	Productividad	Cálculo	Resultado	Productividad
Eficiencia	$\frac{948}{980} \times 100\%$	97%	92%	$\frac{1150}{1400} \times 100\%$	82%	80%	$\frac{720}{900} \times 100\%$	80%	77%
Eficacia	$\frac{758400}{800000} \times 100\%$	95%		$\frac{920000}{950000} \times 100\%$	97%		$\frac{576000}{600000} \times 100\%$	96%	

Para el cálculo tanto de la eficiencia como la eficacia, se realizó de acuerdo a lo establecido a nuestro cuadro de operacionalización. De esta manera obtenemos la productividad, multiplicando los indicadores de eficiencia por eficacia.

Así pues, ahora se conoce que antes de las mejoras la eficiencia de la extrusora I es de 97%, su eficacia es de 95%, y su productividad de 92%. Por su parte en la extrusora II su eficiencia es de 82%, su eficacia es de 97%, y su productividad del 80%. Y por último en la extrusora III su eficiencia es de 80%, su eficacia es de 96%, y su productividad del 77%.

4.2. Segunda Etapa: Determinación del nivel de mantenimiento actual de la maquinaria a través del cálculo de los indicadores de confiabilidad y disponibilidad. Abril a julio.

Para determinar el mantenimiento inicial de la maquinaria de la empresa se utilizaron la información de los meses de abril mayo, junio y julio de la empresa, principalmente se emplearon los registros de los tiempos de las maquinarias, en la tabla 5 se muestra la organización de los tiempos por máquina.

Tabla 5: CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LAS MAQUINAS ABRIL - JULIO

	EXTRUSORA I	EXTRUSORA II	EXTRUSORA III	CHILLER I	CHILLER II	CHILLER III	PROMEDIO
Tiempo Disponible	980.00	1400	900	800	1400	950	1071.67
Tiempo Muerto	32.00	250	180	68	95	88	118.83
N° de fallas	6.00	18	14	6	10	8	10.33
MTBF	158.00	63.89	51.43	122.00	130.50	107.75	105.59
MTTR	5.33	13.89	12.86	11.33	9.50	11.00	10.65
Disponibilidad	97%	82%	80%	92%	93%	91%	0.89

Como podemos apreciar en la tabla existe una diferencia de tiempo disponible entre extrusoras se da por la ubicación de la máquina, calidad de frío y máquina con menos horas de trabajo; la extrusora III es la maquina con menor disponibilidad y confiabilidad, mientras que la extrusora I es la máquina con mayor confiabilidad.

Asímismo encontramos que el tiempo muerto en la extrusora II es mayor que el resto de extrusoras, pero en parte esto también se debe al mayor tiempo en horas de uso que esta máquina tiene.

También podemos observar que la extrusora II tiene un mayor número de fallas, esto va de la mano con su MTBF (tiempo promedio entre fallas), apreciamos que es uno de los más bajos, pero esto implica que hay mayores fallas en menos cantidades de tiempo (horas).

Tal como se aprecia en la figura 2, los tiempos muertos en la producción o en el paro de máquinas como este caso, no son recomendables para la empresa, hay

pérdidas tanto de tiempo como de dinero, en el cuadro podemos ver que en promedio existe cerca de 119 horas, es decir casi 5 días que la máquina no trabaja entre los meses de Abril – Julio.

El promedio de las horas disponibles de Abril a Julio es de 1071.67 horas y la disponibilidad de promedio es 89%, en cuanto al MTTR (tiempo promedio para reparar), se observa que el promedio son de 10.33 horas, quiere decir que esta es la cantidad de tiempo en promedio que demora una máquina en ser utilizada nuevamente.

