

**Diseño de propuesta de mejora basado en algunos pilares de la filosofía TPM
(Mantenimiento Productivo Total) para la empresa Resortes A&G**

Deirson Antonio Guerrero Almanza
Javier Eduardo Martínez Chiquiza
Jeisson Fabián Forero Rojas

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ingenierías
Programa de Ingeniería Industrial
Bogotá, D.C.
2020

**Diseño de propuesta de mejora basado en algunos pilares de la filosofía TPM
(Mantenimiento Productivo Total) para la empresa Resortes A&G**

Deirson Antonio Guerrero Almanza

Javier Eduardo Martínez Chiquiza

Jeisson Fabián Forero Rojas

Director

John Jairo González Bulla

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Universitaria Agustiniana

Facultad de ingenierías

Programa de Ingeniería Industrial

Bogotá, D.C.

2020

Resumen

Este proyecto tiene como propósito, diseñar una propuesta de mejora basado en algunos pilares de la metodología TPM (Mantenimiento productivo total) para la empresa Resortes A&G. Para dar desarrollo a dicha propuesta, se realizó un análisis del diagnóstico actual de la organización frente a los requerimientos del TPM, este análisis nos permitió identificar tanto fortalezas y debilidades que la organización tenía frente a los pilares del tema en estudio. Actualmente el TPM es una herramienta muy utilizada en la industria manufacturera ya que permite evaluar desde el punto de vista de mantenimientos el desempeño estructural y productivo de las líneas de producción. Los resultados ratifican que, aunque la empresa actualmente cuenta con ciertas fortalezas en el área productiva, esto no es suficiente para mejorar el rendimiento de la maquinaria y a su vez la productividad y la calidad de los productos de la organización, esto nos muestra que la propuesta planteada es viable para mejorar dichos aspectos.

Palabras clave: Mantenimiento, Mantenimiento autónomo, Mantenimiento planificado, Calidad.

Abstract

The purpose of this project is to design an improvement proposal based on some pillars of the TPM (Total Productive Maintenance) methodology for the company Springs A&G. To develop this proposal, an analysis of the current diagnosis of the organization was carried out against the requirements of the TPM, this analysis allowed us to identify both strengths and weaknesses that the organization had against the pillars of the subject under study. Currently the TPM is a widely used tool in the manufacturing industry since it allows to evaluate the structural and productive performance of the production lines from the maintenance point of view. The results confirm that, although the company currently has certain strengths in the production area, this is not enough to improve the performance of the machinery and in turn the productivity and quality of the organization's products, this shows us that the proposal raised is feasible to improve these aspects.

Keywords: Maintenance, Autonomous maintenance, Planned maintenance, Quality.

Tabla de contenidos

Introducción	8
1. Problema de investigación	9
1.1. Antecedentes del problema.....	9
1.2. Descripción del problema.....	11
1.3. Problemática de la empresa	16
1.4. Pregunta de investigación.....	20
2. Justificación.....	21
3. Objetivos	22
3.1. Objetivo general	22
3.2. Objetivos específicos.....	22
4. Marco de referencia.....	23
4.1. Antecedentes de la investigación.....	23
4.2.1. Mantenimiento productivo total.....	26
4.2.2. Historia del TPM (Mantenimiento Total Productivo).	26
4.2.3. Principios fundamentales del TPM.....	26
4.2.4. Objetivos del TPM.....	27
4.2.5. Pilares TPM.	27
4.2.6. OEE (Efectividad Global de los Equipos).	30
4.2.7. Tipos de mantenimiento.....	30
4.3. Marco conceptual	32
4.3.1. Fase 1, Aseo inicial.....	34
4.3.2. Fase 2, Medidas para descubrir las causas de la suciedad, el polvo y las fallas.	34
4.3.3. Fase 3, Preparación de procedimientos de limpieza y lubricación.	34
4.3.4. Fase 4, Inspecciones generales.	35
4.3.5. Fase 5, Inspecciones autónomas.	35
4.3.6. Fase 6, Orden y Armonía en la distribución.	35
4.3.7. Fase 7, Optimización y autonomía en la actividad.	35
4.4. Marco legal.....	36
5. Marco metodológico	39
5.1. Tipo de investigación.....	39

5.1.1. Según el objetivo.	39
5.1.2. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio.....	39
5.1.3. Según el tipo de datos empleados.	39
5.2 Variables del problema.....	39
5.3. Fuentes de información	39
5.3.1. Primarias.	39
5.3.2. Secundarias.	40
5.3.3. Terciarias.....	40
5.4. Instrumentos de recolección de la información.....	40
5.5. Tamaño poblacional y muestra.....	40
6. Cronograma de actividades	41
6.1. Tabla de actividades	41
6.2. Diagrama de Gantt.....	42
7. Resultados de la investigación	43
7.1. Diagnóstico actual de la empresa frente a los pilares de la metodología TPM	43
7.2. Cálculo Eficacia Global de Equipos Productivos – (OEE)	50
7.2.1. Cálculo de la disponibilidad.....	50
7.2.2. Cálculo del rendimiento.....	50
7.2.3. Cálculo del índice de calidad.	51
7.2.4. Cálculo OEE.	52
7.3 Sistema de mantenimiento preventivo.....	52
7.3.1. Objetivo.....	52
7.3.2 Alcance.	53
7.3.3 Responsables.....	53
7.3.4 Medidas de seguridad.	53
7.3.5 Mantenimiento Preventivo.....	54
7.3.6 Procedimiento.	59
7.3.7 Procedimiento específico para la intervención de la maquinaria.....	60
7.3.8 OEE esperado.....	65
7.3.8 Mantenimiento preventivo.....	68
7.4. Metodología para mejorar el rendimiento de la maquinaria a través de algunos pilares del	

TPM.....	68
7.4.1. Implementación pilar de seguridad, higiene y ambiente.	68
MATRIZ DOFA SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE.	70
7.4.2. Implementación pilar Mantenimiento Autónomo.....	76
7.5. Metodologías para la detección del origen de las fallas de la maquinaria	95
7.5.1. Diagrama Causa-Efecto.	96
7.5.2 Análisis modal de efectos y fallos (A.M.F.E).....	97
7.5.3 Diseño de plan de mantenimiento buscando origen de fallas.	98
7.6. Evaluación financiera de implementación del proyecto.....	99
Conclusiones	103
Referencias	104

Introducción

Actualmente la industria manufacturera es una de las actividades económicas más populares en el mundo debido a que le da el valor agregado y transforma un recurso primario en un bien o servicio que satisface necesidades generales o específicas. Se ha evidenciado que, con la inclusión de las nuevas tecnologías, procedimientos e innovación en los procesos y líneas productivas, se ha generado un desarrollo y un crecimiento en su utilidad guiando al sector manufacturero a una nueva era denominada: Industria 4.0.

En la actualidad gran parte de la industria manufacturera colombiana sobre todo en las pequeñas y medianas empresas se han evidenciado un gran estancamiento en las líneas productivas debido a la baja productividad, falta de inversión en tecnología e innovación, mala ejecución de procedimientos de mejora e ineficientes procesos administrativos dentro de la organización.

La empresa resortes A&G hace parte del sector metalmecánico, sector que según la revista Fedemetal (2018): es el más productivo en Colombia, esto se ha logrado debido a la reinversión de las empresas en sus procesos productivos.

Habitualmente el mantenimiento es catalogado como el desarrollo de técnicas y procedimientos para mantener estable y en óptimas condiciones la maquinaria de la empresa para así mismo mantener los niveles productivos esperados y planeados por la empresa.

Por medio de algunos elementos basados en los pilares del TPM, se pretende llegar a un diseño de propuesta de mejora basado en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para la empresa Resortes A&G. Buscando por medio de este diseño aumentar el rendimiento de la maquinaria, eliminando los sobre costos en servicios públicos, materia prima y mano de obra, costo que podría verse reflejado en inversiones como materias primas y tecnologías para la empresa. Se busca reducir la cantidad de productos no conformes, bajos en calidad, es decir, reproceso y desperdicios, ya que por la carencia de estos elementos ha llevado a perder clientes y un alto stock tanto de unidades no conformes como de desperdicios.