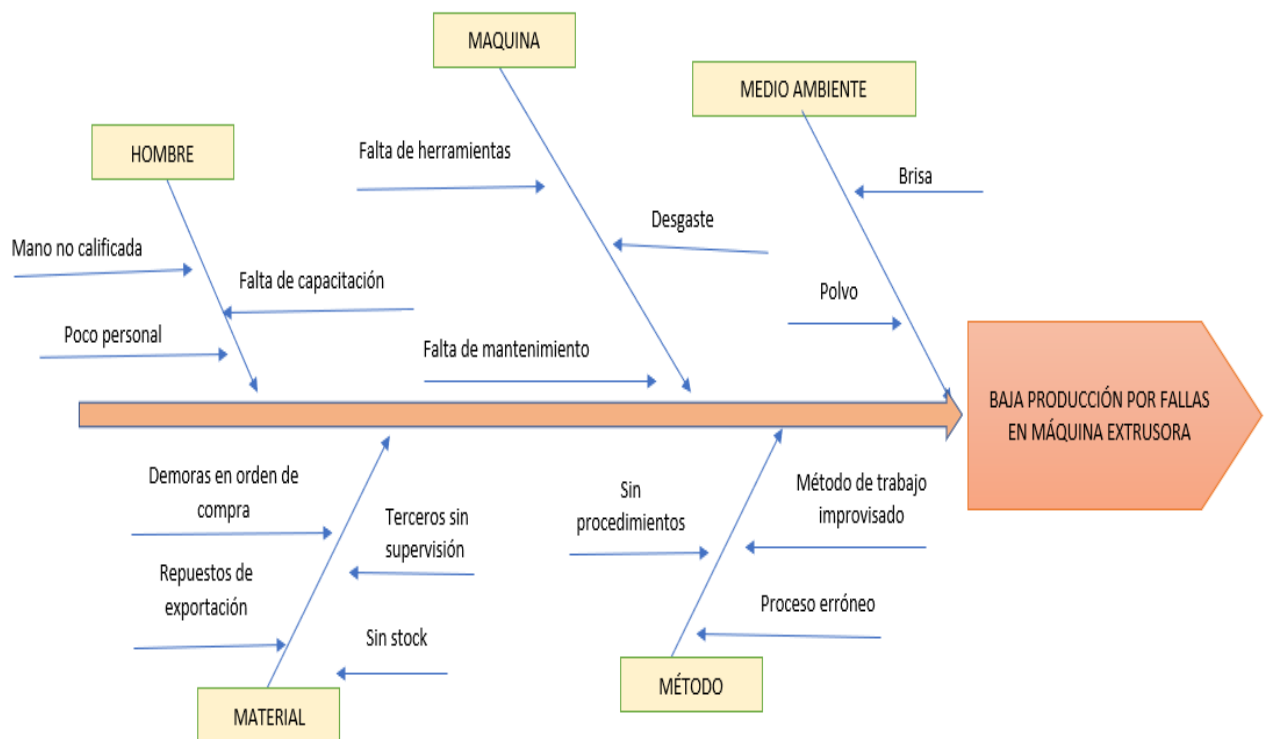


Figura 2:DIAGRAMA ISHIKAWA

4.3. Tercera Etapa. Desarrollo e implementación un plan de mantenimiento total para las máquinas.

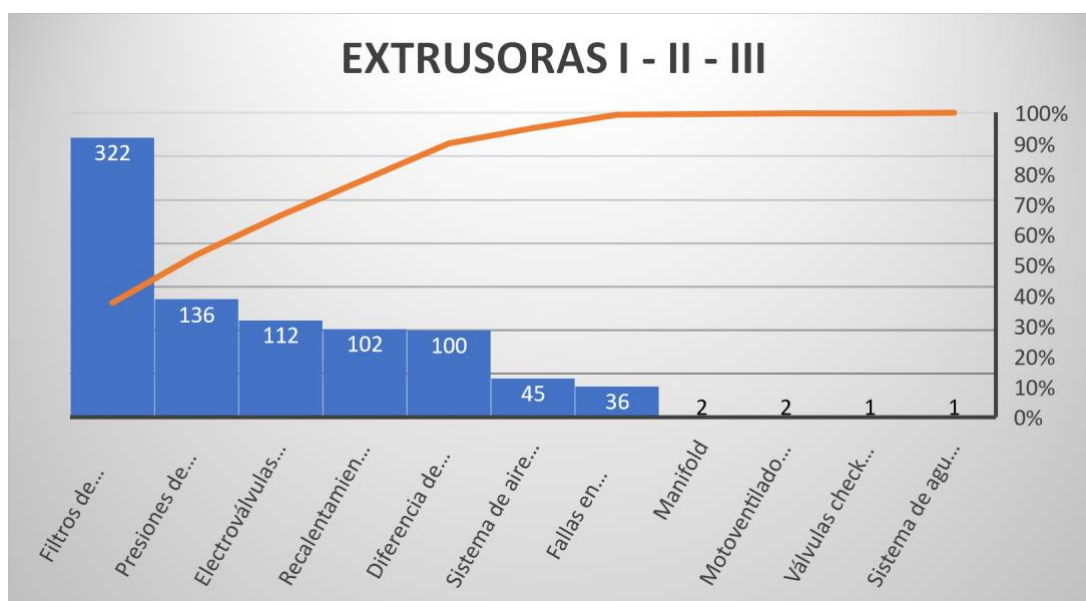
Para esta etapa se presenta la tabla 6, en donde se muestran las fallas más recurrentes por máquina.

Tabla 6: FALLAS FRECUENTES DE ABRIL- AGOSTO

MAQUINA	ABRIL - AGOSTO	FRECUENCIA	% ACUMULADO
EXTRUSORA I			
	FILTROS DE CABEZAL	110	11.73%
	PRESIONES DE AGUA FRÍA	45	16.52%
	RESISTENCIAS ELECTRICAS	32	19.94%
	MANIFOLD	12	21.22%
	VALVULAS CKECK 2" EN BOMBAS DE VACIO	10	22.28%
	ELECTROVALVULAS DE AIRE	2	22.49%
	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADA EN TABLEROS	1	22.60%
EXTTRUSOA II			
	FILTRO DE CABEZAL	112	34.54%
	PRESIONES DE AGUA FRÍA	45	39.34%
	SISTEMA DE AGUA FRÍA	45	44.14%
	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS DE AGUA FRIA	36	47.97%
	RECALENTAMIENTO DE RESISTENCIAS	36	51.81%
	FALLAS EN MOTORES	8	52.67%
	MOTOR QUEMADO BOMBA DE VACÍO	1	52.77%
EXTRUSORA III			
	FILTRO DE CABEZAL	100	63.43%
	SISTEMA DE AGUA FRÍA	48	68.55%
	PRESIONES DE AGUA FRÍA	46	73.45%
	RECALENTAMIENTO DE RESISTENCIAS	34	77.08%
	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA	28	80.06%
	FALLAS EN MOTORES	26	82.84%
	PROGRAMACIÓN DE FRECUENCIA	14	84.33%
	MOTOVENTILADOR DE MOTOR PRINCIPAL (QUEMO)	2	84.54%
CHILLER I			
	FUGAS DE REFRIGERANTE	18	86.46%
	SOLDEO DE TUBERIA	12	87.74%
	FILTROS SUCIOS	3	88.06%
	COMPRESOR QUEMADO	1	88.17%
CHILLER II			
	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	16	89.87%
	SISTEMA ELECTRICO	12	91.15%
	PRESOSTATO	6	91.79%
	MOTOR EVAPORADOR QUEMADO	1	91.90%
CHILLER III			
	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS	40	96.16%
	FUGAS DE REFRIGERANTE	18	98.08%
	SISTEMA ELECTRICO	16	99.79%
	TARJETA AVERIADA	2	100.00%
TOTAL		938	

La tabla nos muestra las fallas mas frecuentes durante el periodo de Abril – Agosto, muchas de ellas se repiten en las 3 extrusoras y los 3 chilers.

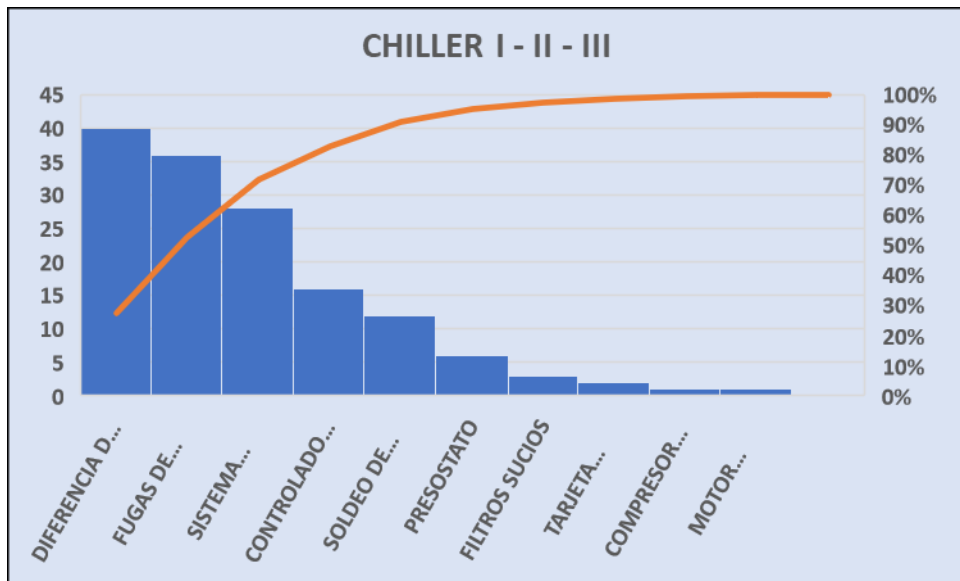
Figura 3: FALLAS FRECUENTES EXTRUSORA I, II y III



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 nos muestra que la mayor falla es filtros de cabezal con 322 repeticiones en el periodo de Abril -Agosto, le sigue la falla por presiones de agua fría con 136 repeticiones, todo esto mostrado en la figura 3, la imagen es un conjunto o la unión de todas las fallas frecuentes presentadas por estas 3 extrusoras.

Figura 4: FALLAS FRECUENTES DE CHILLERS I, II Y III



Fuente: Elaboración propia.

Como nos muestra la figura tenemos fallas frecuentes de los 3 chillers y para ellos contamos con 12 fallas de las cuales 2 son repetidas, el sistema eléctrico y fugas de refrigerante teniendo con mayores repeticiones la diferencia de temperaturas y con menor repeticiones motor quemado

Tabla 7: AGRUPACIÓN DE FALLAS CON SOLUCIÓN Y PRESUPUESTO.