1. Problema de investigación

1.1. Antecedentes del problema

La empresa Resortes A&G, desde su año de inicio en el año 1987, ha presentado un crecimiento a nivel productivo, operativo y de utilidad, de tener un operario pasó a tener 6 operarios, de producir no más de 1000 unidades por semana a superar las 2000 unidades por semana y generar utilidades anuales de más de \$900'000.000 COP. A raíz de este incremento hay otros factores que se han visto afectados por la alta demanda de producto, como lo es la maquinaria de la empresa, ya que por falta de mantenimiento han presentado fallas ocasionando incremento en la factura del servicio público de la energía, como se observa en la siguiente gráfica:

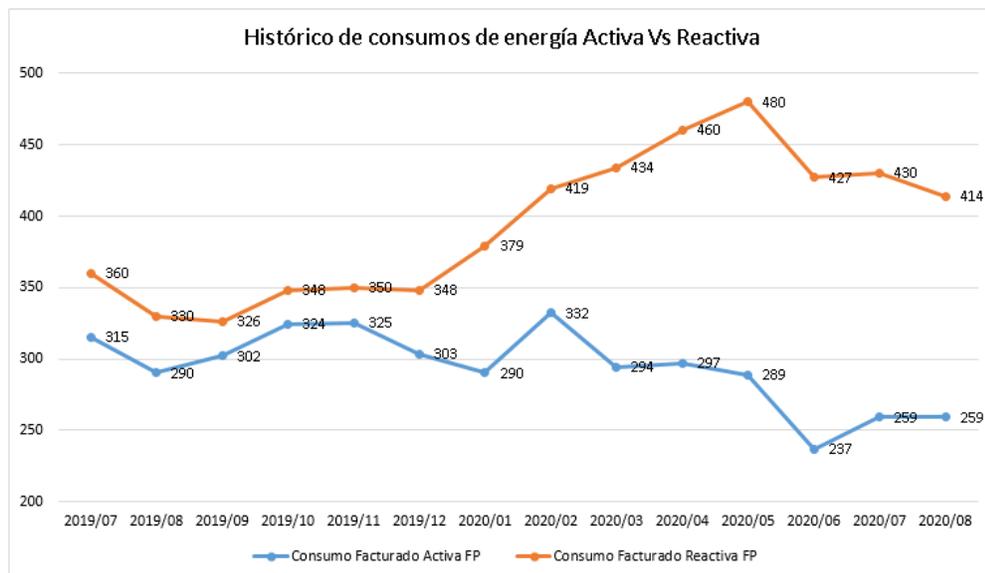


Figura 1. Histórico de consumos de energía Activa Vs Reactiva. Autoría propia (2020).

Los consumos en de energía han incrementado considerablemente con el paso del tiempo, intuyendo que se trata por las fallas en la maquinaria, como se evidencia en la gráfica 1, la energía reactiva que es la que se acciona al momento de encender las máquinas y la activa es la encargada de todo el sistema eléctrico del inmueble. Si bien sabemos que Enel Codensa sólo cobra la energía reactiva cuando supera el consumo del 50% de la energía activa, con el transcurso de los meses lo ha superado, generando costos extras en el pago de este servicio. Si

bien con la emergencia de salud que se vive a nivel mundial, las cuarentenas estrictas y demás factores han hecho que el consumo disminuya, este sigue siendo elevado.

Las fallas reportadas por los operarios también han incrementado con el transcurso de los periodos, esto es una alarma ya que la maquinaria si ha presentado bajones de producción que pueden hacer alusión a las fallas reportadas por los operarios, como se observa en la siguiente gráfica, el nivel de fallas reportadas es mayor al paso de los meses. Los operarios indican que no a raíz de esta bitácora de fallas no ven acciones correctivas ni preventivas.

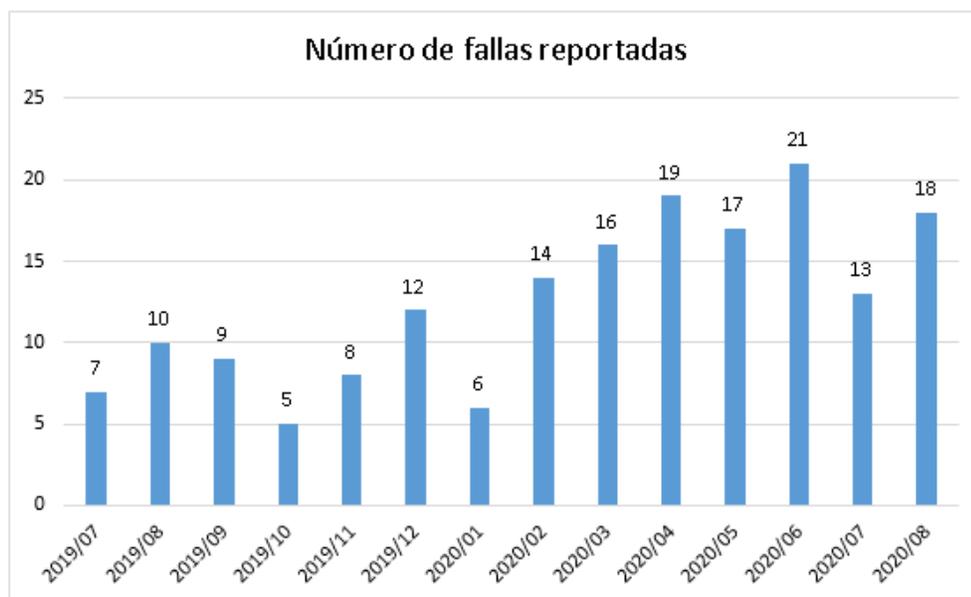


Figura 2. Número de fallas reportadas por mes. Autoría propia, (2020).

Si bien el objetivo del TPM es cero fallas y es a lo que toda industria quiere llegar, la empresa espera que el promedio de fallas reportadas sea máximo 5, pero claro está que sin acciones que corrijan o prevengan estos fallos, el número de reportes seguirá en aumento.

Por otro lado, el costo de los mantenimientos correctivos, es alto ya que se debe reparar la máquina cuando falla, más no se realiza un mantenimiento preventivo y más económico, evitando así una parada repentina y no planificada de la máquina y más prolongada.

Al indagar a los operarios y administrador, el OEE en la empresa no se conoce y nunca lo han trabajado o implementado, es decir, la empresa no tiene claro cuál es el rendimiento óptimo de su maquinaria y tampoco conoce el nivel actual de producción de la misma.

Es importante aclarar que la maquinaria a vista propia, no cuenta con mantenimientos ya que se ven sucias, con virutas, con bastante grasa regada y varios elementos de las máquinas con partes

sueltas o que al usarse realizan un sonido que no corresponde a su proceso y los operarios informan que los mantenimientos no se realizan hace mucho tiempo.

Dentro de las consecuencias que se obtiene por no realizar mantenimientos respectivos a la maquinaria, el nivel de productos no conformes que se evidencian en los procesos ha incrementado notablemente, para el año 2018 el nivel de productos no conformes no superaba el 4,8%, pero desde el año 2019 ha presentado incremento como se observa en la siguiente gráfica 3, donde vemos que los productos no conformes superan al día de hoy el 7.4% del total producido, el nivel promedio que espera la empresa no superar es del 5%:

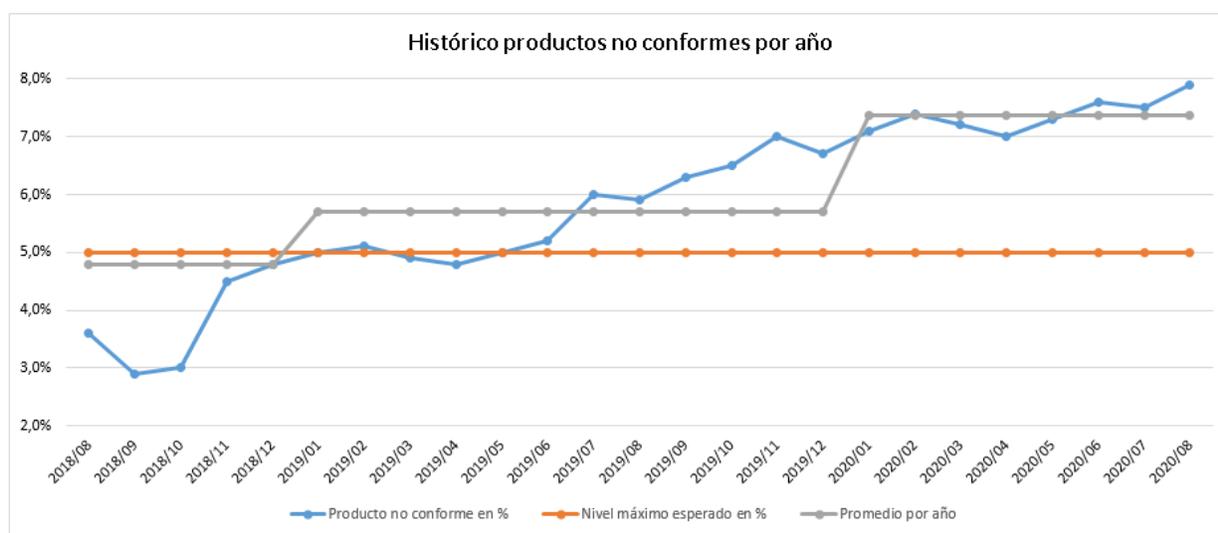


Figura 3. Históricos de productos no conformes por año. Autoría propia, (2020).

Se evidencia cuál ha sido su comportamiento, cuál es su promedio máximo esperado y cuál ha sido el promedio de los últimos tres años. Como se observa en la gráfica 3 en el año 2018 el promedio de los productos no conformes no superó el nivel máximo esperado cerrando el año en 4,8%, mientras que el año 2019 tuvo un promedio de 5,7% superando en 0,7 puntos porcentuales el nivel promedio máximo esperado. Con respecto al año 2020 es alarmante que para el mes de agosto se lleva un promedio de 7,4% en productos no conformes, es alarmante ya que esta cifra presenta una tendencia a seguir incrementando.