Fallas frecuentes en extrusoras	Solución	Presupuesto	Responsables
Filtros de cabezal	Implementar procedimientos	S/ 1,500.00	Proveedor (Terceros)
Presiones de agua fría	Implementación de electrobombas por chillers	S/ 80,000.00	Proveedor (Terceros)
Recalentamiento de resistencias eléctricas	Cambio de resistencias	S/ 2,400.00	Mantenimiento
Manifold	Limpieza y/o cambio	S/ 2,500.00	Proveedor (Terceros)
Válvulas check 2" en bombas de vacío	Cambio	S/ 800.00	Mantenimiento
Electroválvulas de aire	Cambio	S/ 2,000.00	Proveedor (Terceros)
Sistema de aire acondicionado en tableros	Mantenimiento preventivo	S/ 1,500.00	Proveedor (Terceros)
Sistema de agua fría	Independización de circuitos de agua	S/ 7,000.00	Proveedor (Terceros)
Diferencia de temperaturas de agua fría	Mantenimientos preventivos de equipos chillers	S/ 1,800.00	Proveedor (Terceros)
Fallas en motores	Mantenimiento preventivo	Costo según potencia de motor	Proveedor (Terceros)
TOTAL		S/ 99,500.00	
Fallas frecuentes en Chillers	Solución	Presupuesto	Responsables
Fugas de refrigerantes	Mantenimiento preventivo de unidades condensadoras y cambios de tuberías de cobre desgastadas	S/ 150.00	Proveedor (Terceros)
Soldeo de tubería		S/ 300.00	Proveedor (Terceros)
Filtros sucios		S/ 200.00	proveedor (Terceros)
Compresor quemado		S/ 2,000.00	Proveedor (Terceros)
Controlador de temperatura		S/ 600.00	Proveedor (Terceros)
Sistema eléctrico		S/ 400.00	proveedor (Terceros)
Motor evaporador quemado		S/ 220.00	Proveedor (Terceros)
Presostato	Calibración	S/ 150.00	Proveedor (Terceros)
Tarjeta averiada	Reparación y/o cambio de circuito por contactores	S/ 2,000.00	proveedor (Terceros)
TOTAL		S/ 6,020.00	Proveedor (Terceros)

Fuente: Elaboración propia

4) Cuarta etapa. Determinar la productividad de la empresa posterior a las mejoras

Se realizaron las mejoras a los chillers, a lo cual no se pudo realizar el mantenimiento previsto a las extrusoras por temas de coyuntura política, social y estabilidad económica. Con respecto a los Chillers, hacemos una comparativa con la TABLA 5 y encontramos que los tiempos muertos disminuyeron drásticamente, para los chillers 1, 2 y 3 tenemos 15, 20 y 12 horas de tiempo muerto respectivamente, esto implica un aumento significativo en la disponibilidad por cada chiller, al comparar los cuadros podemos observar que para los chiller 1, 2 y 3 existe una disponibilidad de 97%, 98% y 98% respectivamente en comparación al cuadro anterior (TABLA 5) donde teníamos que en los chiller 1, 2 y 3 había una disponibilidad de 92%, 93% y 91%.

Podemos concluir entonces que las medidas de mejora optadas según nuestro plan de mantenimiento fueron efectivas.

Tabla 9:DISPONIBILIDAD DE LOS CHILLERS.

	CHILLER I	CHILLER II	CHILLER III
Tiempo Disponible	500	800	650
Tiempo Muerto	15	20	12
N° de fallas	6	10	8
MTBF	80.83	78.00	79.75
MTRR	2.50	2.00	1.50
Disponibilidad	97%	98%	98%

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

Para responder al objetivo general de determinar el impacto de implementación de un sistema de mantenimiento total sobre la productividad de una empresa de cajas de polietileno, se debe demostrar la conveniencia en realizar mejoras en la empresa tales como reparar las principales fallas en las maquinarias, tanto en las extrusoras y en los chillers; así como aplicar un adecuado mantenimiento a las mismas para evitar los tiempos muertos y fallas posibles.

Para empezar, se debe analizar la eficiencia, teniendo por resultado que la extrusora I tiene una eficiencia de 97%, la extrusora II de 82% y la extrusora III una eficiencia de 80% siendo la menor; esto debido principalmente a que es la extrusora que muestra una mayor frecuencia en las fallas que presenta, siendo la principal el motoventilador del motor principal. En comparación con los resultados de Gilabert (2020), que antes de aplicar el mantenimiento en sus maquinarias como plan de mejora, su eficiencia promedio era de 75%.

Con respecto a la eficacia, que se calculó en base a $(\text{servicio realizado} / \text{servicio programado}) \times 100$, se tienen como resultados que la extrusora I tiene 95% de eficacia, por su parte la extrusora II un 97% y la extrusora III tiene por eficacia un 96%.

Por su lado, Jiménez (2020) en su tesis Aplicación de modelos matemáticos para el mantenimiento, menciona que la empresa que era objeto de su investigación tuvo evidentes mejoras con la aplicación un mantenimiento total a su maquinaria, puesto que esto era muy importante para el desarrollo de las actividades de la empresa, ya que en múltiples situaciones se presenciaron que las fallas en las máquinas generaban grandes pérdidas.

Con estos dos indicadores podemos calcular la productividad, que es claramente la variable dependiente de la investigación. La productividad fue calculada multiplicando los indicadores de eficiencia por eficacia obteniendo el resultado de la extrusora I de 92%, la extrusora II tiene una productividad de 80% y por último, la extrusora III del 77%, siendo el menor, debido a que sus resultados de

eficiencia y eficacia respectivamente eran relativamente menores y/o iguales al promedio de la extrusora I y la extrusora II.

Mientras que para el desarrollo del indicador de confiabilidad, de la variable independiente, se utilizó la fórmula de confiabilidad = $MTBF / (MTBF + MTTR)$; siendo MTBF el tiempo promedio entre fallas y MTTR el tiempo promedio para reparar. Obteniendo por resultados que la extrusora I tiene una productividad de 96.73%, la extrusora II del 82.14%, y la extrusora III una productividad del 79.99%. De igual manera que en la eficiencia, la confiabilidad de la extrusora III es la menor, esto debido, como ya se mencionó, a las recurrentes fallas que presenta, teniendo como principales fallas en el moto ventilador del motor principal, en las programaciones de frecuencia y fallas en los motores, entre otras fallas.

Teniendo como segundo indicador de la variable independiente, que es el mantenimiento productivo total, se encuentra la disponibilidad, que se calcula tomando las horas totales menos las horas paradas de mantenimiento entre las horas totales. De esta manera se han podido calcular la disponibilidad de las extrusoras y de los chillers, que dieron por resultados: 97% de disponibilidad de la extrusora I, en la extrusora II de 82% y la extrusora III tiene una disponibilidad del 80%; en los chillers se hallaron resultados de 92% de disponibilidad en el chiller I, el chiller II tiene 93% y el chiller III tiene una disponibilidad del 91%; demostrando que la diferencia entre la disponibilidad de los chillers no abarca mucha diferencia.

Por todo lo antes mencionado, se demuestra que las fallas que se presentan tanto en las extrusoras como en los chillers afectan a los indicadores de la investigación, la eficiencia, eficacia, disponibilidad y confiabilidad, además que afecta directamente a variable dependiente que es la productividad.

Con la propuesta de un plan de mantenimiento total para las máquinas se busca remediar las principales fallas de las máquinas de la empresa. Siendo las mismas: la mayor falla es filtros de cabezal en la extrusora I, con 110 repeticiones en el periodo de cinco meses. En la extrusora II mayor falla es filtro de cabezal

y a su vez, se presenta la repetición de motor quemado en bomba de vacío. Y en la extrusora III, la mayor falla es el filtro de cabezal y se dieron 2 repeticiones de moto ventiladores quemados de ventilador principal en un periodo de cinco meses. Por otro lado, las fallas más frecuentes de los 3 chillers y para ellos contamos con 12 fallas de las cuales 2 son repetidas, el sistema eléctrico y fugas de refrigerante teniendo con mayores repeticiones la diferencia de temperaturas y con menor repeticiones, comparadas con las anteriores, el motor quemado de los mismos.

Con el plan de mantenimiento por fallas frecuentes en ejecución y realizado se busca eliminarlas por completo y a su vez, aumentar el porcentaje de los indicadores, la eficiencia, la eficacia, la disponibilidad, la confiabilidad, y principalmente la productividad de una empresa productora de cajas de polietileno.

De este modo, Rodríguez (2017), en su tesis La productividad en América Latina, menciona que se puede alcanzar una productividad estable de más del 95% después de ejecutados planes de mejora adecuados a las falencias de la empresa. Asimismo que el cálculo de la productividad se vio evidenciada de la misma manera que la situación de la empresa, con la fórmula aplicada, del mismo modo que en la presente investigación.

El mantenimiento total, por su parte, que en esta investigación constituyó a un aumento significativo en la productividad de la empresa, del mismo modo que se mencionó en la tesis Eficiencia y productividad del sistema hospitalario en Panamá, de Lau (2017), dado que al ser calculada bajo la fórmula de $\text{Productividad} = (\text{eficiencia} \times \text{eficacia}) \%$, misma usada en la presente investigación, reflejó aumentos de 12% promediamente; después de haber sido aplicados los mantenimientos totales a las maquinarias utilizadas en los hospitales.

Asimismo, el plan de mejora de mantenimiento total también se considera factible desde el punto de vista de Gilabert (2020) en su tesis Diagnóstico de fallos y optimización de la planificación en un marco del mantenimiento, puesto

que en su investigación se menciona que la empresa en la cual se llevaba a cabo el estudio consiguió aumentar en un 5% su eficiencia a la de la presente investigación; y superar en un 7% su confiabilidad a la de la actual investigación; esto principalmente porque el mantenimiento de las maquinas que se llevaba a cabo semanalmente, teniendo por resultado disminución en las fallas de las mismas.

Por consiguiente, bajo la investigación realizada y el respaldo de los estudios como el de Pérez (2016) en su tesis Medición de la eficiencia y la productividad en la distribución de electricidad en Perú, en el cual se da a conocer que cuando las fallas en la maquinaria de las empresas se solucionan, tanto la productividad de la empresa como la eficiencia aumentan y por ende los beneficios de la misma. Entonces, se puede mencionar que la productividad puede aumentar con la implementación de un sistema de mantenimiento total a la maquinaria de una empresa de cajas de polietileno.

VI. CONCLUSIONES

1. Con los registros de la eficiencia y eficacia, como indicadores para calcular la productividad de la empresa, se logró calcular que la productividad inicial en promedio era de 83% en las tres extrusoras, reflejando que la productividad de la empresa puede mejorar.
2. En base al promedio en la confiabilidad y disponibilidad de las maquinarias, se puede ultimar que al corregir las fallas más recurrentes en las maquinarias, tanto extrusoras como chillers, dichos indicadores van a aumentar la productividad y será un efecto positivo para la empresa.
3. El mantenimiento total para las máquinas significa una mejora en sus indicadores y en su productividad, por ende al realizarse en la empresa productora de cajas de polietileno, las medidas como eficiencia, eficacia y la productividad superarán sus valores previos.
4. Tras haberse ejecutado el mantenimiento a los chillers, en efecto disminuimos los tiempos muertos y obtuvimos mayor disponibilidad por chiller. Con respecto a las extrusoras, por motivos antes mencionados no realizaron las mejoras programadas.