1.2. Descripción del problema

Resortes A&G es una empresa dedicada a la producción y venta de todo tipo de resortes, fundada en el año 1987, dentro de los cuales ha cambiado dos veces de razón social, actualmente, es una empresa conformada por 8 trabajadores entre los cuales se encuentra el

gerente general, el administrador y los operarios. Es una empresa tipo EU (empresa unipersonal; el propietario es una sola persona, dicha persona será quien reciba todas las ganancias que genere la actividad económica de la empresa; sin embargo, así como se beneficiará de las utilidades, también se responsabilizará de las pérdidas que se originen, aún a costa de su patrimonio). Se evidencia bajo rendimiento productivo en la maquinaria, esto debido a fallas, falta de mantenimientos preventivos (sólo se realizan los mantenimientos correctivos cuando ya se ha presentado la falla), mala revisión de vida útil de la maquinaria. Este conjunto de problemas ha llevado a la empresa a generar pérdidas en sus utilidades, teniendo reproceso, baja calidad, alto costo de materiales, entre otros. Razón social: Resortes A&G, teléfono: 2604713 – 2629261 - Correo: resortesayg@hotmail.com- Nit: 900281083-0.

Resortes A&G realiza 3 tipos de resortes los cuales se encuentran en las siguientes tablas donde está su respectivo tiempo de elaboración promedio por unidad y con un lote específico y con una jornada laboral de 16 horas con turnos rotativos para sus trabajadores.

Tabla 1

Cursograma analítico de Resorte lámina fleje acero 1070 especial para taladro

Cursograma analítico				
Diagrama No. 1	Resumen			
Objeto: Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Actividad: Producción	Operación	N/A	N/A	N/A
Método: Actual/Propuesto	Transporte			
Lugar: Área de producción	Espera			
Operario (s): 8 por turno	Inspección			
	Almacenamiento	N/A	N/A	
	Distancia (m)	N/A	N/A	N/A
Compuesto por: Fecha: 31/08/2020	Tiempo (min-hombre)	N/A	N/A	N/A
	Costo	N/A	N/A	N/A
	- Mano de obra			
	- Material			
	Total			
Descripción	Cantida	Tiempo	Símbolo	Observaciones

		d	(MIN)	○	□	D	⇨	▽		
Buscar el alambre	A	10	5	●						
Cortar el material a la medida (forma manual) tramo 2 mts	B	10	20	●						
Buscar la matriz para enrollar	C	10	5	●						
Enrollar, dándole el diámetro, la altura y el peso	D	10	20	●						
Se lleva a tratamiento térmico	E	10	828							
Control calidad (perdida de forma en tratamiento térmico, medición de dureza)	F	10	10							
Empacado	G	10	10							
Total		10	10	4	1	0	1	1		

Nota: Autoría propia, (2020).

Lote de este producto: 10 Unidades

$$\text{Unidades producidas en un turno} = \frac{\text{JORNADA LABORAL}}{\text{TIEMPO DE ELABORACION}} \times \text{LOTE}$$

$$\text{Unidades producidas en un turno} = \frac{960}{898} \times 10 = 10.69 \text{ Unidades} \cong 11 \text{ Unidades.}$$

Tabla 2

Cursograma analítico de Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano

Cursograma analítico				
Diagrama No. 2	Resumen			
Objeto: Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.	Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Actividad: Producción	Operación			
Método: Actual/Propuesto	Transporte	N/A	N/A	N/A
Lugar: Área de producción	Espera			
	Inspección			

Operario (s): 8 por turno	Almacenamiento						
	Distancia (m)		N/A	N/A			
	Tiempo (min-hombre)		N/A	N/A	N/A		
Compuesto por: Fecha: 31/08/2020	Costo						
	- Mano de obra						
	- Material		N/A	N/A	N/A		
Total							
Descripción	Cantida d	Tiemp o	Símbolo				Observaciones
			○	□	D	→	
Buscar la matriz	10	5	●				
Buscar el calibre del alambre	10	10	●				
Enrollado con posición	10	10	●				
Corte	10	2	●				
Se lleva al horno	10	30	●				
Enfriamiento	10	20	●				
Control de calidad	10	10	●				
Empacado	10	10	●				
Total	10	97	5	1	1	1	

Nota: Autoría propia, (2020).

Lote de este producto: 10 Unidades

$$\text{Unidades producidas en un turno} = \frac{\text{JORNADA LABORAL}}{\text{TIEMPO DE ELABORACION}} \times \text{LOTE}$$

$$\text{Unidades producidas en un turno} = \frac{960}{97} \times 10 = 98.96 \text{ Unidades} \cong 99 \text{ Unidades}$$

Tabla 3

Cursograma analítico de Resorte básico multiuso

Cursograma analítico

Diagrama No. 3		Resumen					
Objeto: Resorte básico multiuso		Actividad	Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: Producción		Operación	N/A	N/A	N/A		
Método: Actual/Propuesto		Transporte					
Lugar: Área de producción		Espera					
Operario (s): 8 por turno		Inspección					
Ficha No.1		Almacenamiento	N/A	N/A	N/A		
		Distancia (m)					
		Tiempo (min-hombre)	N/A	N/A	N/A		
Compuesto por:		Costo	N/A	N/A	N/A		
Fecha: 31/08/2020		- Mano de obra					
		- Material					
		Total					
Descripción	Cantidad	Tiempo (MIN)	Símbolo				Observaciones
			○	□	D	⇒	
Buscar matriz	15	5	●				
Buscar calibre del alambre	15	5	●				
Enrollado	15	20	●				
Corte	15	10	●				
Horneado	15	15	●				
Enfriamiento	15	8	●				
Control de Calidad	15	5				●	
Empacado	15	5				●	
Total	15	73	6	1			1

Nota: Autoría propia, (2020).

Lote: 15 unidades

$$\text{Unidades producidas en un turno} = \frac{\text{JORNADA LABORAL}}{\text{TIEMPO DE ELABORACION}} \times \text{LOTE}$$

Unidades producidas en un turno = $\frac{960}{73} \times 15 = 197.26 \text{ Unidades} \cong 198 \text{ Unidades}$.

1.3. Problemática de la empresa

Para la recolección de los datos se hizo un seguimiento desde el 2018 representados en periodos cuatrimestrales hasta el primer cuatrimestre del 2020 (antes de la pandemia).

En el siguiente esquema se pueden apreciar las causas y efectos que conllevan a dicha problemática.

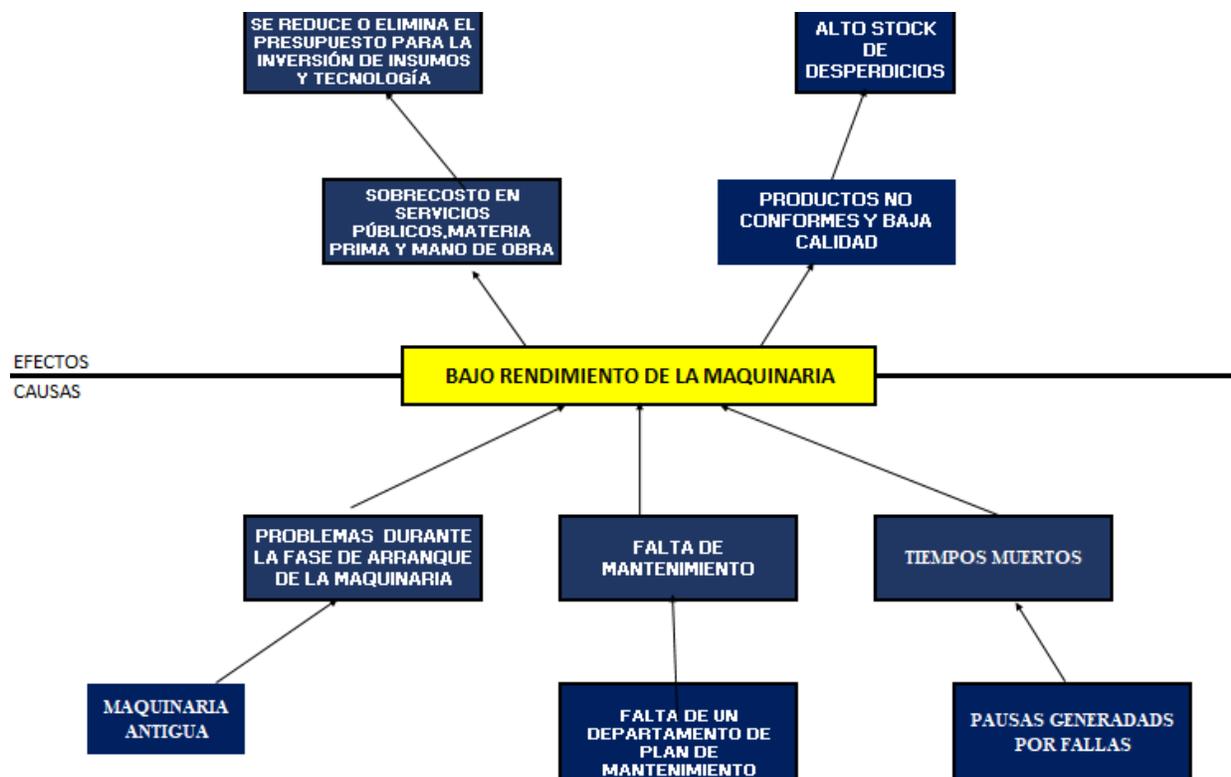


Figura 4. Árbol de problema. Autoría propia, (2020).

- Problemas durante la fase de arranque: Estos problemas están relacionados con el tiempo de arranque de la maquinaria ya que se está demorando un 26% más del tiempo inicial en el primer cuatrimestre del 2018 esto se traduce a que se requieren 12.4 minutos que se pueden evaluar como tiempo ocioso.

Tabla 4

Registro de tiempos promedio de arranque de las máquinas

Cuatrimestre	Tiempo	Diferencia	Diferencia acumulada
--------------	--------	------------	----------------------

	(min)		
2018-1	9,5		
2018-2	10,4	8,654%	8,654%
2018-3	11,2	7,143%	15,797%
2019-1	11,4	1,754%	17,551%
2019-2	11,5	0,870%	18,421%
2019-3	12,1	4,959%	23,379%
2020-1	12,4	2,419%	25,799%

Nota: Autoría propia, (2020).

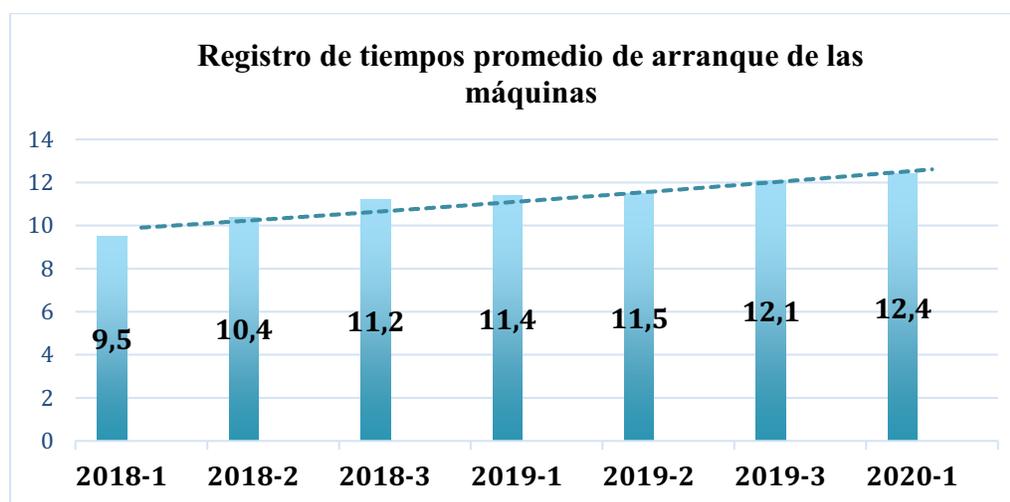


Figura 5. Registro de tiempos promedio de arranque de las máquinas. Autoría propia, (2020).

- Falta de mantenimiento de la maquinaria: Este problema va relacionado directamente a que el personal de la compañía no realiza un mantenimiento adecuado para el buen funcionamiento de la misma, en una recopilación de datos que se realizó en la compañía se informó que los mantenimientos se realizan aproximadamente cada año siendo esto perjudicial tanto para la maquinaria como para el proceso.
- Productos no conformes: La entrevista nos arroja el comportamiento de los productos por referencia en cada uno de los trimestres, donde nos arroja un aumento gradual en cada uno de los productos a lo largo del tiempo.

Tabla 5

Cantidad por referencia producida y producto no conforme

Cuatrimestre	Referencia	Unidades producidas	Producto no conforme	% Producto no conforme
2018-1	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	132	6	4,55%
	Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.	2970	89	3,00%
	Resorte básico multiuso	15444	308	1,99%
2018-2	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	176	9	5,00%
	Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano.	3960	120	3,03%
	Resorte básico multiuso	12672	253	2,00%
2018-3	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	495	26	5,25%
	Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.	3168	105	3,31%
	Resorte básico multiuso	8428	210	2,49%

2019-1	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	440	24	5,455%
	Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.	3465	121	3,492%
	Resorte básico multiuso	8820	228	2,585%
2019-2	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	418	23	5,502%
	Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.	4455	156	3,502%
	Resorte básico multiuso	7252	189	2,606%
2019-3	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	550	31	5,636%
	Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.	2772	99	3,571%
	Resorte básico multiuso	8232	218	2,648%
2020-1	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	517	30	5,803%
	Resorte especial para	4851	175	3,608%

	pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.			
	Resorte básico multiuso	4704	127	2,700%

Nota: Autoría propia, (2020).

- Se deja de invertir en materia prima y tecnologías: Debido al cubrimiento de gastos nombrados anteriormente se deja de invertir aproximadamente un 30% de las utilidades que genera la empresa anualmente.
- Pérdida de clientes y alto stock de desperdicios: Todos estos problemas generan un impacto negativo en la organización, afectando directamente la imagen de la empresa, en el último año se han perdido 2 clientes potenciales a causa de productos no conformes y demoras en la entrega de mercancías.

1.4 Pregunta de investigación

¿Cómo diseñar una propuesta de mejora para aumentar la productividad de la empresa Resortes A&G basado en algunos pilares de la filosofía de mantenimiento productivo total (TPM)?

2. Justificación

A medida que avanzan las tecnologías en las industrias, avanzan las metodologías para diferentes tipos de mejoras en distintos tipos organizacionales, en este caso, la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) nos guiará y ayudará con el diseño y propuesta mejorar el rendimiento de la maquinaria de la empresa Resortes A&G. La empresa donde se desarrollará el presente proyecto de grado es parte del sector industrial de manufactura colombiana. La justificación de la implementación de ciertos elementos de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) en las actividades de la empresa se basa en que este sistema de mejora continua que tiene entre sus objetivos mejorar la confiabilidad de los equipos mediante el apoyo de todos los trabajadores, en la actualidad la maquinaria ha disminuido su rendimiento de una manera considerable afectando directamente lo relacionado con el producto, con el proceso y con sus costos. Es por esto que es de vital importancia que no solo esta empresa, sino que, todas las organizaciones a nivel industrial adapten nuevas y exitosas metodologías referente al mantenimiento industrial con el fin de ayudar a dichas organizaciones a la solución de problemas industriales.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora en el área productiva para la empresa Resortes A&G mediante algunos pilares basados en la metodología del TPM.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico actual de la empresa frente a los pilares de la metodología TPM.
- Establecer el OEE actual y los indicadores respecto a la maquinaria en cuanto a pérdidas de calidad, eficiencia y disponibilidad.
- Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo para la maquinaria, aplicando el pilar de mantenimiento planificado de la metodología TPM.
- Determinar la metodología a utilizar para mejorar el rendimiento de la maquinaria a través de algunos pilares del TPM.
- Establecer metodologías para detectar el origen de las fallas de la maquinaria que se maneja actualmente.
- Evaluar financieramente la posibilidad de implementación del proyecto.

4. Marco de referencia

4.1. Antecedentes de la investigación

La siguiente tabla nos muestra los antecedentes investigativos del tema principal que se está desarrollando a lo largo de este proyecto.

Tabla 6

Antecedentes investigativos tesis TPM

Fecha	Objetivos	Autor	Título	Resultados
2009	La aplicación del TPM en una organización busca tres grandes objetivos a saber: estratégicos, operativos y organizativos, que contemplan todos los beneficios que se pueden obtener en la aplicación de este sistema	Ernesto Andrés López Arias.	“El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación”	La implementación de la herramienta de las 5S puede ser utilizada para romper con los viejos procedimientos existentes e implementar una cultura nueva de incluir el mantenimiento de orden, limpieza, organización y disciplina como un factor importante.
2013	La implantación efectiva y gradual de un sistema de mejora continúa bajo la filosofía del TPM en la planta elaboradora y comercializadora de bebidas gaseosas.	Cesar Augusto Tuarez Medrand	Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y Comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de guayaquil Por medio de la aplicación del	Se redujo la cantidad de tareas de mantenimiento correctivo no planificado que empezó con 25 actividades en el mes de enero y al mes de junio se redujo a 13, esto gracias al uso de las tarjetas de identificación de averías que colocaban con criterio técnico los operadores y hacían más

			TPM(mantenimiento productivo Total)	fácil al departamento de mantenimiento observar los potenciales daños y dar una solución que evitara la detención de equipos en el proceso normal de producción.
--	--	--	-------------------------------------	--

2005	El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear totalmente la capacidad industrial instalada.	Jorge Enrique Silva Burga	Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de aceros Arequipa	El equipo sometido a TPM será elevado a su desempeño óptimo, corrigiendo cualquier anomalía encontrada. También será adaptado con modificaciones principalmente sugeridas por el operador y supervisores de producción, analizadas y aprobadas por el equipo de trabajo en conjunto.
------	---	---------------------------	---	--

2013	Estructurar los pilares básicos del TPM dentro de la metodología SPS de Siemens Manufacturing fábrica de motores y ventiladores para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos de la sección de inyección de aluminio.	Diego Alejandro Sánchez Pérez - July Andrea Lozada Arias	Estructuración del mantenimiento productivo total (TPM) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fábrica de motores y ventiladores siemens s.a.	Después de realizar el lanzamiento del proyecto se observa la gran importancia del apoyo incondicional por parte de la alta dirección y la motivación generada en el personal operativo los cuales son bases fundamentales en proyectos de mejoramiento.
2009	La aplicación del TPM en una organización busca tres grandes objetivos a saber: estratégicos, operativos y organizativos, que contemplan todos los beneficios que se pueden obtener en la aplicación de este sistema.	Ernesto Andrés López Arias.	“El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación”	Vale la pena aclarar que TPM es Management, es gestión administrativa, no es solo una herramienta de Ingeniería para mejorar los sistemas de mantenimiento en una empresa, porque la base para que sea exitosa la implementación del TPM en cualquier organización es el factor humano ya que de este depende el éxito o fracaso del proceso.

Nota: Autoría propia, (2020).