VII. RECOMENDACIONES

El mantenimiento total en las máquinas, es muy importante para cualquier empresa, ya que esto significa tener conocimiento de las posibles fallas de estas. Así como ayuda a evitar demasiados tiempos muertos y/o malas producciones, es por ello que se debe tener en constante consideración la implementación de tal mantenimiento como solución o plan de mejora a la productividad de distintas empresas.

Para contrarrestar las fallas de las máquinas de la empresa, y a su vez superar los porcentajes de eficiencia, eficacia, productividad, disponibilidad y confiabilidad se debe implementar un plan de mantenimiento total para las máquinas, que debe consistir específicamente en neutralizar, solucionar y erradicar las fallas mencionadas más comunes entre las extrusoras como en los chillers.

La productividad refleja en sí la situación de la empresa de manera general, es por ello que se debe tener en plena consideración cuando se analiza la escenario de esta. Sumado a ello se debe tener presente que cada empresa, por distinta que sea su organización y rubro, debe siempre estar al pendiente de sus productividad y los indicadores de esta, así como debe aplicar los mejores planes a las fallas más constantes que se presenten.

REFERENCIAS.

- Spoerk, M., Arbeiter, F., Raguž, I., Holzer, C., & Gonzalez-Gutierrez, J. (2019). Mechanical recyclability of polypropylene composites produced by material extrusion-based additive manufacturing. *Polymers*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/polym11081318>
- Lau, Enrique. Eficiencia y productividad del sistema hospitalario en Panamá [tesis doctoral]. 2017: Repositorio de la Universidad de Extremadura. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=148648>
- Rodríguez, Andrés. La productividad en América Latina [tesis de doctorado]. 2017: Repositorio de Universidad de Alcalá. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=178996>
- Testing, P. (2021). *Design and Performance Testing of a*.
- Ramos, A. J. (2019). Influencia de las propiedades de la materia prima en el desempeño del proceso de extrusión. *Ingeniería Energética*, XL(1), 73–80.
- Martínez-López, Y. I., García-Gonzalez, M. I., Ricardo Fernández-Concepción, R. I., Álvarez-Lazo, D. I., & Martínez-Rodríguez III, E. (2017). *ARTÍCULO ORIGINAL ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Proceso de transformación de la materia prima para tableros de madera plástica Transformation process of raw material for wood plastic boards*. XXXVIII(3), 235–246. <http://www.rii.cujae.edu.cu>
- Armstrong, A. A., Pfeil, A., Alleyne, A. G., & Wagoner Johnson, A. J. (2021). Process monitoring and control strategies in extrusion-based bioprinting to fabricate spatially graded structures. *Bioprinting*, 21(September 2020), e00126. <https://doi.org/10.1016/j.bprint.2020.e00126>
- Jiménez, Alberto. Aplicación de modelos matemáticos para el mantenimiento [tesis de grado]. 2020: Repositorio de Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287530>

- Brandelero, R. P. H., Grossmann, M. V. E., & Yamashita, F. (2017). Effect of the method of production of the blends on mechanical and structural properties of biodegradable starch films produced by blown extrusion. *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1344–1350. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.045>
- Rivadeneira, L. A., & Torres, V. (2016). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación Previo a la obtención del Título de: INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN*. 133. [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10788/1/Tesis Final.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10788/1/Tesis%20Final.pdf)
- Loh, G. H., Sotayo, A., & Pei, E. (2021). Development and testing of material extrusion additive manufactured polymer–textile composites. *Fashion and Textiles*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40691-020-00232-7>
- Cesar, L., & Lombardi, C. (2019). *ericos*.
- Tian, J., Zhang, R., Yang, J., Chou, W., Xue, P., & Ding, Y. (2021). Additive Manufacturing of Wood Flour/PHA Composites Using Micro-Screw Extrusion: Effect of Device and Process Parameters on Performance. *Polymers*, 13(7), 1107. <https://doi.org/10.3390/polym13071107>
- Chira Osorio, K. R. (2017). Control estadístico para la estandarización del proceso de reparación de prensas extrusoras en la Empresa de Ingeniería y Montaje S.A.C. 2017. *Universidad César Vallejo*.
- Schmidt, A., & Taylor, D. (2021). Erosion of soft tissue by polypropylene mesh products. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 115(October 2020), 104281. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104281>
- Loh, G. H., & Pei, E. (2019). Design for Material Extrusion on Mesh Fabrics. *16th Rapid Design, Prototyping and Manufacturing Conference (RDPM2019)*. <http://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/18700>

- Velásquez Ortiz, C. A., & Trujillo Suarez, L. V. (2019). No Title عمان سلطنة *ペインクリニック学会治療指針 2*. In *ペインクリニック学会治療指針 2* (Vol. 126, Issue 1, pp. 1–7).
- Aredo Villanueva, L. M. (2019). *Diseño e implementación de una planta industrial para la producción de empaques flexibles en la empresa Polybags Perú SRL*. 1–155.
- Vargas Mamani, N. E. (2018). *DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO EN CHILLERS INDUSTRIALES "*.
- Diaz Contreras, J. P., & Parra Landinez, P. A. (2016). 濟無No Title No Title. In *Africa's potential for the ecological intensification of agriculture* (Vol. 53, Issue 9, pp. 1689–1699).
- Espinoza Piguabe, P. R. (2016). Universidad de guayaquil. In *La Evasión Tributaria E Incidencia En La Recaudación Del Impuesto a La Renta De Personas Naturales En La Provincia Del Guayas, Periodo 2009-2012* (Issue PROYECTO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL CULTIVO DE OSTRAS DEL PACÍFICO EN LA PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, p. 136).
- Ismael, F. S. L. (2016). CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA “ MÁQUINA EXTRUSORA PARA RECICLAJE DE PLÁSTICO ” INFORME TÉCNICO AUTOR : Flores Salazar Leonel Ismael DIRECTOR : Ing . Octavio Arias Ibarra – Ecuador. *Reciclaje de Plástico*, 9. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3523/2/04_MEC_02_ARTÍCULO_CIENTÍFICO.pdf
- ILIS, G.G. y DEMIR, H., 2021. An Experimental Study with Condenser Embedded Adsorber of an Adsorption Chiller. *Journal of Fluid Flow, Heat and Mass Transfer*, no. March. DOI 10.11159/jffhmt.2021.017.

- REYES, S., JEAMPIERE, A., CASTRO, S. y FERNANDA, R., 2017. Application of lean techniques to reduce preparation times: Case study of a Peruvian plastic company. *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, no. 23, pp. 13541-13551. ISSN 09739769.
- SUJITH N S, THIMMAIAH A G, JNANESH M y KAVERIAPPA M B, 2017. Study and Analysis of Equipment Availability Using TPM Tools in an Extrusion Plant. *International Journal of Engineering Research and*, vol. V6, no. 09, pp. 162-165. DOI 10.17577/ijertv6is090098.
- BELLO, R.S., ONILUDE, M.A. y ADEGBULUGBE, T.A., 2016. Extrudate Characteristics Produced from High Density Screw-Type Extruder Machine. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, vol. 54, no. July, pp. 88-97. DOI 10.18052/www.scipress.com/ilcpa.54.88.
- ZIEGLER, O., HESSE, U. y THOMAS, C., 2020. Increased efficiency of combined heat and power plants by utilizing waste heat for resorption chillers and their combination with hydrocarbon chillers. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1599, no. 1. ISSN 17426596. DOI 10.1088/1742-6596/1599/1/012060.
- KOLOS KOV, S., SIDELNIKOV, S. y VOROSHILOV, D., 2021. Modeling Process of Semi-Continuous Extrusion of Hollow 6063 Aluminum Alloy Profiles Using QForm Extrusion. *Solid State Phenomena*, vol. 316, no. April, pp. 288-294. DOI 10.4028/www.scientific.net/ssp.316.288.
- GYÁRFÁS, A. y GERGELY, A., 2019. The Design of a Small-scale Plastic Extruder Machine. *Műszaki Tudományos Közlemények*, vol. 11, no. 1, pp. 73-76. DOI 10.33894/mtk-2019.11.14.
- JAYATHILAKAGE, R., RAJEEV, P. y SANJAYAN, J., 2021. Extrusion rheometer for 3D concrete printing Extrusion rheometer for 3D concrete printing. *Cement and Concrete Composites* [en línea], vol. 121, no. May, pp. 104075. ISSN 0958-9465. DOI 10.1016/j.cemconcomp.2021.104075. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104075>.

- PÉREZ, Raúl. Medición de la eficiencia y la productividad en la distribución de electricidad en Perú [tesis doctoral]. 2016: Repositorio de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=177253>
- OMPUSUNGG, A.P., DAMARISTELLA, VIOSITA, L. y MAHARDINI, K.A., 2020. The effect of preventive maintenance scheduling on reliability machine in PT Indonesia toray synthetics (ITS). *Journal of Critical Reviews*, vol. 7, no. 8, pp. 841-845. ISSN 23945125. DOI 10.31838/jcr.07.08.180.
- CONFERENCE, I.J., ENGINEERING, I. y ASEM, O.M.-A.-, 2020. Application of the FMECA method to define preventive maintenance strategies in a vacuum system of a PET extruder . , no. Ijcieom, pp. 1-3.
- SINGH, P. y SREERAG, K.S., 2020. Additive Manufacturing through Digital Concrete by Extrusion and Non-extrusion method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 614, no. 1. ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/614/1/012069.
- CUBIDES ALFONSO, F.Y., 2018. Plan De Mantenimiento Integral Para Las Extrusoras De Plástico En Las Pequeñas Y Medianas Empresas De Bogotá. ,
- RIGAIL, A., 2017. Guía de Laboratorio y Elaboración del Manual de Operación de una Máquina Extrusora de Películas de Polietileno Guía de Laboratorio y Elaboración del Manual de Operación de una Máquina Extrusora de Películas de Polietileno. , no. October.
- MONTOYA ARIAS, M.E., ARANGO MARÍN, J.A. y ROSERO OTERO, S.L., 2020. Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos. *Lámpsakos*, no. 23, pp. 37. ISSN 2145-4086. DOI 10.21501/21454086.3112.
- MARCILLA, M.B. y A., 2012. Tecnología de Polímeros. *Tecnología de Polímeros*, pp. 281.