4.2. Marco teórico

4.2.1 Mantenimiento productivo total.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una filosofía cuyo propósito se basa en eliminar las pérdidas de producción teniendo en cuenta el estado de la maquinaria que se está utilizando en el proceso para así tener dicha maquinaria en óptimas condiciones y que estas a su vez tengan la disponibilidad total a nivel de producción. Según (García, 2012) este concepto se implementa gracias a la necesidad de poder relacionar el mantenimiento con el sector de productividad para mejorar la producción y la disponibilidad total de las máquinas. Por otra parte el instituto JIMP (Japan Institute of Plant Maintenance) nos define el T.P.M como un sistema estratégico que permita lograr: Cero accidentes, Cero defectos, Cero averías, Cero pérdidas.

4.2.2. Historia del TPM (Mantenimiento total productivo).

Según (García, 2012) el TPM surgió en Japón gracias a los esfuerzos del JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas) por crear un sistema cuyo objetivo es eliminar las llamadas “seis grandes pérdidas” de los equipos o maquinaria, esto con el fin de facilitar la implantación de la forma de trabajo “Just in Time” o “justo a tiempo”. Después de la segunda guerra mundial, la mayoría de las industrias japonesas llegaron a la conclusión de que si realmente querían competir de una manera exitosa a nivel mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos. Esto dio inicio a la incorporación de nuevas técnicas de gestión y fabricación que se utilizaron en ese entonces en las industrias de los Estados Unidos y fueron adaptadas a los procesos productivos que se manejaban en ese entonces. Posteriormente, gracias a las técnicas implantadas los productos llegaron a conocerse en el mundo y se caracterizan por su calidad y las técnicas japonesas de gestión. Finalmente el mantenimiento preventivo se dio a conocer en los años 50 y por otra parte el mantenimiento productivo tuvo su pico de implementación en los años 60.

4.2.3. Principios fundamentales del TPM.

García (2012) da a conocer 5 principios fundamentales que debe tener el TPM, estos principios son:

- Todo el personal debe participar en las actividades de mantenimiento, desde los cargos administrativos hasta los encargados del área de producción.
- Es necesario adaptar una cultura organizacional que esté orientada al alcance de la eficiencia en su máximo nivel en términos del sistema de producción y gestión de los equipos productivos.

- El sistema de gestión de las plantas productivas es fundamental para facilitar la eliminación del 100% de las pérdidas antes de que se estas se generen.
- Las actividades deben ser integradas y divididas en grupos de trabajo y a su vez deben ser apoyadas en el soporte que denominado mantenimiento autónomo.
- Aplicar sistemas de mantenimiento preventivo cuyo fin sea alcanzar el objetivo de cero pérdidas, esto se logra a través de la gestión de todos los aspectos que hacen parte de la producción (diseño, desarrollo, ventas y dirección.).

4.2.4. Objetivos del TPM.

Según un autor desconocido (s.n, 2013) El proceso del TPM ayuda a construir y fortalecer capacidades competitivas desde los procesos de la empresa, esto se logra mediante la contribución de la efectividad de los sistemas productivos, la capacidad de respuesta y la reducción de costos operativos.

El TPM tiene como propósito que los equipos funciones de una manera óptima, es decir, sin fallas ni averías, así como también el eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear la verdadera capacidad industrial instalada. Cuando todo esto se logra, los tiempos de operación mejoran, los costos pueden llegar a reducirse de una manera significativa, se puede tener un inventario que sea capaz de suplir las necesidades de los clientes, y por ende la productividad de la organización se incrementa.

4.2.5. Pilares TPM.

Según Villa, (2013) Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM como "pilares". Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son:

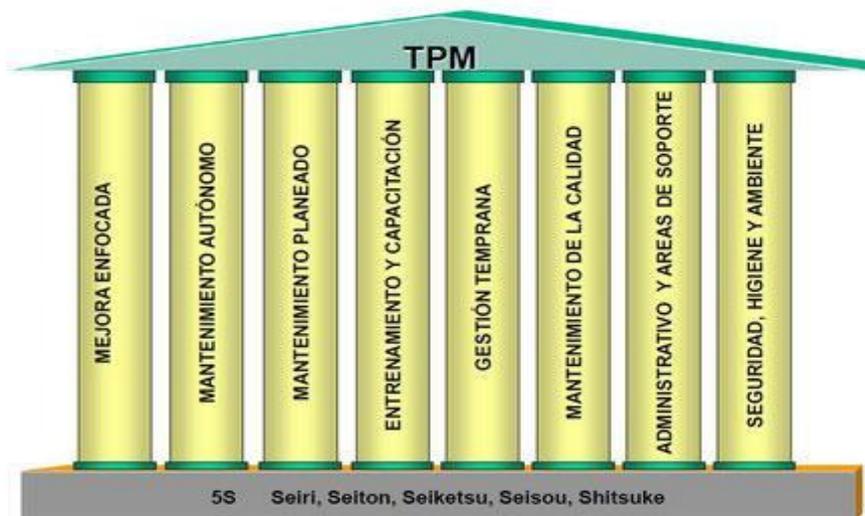


Figura 6. Pilares TPM. Sysom, (2019).

4.2.5.1. Mejoras enfocadas o kobetsu kaizen. Según Villa, (2013) Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo con el objetivo de maximizar la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado y en conjunto en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales

4.2.5.2. Mantenimiento autónomo o jishu hozen. Según Villa, (2013) Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipo a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden. El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

4.2.5.3. Mantenimiento planificado o progresivo. Según Villa, (2013), El objetivo del mantenimiento planificado es eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejora, prevención y predicción, con estas acciones se busca mitigar y disminuir que la maquinaria tienda a fallar. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

4.2.5.4 Entrenamiento y capacitación de los empleados. Este pilar se basa en generar un buen plan de acción para todo evento de falla que se presente con la meta de que no se genere un inconveniente en el sector productivo. Además, se usa con el fin de que el operario conozca la máquina y tenga el conocimiento para adoptar medidas de mantenimiento.

4.2.5.5. Control inicial o gestión temprana. El objetivo de este pilar es reducir el desgaste de las máquinas con el fin de que al realizar el mantenimiento para mejorar sus costos y mejorar su proceso productivo.

4.2.5.6. Mantenimiento de calidad o hinshitsu hozen. Esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto. Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo, pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final. El mantenimiento de calidad es una variación mantenimiento preventivo orientado hacia el cuidado de las condiciones del producto resultante.

4.2.5.7. TPM en los departamentos de apoyo. Se refiere a eliminar pérdidas en los procesos administrativos, aumentando el nivel de eficiencia de las máquinas.

4.2.5.8. Seguridad, Higiene y medio ambiente. Finalmente, este pilar se basa en realizar un sistema en cual su función principal sea que permita garantizar un excelente ambiente laboral en donde no se generen ningún tipo de accidentes y ningún tipo de contaminación generando un aumento en la productividad, disminuyendo riesgos tanto para la maquinaria como para los operarios.

4.2.6. OEE (Efectividad Global de los Equipos).

Touron, (2016) explica que el indicador OEE permite medir la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave en el enfoque de mejora continua. Sus siglas hacen referencia al término en inglés “Overall Equipment Effectiveness” o en español “Efectividad Global de Equipos”. Esta herramienta parte de la necesidad de poder cuantificar la productividad y eficiencia de los procesos y equipos productivos. El OEE es capaz de indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo o equipo. Esto es un factor clave, para poder identificar las posibles ineficiencias que se originan durante el proceso de fabricación de un producto.

La correcta implementación de un sistema OEE permite un enfoque hacia la mejora del rendimiento de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto, minimizando reprocesos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso (Touron, 2016).

4.2.7. Tipos de mantenimiento.

(Mora, 2007) Existen 4 tipos de mantenimiento los cuales son:

- 1) Mantenimiento Correctivo.
- 2) Mantenimiento Modificativo.
- 3) Mantenimiento Preventivo.
- 4) Mantenimiento Predictivo.

Las acciones de mantenimiento pueden ser clasificadas como antes o después de ocurrida la falla, algunos autores como (Navarro, 2010) plantean que el mantenimiento predictivo hace parte de un tipo de acción más global la cual es el mantenimiento preventivo, otros como Rey hablan de solo dos tipos Mantenimiento Correctivo y Preventivo, y algunos como Mora, Kelly, Silva y otras hablan de los cuatro tipos de mantenimiento mencionados anteriormente (Moubray, 2004).

4.2.7.1. Mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo se basa en corregir las averías a medida que se van produciendo. Lo más normal es que quien reporta las averías es el propio usuario de los equipos.

El principal problema que se encuentra al aplicar este tipo de mantenimiento, es que el usuario se da cuenta de la avería o falla justo en el momento en que va a disponer del equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización (Navarro Elola, y otros, 1997).

Las tareas de mantenimiento correctivo son llevadas a cabo con el fin de devolver la función de la pieza o máquina en su etapa inicial, tras haber perdido su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren (Knezevic, 1996).

4.2.7.2. Mantenimiento modificativo. Las acciones de modificación aplicada a los equipos ya sea para eliminar la causa raíz de la falla, para acoplar una nueva máquina dependiendo de las necesidades del proceso propio, o bien sea modificaciones para extender la vida útil del equipo, son agrupadas a acciones de mantenimiento modificativo (ESReDa, 2001).

Las acciones de mantenimiento modificativo se aplican normalmente cuando luego de reiteradas intervenciones correctivas, no se puede corregir la causa raíz del fallo completamente, y se repite periódicamente luego de cierto tiempo de operación; esto se realiza después de un análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Para ejecutar esto, el departamento de ingeniería debería prestar la colaboración pertinente, pero generalmente es responsabilidad del departamento de mantenimiento (Kelly, y otros, 1998).