- CORDOVA, R., 2019. Mantenimiento productivo total y mantenimiento basado en la confiabilidad en la especialidad de protecciones. , no. June.
- RAFAEL, E. y BATISTA, H., 2018. HOLPLAST System of maintenance for the line of polyethylene extrusion in HOLPLAST. , pp. 1-8.
- SALDARRIAGA, A.F.G. y PEÑA PARDO, L.C.M., 2019. Rediseño de una máquina extrusora de plástico. *ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) Jurnal Online Internasional & Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta* [en línea], vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596. Disponible en: www.journal.uta45jakarta.ac.id.
- GILABERT, Eduardo. Diagnóstico de fallos y optimización de la planificación en un marco del mantenimiento [tesis de grado]. 2020: Repositorio de la Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287523>
- BRAVO, J.D.T., 2019. Plan de gestión de mantenimiento utilizando el TPM para mejorar la productividad en una fábrica de sacos de polipropileno. *Ayar*, vol. 8, no. 5, pp. 55.
- GARAY, J.F.C., 2018. Análisis Para Elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo en el Área De Producción de la Empresa Plásticos Internacionales PLASINCA C.A. *Trabajo de titulación [Ingeniero Industrial]* [en línea], Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36675>.
- CASTRO, J.C., 2016. Mejoramiento De La Producción De La Empresa Migplas De La Ciudad De Guayaquil En El Área De Extrusión Aplicando Plan De Mantenimiento Autónomo Basado En La Filosofía Tpm. [en línea], Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17315/1/TESIS DE TOAPANTA CASTRO.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17315/1/TESIS_DE_TOAPANTA_CASTRO.pdf).

ANEXO

ANEXO 1: Variables y Operacionalización

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escalade medición
Variable Independiente MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	El mantenimiento productivo total es una tecnica desde los años 1970 como una necesidad para servicios y productos. El tpm es la reformulacion y mejora estructural empresarial, donde todos estan comprometidos para lograr un mismo objetivo: Empresa en términos de materiales (maquinaria, equipos, herramientas, materias primas y productos) y en términos humanos (mejora de las habilidades que implican conocimiento, habilidades y actitudes personales)	El TPM se mide por disponibilidad, confiabilidad de las maquinas para optimizar variable dependiente	Confiabilidad	$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$ MTBF: Tiempo promedio entre fallas MTTR: Tiempo promedio para reparar	Razón
			Disponibilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas de mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$	
Variable Dependiente PRODUCTIVIDAD	Para optimizar la productividad es necesario la utilizacion de los recursos adecuamente para poder lograr los objetivos de la empresa. Tener disponibilidad de equipos, mano de obra y recursos economicos.	La productividad se medira por la eficiencia y la eficacia pero dependera de la variable independiente	Eficiencia	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo programa}} \times 100$ Tiempo de operación: Tiempo de funcionamiento de la unidad Tiempo programado: Tiempo estipulado del funcionamiento de la unidad	Razón
			Eficacia	$\text{Eficacia} = \frac{\text{Servicio realizado}}{\text{Servicio programado}} \times 100$ Servicio realizado: Servicio al día Servicios programados: servicios proyectados al día	

Fuente: elaboración propia

Anexo 2: TABLA 9. PARADAS DE MAQUINARIA

EXTRUSORA I	EXTRUSORA II	EXTRUSORA III	CHILLER I	CHILLER II	CHILLER III	CHILLER IV	FECHA	H. INICIO	H. FINAL	TOTAL PARCIAL	TOTAL
	X						12/01/2021	18:55	19:15	00:20	19:26
	X						13/01/2021	00:00	01:15	01:15	
	X						13/01/2021	05:00	05:15	00:15	
	X						13/01/2021	18:50	19:12	00:22	
	X						13/01/2021	20:40	23:00	02:20	
	X						15/01/2021	07:35	07:45	00:10	
	X						24/02/2021	23:01	23:30	00:29	
	X						26/05/2021	04:10	18:25	14:15	
X							2/02/2021	04:00	05:23	01:23	05:53
X							8/03/2021	08:25	10:35	02:10	
X							4/05/2021	22:00	23:30	01:30	
X							28/05/2021	00:25	01:15	00:50	
		X					9/02/2021	05:00	05:12	00:12	00:26
		X					18/03/2021	08:47	09:01	00:14	
				X			12/01/2021	18:55	19:15	00:20	01:50
				X			13/01/2021	00:00	01:15	01:15	
				X			13/01/2021	05:00	05:15	00:15	
			X				2/02/2021	04:00	05:23	01:23	01:23
					X		9/02/2021	05:00	05:12	00:12	00:26
					X		18/03/2021	08:47	09:01	00:14	