4.2.7.3. Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo es la práctica de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos, con el objetivo de conocer las condiciones o estados anormales de esos elementos, que puedan llevar a paros en la línea de producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y siempre ejecutar el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para retardar la aparición de tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo. (Patton, 1995).

4.2.7.4. Mantenimiento Predictivo. El mantenimiento predictivo se aplica con el objetivo de conocer y monitorear el estado de los equipos más indispensables de la compañía, con el fin de saber su estado actual de funcionamiento, analizando el cambio de sus variables.

Al conocer que tipo de variables afectan un sistema, parametrizar y monitorear su comportamiento, da la información necesaria para predecir su funcionamiento en el tiempo y su

condición actual, sin tener que intervenir o hacer paros en el equipo para realizar inspecciones preventivas.

Algunas ventajas del mantenimiento predictivo son: reducción del tiempo de parada al conocerse exactamente qué órgano es el que falla, seguimiento a la evolución de un defecto en el tiempo, optimización a la gestión del personal de mantenimiento, verificación de la condición de estado y monitoreo en tiempo real de la maquinaria, tanto la que se realiza en forma periódica como la que se hace de carácter eventual, Ejecución de un registro de información histórica vital, a la hora de toma de decisiones técnicas en los equipos, definición de los límites de tendencia relativos a los tiempos de falla o de aparición de condiciones no estándares, etc. (Mora, 2009).

4.3. Marco conceptual

El TPM es una metodología del mantenimiento industrial en el cual su principal objetivo es disminuir o eliminar las pérdidas por parte del área productiva de una industria, esto se puede presentar por el mal estado de las máquinas, es decir, mantener las máquinas en su nivel óptimo para fabricar productos con los estándares de calidad permitidos y exigidos, buscando eliminar tiempos muertos no programados. Esto se enfoca a: 0 averías, 0 tiempos muertos, 0 defectos atribuidos a un mal estado de la maquinaria.

Se asimila entonces perfectamente el nombre: mantenimiento productivo total, o también mantenimiento que se enfoca una productividad máxima o total. El mantenimiento ha estado relegado como una parte ajena y/o externa al proceso productivo. El TPM nació como una necesidad de unir el área de mantenimiento y el área operativa para optimizar la productividad y disponibilidad. En una industria en la que el TPM se ha diseñado y aplicado, este hace que toda la organización trabaje en el mantenimiento y en la mejora de la maquinaria. Se basa en cinco principios fundamentales:

Intervención de todo el personal de la empresa, desde los cargos administrativos y gerenciales hasta el personal operativo y auxiliar, ya que al incluir a todos y cada uno de ellos se logra el éxito del objetivo.

Implementación de una cultura corporativa enfocada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema productivo y de gestión de los equipos y maquinarias.

Implementación de un sistema de mejora de las plantas operativas alcanzando disminuir considerablemente o eliminar las pérdidas antes de su proceso productivo.

Implementación del mantenimiento preventivo como medio oportuno para lograr el objetivo de cero pérdidas mediante tácticas integradas en pequeños grupos de trabajo y ayudando en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

Aplicación de los sistemas de gestión de todos los procesos operativos, incluyendo diseño y su desarrollo, ventas y dirección.

Desde la metodología del TPM se describe que una máquina cuando entra en parada para efectuar un cambio, una máquina con falla, una máquina que no trabaja al nivel óptimo de su capacidad al 100% o que genera productos no conformes, está en una situación inestable que produce pérdidas a la compañía. La máquina debe considerarse no apta en todos esos casos, y deben tomarse los planes de acción correspondientes para prevenirlos en el futuro. TPM reconoce seis tipos de pérdidas que reducen la efectividad por intervenir con la producción:

1. Fallas en partes de la maquinaria, que generan pérdidas de tiempo inoportunas.
2. Puesta a punto y ajustes de la maquinaria (o tiempos muertos) que generan pérdidas en tiempo al iniciar un nuevo proceso u otra etapa de la misma. Por ejemplo, al inicio de turno, al cambiar de área de trabajo, al cambiar una matriz, o al hacer un ajuste.
3. Procesos inconformes, tiempos en espera y paradas cortas (fallos menores) durante su proceso normal que generan pérdidas en tiempo, ya sea por problemas en los instrumentos requeridos, pequeñas obstrucciones, etc.
4. Velocidad de producción reducida (la máquina no funciona a su capacidad óptima), que genera pérdidas operacionales al no presentarse la velocidad de diseño del proceso.
5. Defectos operacionales, que generan pérdidas productivas al tener que reinventar partes del mismo, realizar reprocesos en productos defectuosos o ajustar actividades no completas.
6. Pérdidas en tiempo propias de la puesta en arranque de un nuevo proceso, marcha en vacío, período de prueba, etc.

El análisis minucioso de cada una de estas raíces de baja producción encontramos hallazgos, lo requerido para eliminarlas y los medios para implementar estas necesarias. Es fundamental que el análisis sea realizado en conjunto por el personal operativo y el de mantenimiento, porque los problemas que ocasionan el nivel bajo de productividad son de varios tipos y los que deben ser solucionados en forma conjunta para que tengan éxito. (Garrido, s. f)

Desde un análisis práctico, diseñar TPM en una industria significa que el mantenimiento está integrado de forma óptima en la producción. Así, se determinan procesos de mantenimiento que se han transferido al personal operativo, que ya no siente la maquinaria como algo que reparan y atienden otros, sino como algo propio que tienen que cuidar y ajustar: el operario siente el equipo como propio.

La relación del operador en tareas de mantenimiento logra que este comprenda mejor la máquina e instalaciones que maneja, sus características y capacidades, su nivel de criticidad; ayuda al trabajo en general, y facilita compartir análisis y aprendizajes; y con todo esto, se mejora la motivación del individual.

El Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) generó una metodología de siete pasos cuya finalidad es obtener el cambio de actitud indispensable para el éxito del programa. Los pasos para desarrollarlos, son los siguientes:

4.3.1. Fase 1, Aseo inicial.

En este proceso se busca asear la máquina de todo lo que pueda afectarla, con la finalidad de dejar todos sus elementos en perfecto estado visible. Además de esto se genera un programa de lubricación, se ajustan sus elementos y se genera una puesta a punto de la maquinaria (se reparan todos los defectos conocidos).

4.3.2. Fase 2, Medidas para descubrir las causas de la suciedad, el polvo y las fallas.

Luego de limpiar la maquinaria es importante que no vuelva a presentarse este estado y presentarse la misma situación. Se busca las formas de evidenciar las causas de la suciedad, el polvo y el funcionamiento no conforme (como escapes de aceite) se mejora la vía a los lugares difíciles de limpiar y lubricar, se busca optimizar el tiempo que se emplea para estas dos actividades básicas (limpiar y lubricar).

4.3.3. Fase 3, Preparación de procedimientos de limpieza y lubricación.

En esta fase entran nuevamente las dos funciones de mantenimiento de primer nivel asignadas al personal operativo: Se crean en esta fase procesos estándar con el fin de que las actividades de limpieza, lubricación y ajustes menores de los componentes se puedan hacer en tiempos mínimos.

4.3.4. Fase 4, Inspecciones generales.

Luego que el personal se apropie de la limpieza, la lubricación y los ajustes menores, se forma a los operarios para que estos logren inspeccionar y chequear la máquina en busca de fallos menores y fallos nuevos, buscando así una solución.

4.3.5. Fase 5, Inspecciones autónomas.

En este paso se alistan las gamas de mantenimiento autónomo, o mantenimiento operativo. Se generan las listas de chequeo de la maquinaria, esto realizado por los operarios, y se ponen en marcha. Es en esta fase se produce la correcta implementación del mantenimiento preventivo periódico ejecutado por los operarios.

4.3.6. Fase 6, Orden y Armonía en la distribución.

La estandarización de procesos es una de los fuertes de la Gestión de la Calidad Total (Total Quality Management, TQM), que es la metodología que inspira tanto el TPM como el JIT. Se busca crear procedimientos y estándares para la limpieza, la inspección, la lubricación, el mantenimiento de registros en los que se efectúan todas las actividades de mantenimiento y producción, la gestión de la herramienta y del repuesto.

4.3.7. Fase 7, Optimización y autonomía en la actividad.

La última fase tiene como finalidad desarrollar una cultura hacia la mejora continua en toda la organización: se registra el tiempo entre fallas, se analiza y propone alguna solución. Esto promovido y liderado por el propio equipo operativo.

El tiempo estimado para completar el programa efectúa de 2 a 3 años, y suele desarrollarse de la siguiente manera:

1. Desde la administración se da a conocer a toda la empresa su decisión de poner en práctica el TPM. El pico del programa depende del enfoque que ponga la administración en su anuncio a todo el personal.
2. Se realiza una campaña masiva de información y formación a todos los niveles de la empresa de tal manera que todos los trabajadores entiendan claramente los conceptos de TPM. Se utilizan todos los medios como retroalimentaciones, posters, diario, etc., de tal forma que se cree un entorno favorable al inicio del programa.
3. Se generan organizaciones para promover TPM, como ser unos comités administrativos, comités departamentales y grupos de tarea para analizar cada aspecto.

4. Se procesan y generan las políticas básicas y los objetivos que se fijarán al programa TPM. Con este proceso se realiza una encuesta a todas las operaciones de la organización a fin de medir la efectividad real de la máquina y conocer la situación actual con relación a las “6 Grandes Pérdidas”. Como conclusión se fijan objetivos y se establece un programa para cumplirlos.
5. Se diseña un plan maestro de desarrollo de TPM que se traduce en un programa de todas las actividades y etapas.
6. Una vez finalizada la etapa anterior se da la “partida única” al programa TPM con una actividad inicial con participación del personal de la empresa.
7. Se procede con el análisis y mejora de la efectividad de cada una de la maquinaria de la empresa. Se establece un sistema de información para registrar y analizar sus datos de confiabilidad y estabilidad.
8. Se enfoca el sistema y se generan grupos autónomos de mantenimiento que inician sus actividades justo después de la “partida oficial”. En este momento el área de mantenimiento debe aumentar su trabajo en alto grado debido a los requerimientos generados por los grupos desde las áreas productivas.
9. Se implementa un sistema de mantenimiento planificado en el departamento de mantenimiento.
10. Se inicia la formación a operarios a fin de mejorar su conocimiento y su habilidad.
11. Se diseña el sistema de mejora de la maquinaria de la planta que logre llevar a la práctica las ideas de cambio en el diseño para mejorar la confiabilidad y mantenibilidad.
12. Se consolida por último la implantación total de TPM y se obtiene un alto nivel de efectividad del equipo. Con este objetivo se deben crear estímulos a los logros internos del programa TPM en los diversos departamentos de la empresa. Garrido, S. G. (s. f.-a).

4.4. Marco legal

(GarzónLópez&Martínez Ospina, 2018) Dentro del marco legal recopilado en esta propuesta se ha detectado que existen diferentes normativas que forjan en las compañías un entorno competitivo, encaminado al servicio al cliente y a la calidad. Se es necesario entender y conocer que:

- No existe una ley colombiana que mantenga un régimen industrial que controle o regule el mantenimiento de los activos en las compañías.
- Existen mecanismos normativos que permiten a las compañías crear un plan de mantenimiento, para manejar un estándar de calidad y servicio al cliente que posicione a la compañía dentro del sector acreditado del país.

La siguiente tabla, recopila la normativa pertinente para el desarrollo de la investigación.

Tabla 7

Marco legal.

Marco Legal			
Nombre	Objetivo	Conceptos principales	Descripción
Norma GTC 62 (1999)	Esta norma basada en el funcionamiento y calidad del mantenimiento, mantiene sus principios básicos enfocándose en la terminología que se utiliza en esta área de plantas industriales y empresas de servicio	Los términos más relevantes se centran en aquellos que describen la ejecución de actividades o manejo de documentos referentes al mantenimiento, tales como el manual administrativo de este, procedimientos técnicos a tener en cuenta en el mantenimiento de equipos, la clasificación y los tipos.	Tipos de mantenimiento relevantes: * Automático *Con parada *Correctivo *De emergencia *Diferido *En operación *No local *No programado *Predictivo *Preventivo

Ley 55 de 1993	Presenta aspectos específicos en cuanto a la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.	El artículo 2do de esta ley, presenta la observación de lo que representa el uso de productos químicos en cualquier actividad en la cual se expone a un trabajador y/o un equipo al usar elementos y compuestos químicos y sus mezclas.	La actividad laboral que implica la exposición de productos químicos, comprende: *Producción de productos químicos, *Almacenamiento y transporte *Eliminación y tratamiento * El mantenimiento, la reparación y la limpieza de equipo y recipientes utilizados para los productos químicos.
Resolución número 000675 del 24 de abril de 2020	Por medio de la cual se adopta el protocolo de bioseguridad para el manejo y control del riesgo del Coronavirus COVID-19 en la Industria Manufacturera.	Esta resolución nos presenta los diferentes protocolos de bioseguridad que se deben adoptar para así, evitar la propagación y transmisión de la pandemia por la cual está atravesando el mundo, en este caso a nivel de la industria manufacturera.	Tipos de medidas *Medidas locativas *Mantenimiento y desinfección *Herramientas de trabajo y elementos de dotación *Elementos de protección personal *Manipulación de insumos y productos

Nota: Autoría propia, (2020).

5. Marco metodológico

5.1. Tipo de investigación

5.1.1. Según el objetivo.

El tipo de investigación más acorde con la problemática y lo que se pretende buscar para dar solución es la aplicada, ya que se centra en la obtención de mecanismos o estrategias que lleven a lograr un objetivo, en este caso la optimización de la maquinaria y el equipo usado para lo que se conoce como TPM (Mantenimiento Total Productivo), es acorde porque el ámbito de aplicación es específico.

5.1.2. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio.

Para el desarrollo de este trabajo, la investigación se basa en una investigación exploratoria y explicativa, ya que por un lado en el ámbito exploratorio se busca analizar aspectos que no se han analizado en profundidad como el funcionamiento de la maquinaria, por otro lado es una investigación explicativa ya que se hace con el fin de determinar las causas y consecuencias de todos los problemas que se presentan en el campo del mantenimiento.

5.1.3. Según el tipo de datos empleados.

La investigación se clasifica en una investigación cuantitativa ya que consiste en el estudio y análisis de las fallas de la maquinaria en todo el proceso que se lleva a cabo, esto se realizará a través de diferentes procedimientos basados en la medición. Por lo general, se hace uso de procesos estadísticos y herramientas de calidad, lo que permite un mayor nivel de control de la situación problema dentro de la empresa.

5.2 Variables del problema

Las variables de investigación planteadas en esta investigación se basan en aspectos medibles y que puedan ser manipulados, relacionados con el tema de indicadores de mantenimiento ya que esto facilitará la identificación de fallos en la maquinaria.

5.3. Fuentes de información

5.3.1. Primarias.

Datos históricos de la maquinaria de la empresa, años trabajados, mantenimientos realizados, fallas presentadas. Todo estos datos nos los proporciona la empresa Resortes A&G, para poder realizar su respectivo análisis y diseño de pilar de TPM. Las características que poseen estos datos es que son datos numéricos que nos van a permitir evaluar la efectividad y realizar una

comparación para tomar decisiones y evaluar posibles resultados a partir de la simulación de estos eventos.

5.3.2. Secundarias.

Como secundarias se encuentran las fuentes de información de cómo se puede diseñar una propuesta para implementar un pilar del TPM para la empresa Resortes A&G. Esta fuente de información nos va a servir de guía para la elaboración del TPM ya que son fuentes más específicas en las cuales nos vamos a enfocar para desarrollar el proyecto.

5.3.3. Terciarias.

Como terciarias se encuentran las fuentes de anexos de lo que necesita el pilar o pilares en específico que se desea diseñar para implementar. Esta fuente tiene como característica envolver la información en un marco más general basándose en autores que nos permitan entender todo lo relacionado.

5.4. Instrumentos de recolección de la información

La recolección de los datos necesarios para desarrollar el diseño de la propuesta será mediante encuestas e información suministrada por el gerente general, el administrador y por último los empleados de la empresa Resortes A&G, quienes viven día a día la operación. Las preguntas de la encuesta están relacionadas con el área operativa. A partir de dichos datos, se van a analizar datos importantes relacionados con la cantidad de productos fabricados mes a mes, como se ve afectada la maquinaria bajo presión, posibles averías que sean notables en temporada alta de producción lo cual afecta los procesos productivos de la empresa, ocasionando grandes incidentes como pérdida de la materia prima, pérdida del repuesto de la máquina y/o reproceso durante la fabricación del producto.

5.5. Tamaño poblacional y muestra

Para este caso el tamaño de la muestra va a ser el personal de la empresa en primera instancia ya que hacia ellos está dirigido el proyecto.

6. Cronograma de actividades

A continuación se realiza el paso a paso de las actividades a realizar para el diseño del proyecto:

1. Análisis: En esta etapa del proyecto se procederá a evaluar los datos que se van a recopilar para poder aplicar la filosofía del TPM y sus respectivos pilares
2. Recopilación de los datos: En esta etapa el equipo de trabajo procederá a ir a las instalaciones de la empresa A&G para recopilar los datos que se consideren necesarios para la evaluación del proyecto
3. Verificación de la información: El equipo de trabajo realizará la verificación de la información con el respectivo tutor para evaluar si concuerda o no con lo que se quiere diseñar.
4. Aplicación de la información: Con base a la información obtenida y verificada se procederá a aplicarla para formar evidencias que garantice la viabilidad del proyecto.
5. Diseñar el TPM: En esta etapa se diseñará todo el TPM basándonos en la información obtenida.
6. Concluir: En esta etapa se va a evidenciar criterios que permitan evaluar la efectividad y viabilidad del proyecto.

6.1. Tabla de actividades

Tabla 8

Cronograma de actividades.

No. de actividad	Inicio	Duración en días	Final
1. Análisis	01/08/2020	8	09/08/2020
2. Recopilación de los datos	10/08/2020	20	30/08/2020
3. Verificación de los datos	01/09/2020	12	13/09/2020
4. Aplicación de la información	14/09/2020	18	01/10/2020
5. Diseñar TPM	02/10/2020	15	17/10/2020
6. Conclusiones	18/10/2020	20	08/11/2020

Nota: Autoría propia, (2020).

6.2. Diagrama de Gantt

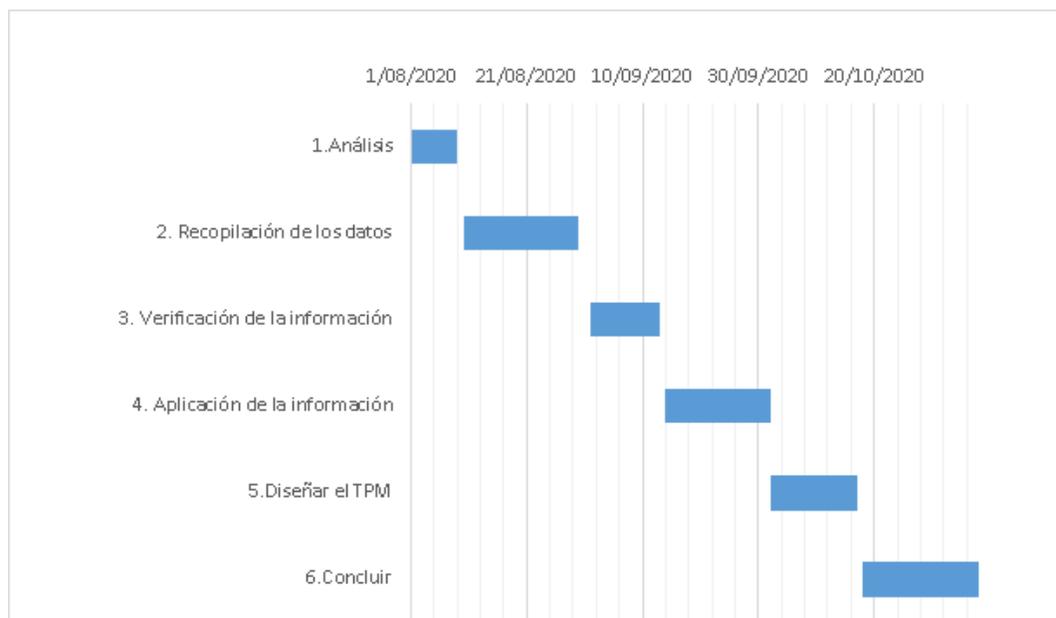


Figura 7. Diagrama de Gantt del cronograma de actividades. Autoría propia, (2020).

7. Resultados de la investigación

En esta fase del desarrollo de la investigación, se van a tomar como referencia los objetivos específicos, la siguiente tabla nos muestra el diagnóstico de la empresa en comparación con los requerimientos encontrados en el TPM.

7.1. Diagnóstico actual de la empresa frente a los pilares de la metodología TPM

Tabla 9.

Diagnóstico de la empresa frente a los pilares del TPM.

Pilar	Requerimientos	Diagnóstico
Mejoras enfocadas	<p>Este pilar se basa en actividades que involucran o intervienen las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo que tienen por objetivo maximizar el OEE empleando métodos específicos para eliminar o disminuir los desperdicios que se generan en las plantas industriales.</p> <p>Las mejoras enfocadas tienen como propósito:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminar las causas de las pérdidas 2. Involucrar al personal productivo en acciones de mejora personal y colectiva 3. Mejorar la eficiencia del componente humano 4. Aumentar el entendimiento del proceso productivo mediante el análisis y la solución de problemas de este mismo. 	<p>La empresa A&G frente a lo que describe este pilar se encuentra en una posición desfavorable ya que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A pesar de que se tienen identificadas las causas de las pérdidas, no se toman acciones para eliminarlas ya que no hay un plan de mantenimiento ni un área específica de mantenimiento que intervenga a realizar este tipo de acciones 2. No se involucra el área operativa a cargo del proceso productivo en las actividades de mantenimiento de la maquinaria y no tienen conocimiento de básico sobre los cuidados básicos de la máquina que tienen a cargo 3. No se realiza un seguimiento constante del proceso productivo ni de su comportamiento, por lo que no se realizan análisis de fallas que pueda presentar el proceso productivo sino hasta que la

		<p>maquinaria requiere de un mantenimiento correctivo, lo que causa una falta de información frente a los problemas que se pueden llegar a presentar.</p>
<p>Mantenimiento autónomo</p>	<p>Este es uno de los pilares más reconocidos del TPM, ya que, por medio de este se logra tener una relación directa entre el conocimiento y contacto que los operarios tienen con la maquinaria para mantenerlas en condiciones óptimas, es decir, dominar las condiciones de la maquinaria con relación a mecanismos, operatividad cuidados y conservación, manejo, entre otros.</p> <p>Lo que se busca con este pilar es que los operarios por iniciativa propia cuiden, mantengan y usen la maquinaria con el fin tenerla en buen estado y funcionamiento, por ello se debe tener presente la disciplina de las 5's. Lo ideal es que el operario realice esta labor por iniciativa propia y amor a la empresa. Se idealiza este proceso bajo siete pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza inicial. 2. Eliminación de fuentes de 	<p>La empresa Resortes A&G con relación a lo que describe este pilar, se encuentra en un atraso notorio ya que los operarios a pesar de llevar varios años en la empresa, aún no conocen bien la maquinaria, sólo conocen cómo trabaja y ya. Este desconocimiento nos lleva a evidenciar a simple vista la falta de mantenimiento autónomo, puesto que, no se tienen un proceso pre, durante y post del uso de la maquinaria que ayude a su desempeño óptimo relación máquina-operario. Se busca con este proceso mejorar la efectividad de la maquinaria con la participación de los operarios, mejorar las habilidades y capacidades de los operarios para mantener altos los niveles de eficiencia productiva y así mismo que los operarios se sientan en mejores condiciones de trabajo, haciendo uso de la maquinaria que ellos mismos alistan</p>

	<p>contaminación.</p> <p>3. Estándares de limpieza y lubricación.</p> <p>4. Inspección general.</p> <p>5. Inspección automática.</p> <p>6. Organización y ordenamiento.</p> <p>7. Implementación total.</p>	y mantienen en buenas condiciones.
Mantenimiento planificado	<p>El principal objetivo de este pilar es eliminar los diferentes problemas que se puedan presentar en las máquinas mediante ciertas acciones como lo es la prevención del daño de las mismas, esto se logra a través del personal encargado del proceso productivo o del manejo de la máquina, es fundamental que el operario mantenga el equipo en buenas condiciones, él mismo será el encargado de diagnosticar las diferentes fallas que presente la máquina y en que parte se está presentando dicha falla, es muy importante que la persona conozca detalladamente el equipo para que así optimice tiempos de reparación y no genere paradas innecesarias a causa del desconocimiento. Por último otro aspecto de gran importancia es el programar los mantenimientos de una manera anticipada para que así no sea</p>	<p>La empresa Resortes A&G se encuentra en una posición desfavorable en cuanto a este pilar, en conversaciones con el gerente, nos manifiesta que, en ocasiones los empleados no se apropian de sus funciones, es decir, no tienen presente la importancia de mantener el equipo en óptimas condiciones y esto se puede apreciar en la figura 1, donde nos muestra el consumo excesivo de energía por el mal funcionamiento de las mismas. Otra falencia que se encuentra en la compañía es que no poseen un manual de mantenimientos en el que se pueda apreciar las fechas de los mantenimientos que se han realizado, esto afecta directamente el proceso productivo de una manera negativa ya que si la maquinaria no funciona de una manera adecuada pueden presentarse problemas de calidad de los productos y</p>

	necesario reparar un daño que puede que lleve más tiempo y por lo tanto genere más costos, ya que es mejor prevenir un daño que repararlo.	sobrecostos de energía como se ha evidenciado a lo largo del proyecto.
Entrenamiento y capacitación	Para dar cumplimiento a este pilar es necesario que el personal posea o haya desarrollado habilidades para identificar y detectar los problemas que se puedan presentar en los equipos, así como también conocer de una manera detallada el funcionamiento del equipo, conocer el producto y brindar una constante capacitación a los nuevos empleados.	Resortes A&G, en este pilar se encuentra en una posición aceptable, ya que como empresa ofrecen cada cierto periodo de tiempo una capacitación a sus empleados para el funcionamiento del proceso, el problema radica en la falta de apropiación del cargo por parte de los empleados ya que en varias ocasiones por temas de desinterés, falta de costumbre o sencillamente negligencia de los mismos, no le prestan la debida atención a dichas capacitaciones para así evitar problemas futuros.
Gestión temprana	Este pilar se basa en actividades de mejora que se deben realizar durante la fase de diseño y construcción de la maquinaria que se va a utilizar en el proceso con el fin de reducir costos a raíz de las fallas que puedan presentar, para lograr este objetivo lo esencial es llevar un registro de fallas que puedan presentar los equipos, esto con el fin de prevenir dichas fallas en un futuro.	En cuanto a este pilar, la compañía se encuentra en una posición aceptable ya que Resortes A&G si lleva un reporte de fallas el cual se evidencio en la figura 2, la desventaja que encontramos en la compañía frente a este pilar es que las fallas que se presentan son constantes y como empresa no se preocupan por anticiparse a dichas fallas, si no por el contrario dejan que pase para así solucionarlo.

Mantenimiento de la calidad	Este pilar tiene como objetivo mejorar la calidad de los productos mediante el control de los componentes de la maquinaria, aunque se pueden presentar averías que no generen paradas en el equipo, si afectan directamente la calidad del producto, el pilar de mantenimiento de la calidad es similar al pilar del mantenimiento preventivo a diferencia que este pilar, está orientado a las condiciones del producto terminado.	Resortes A&G, al día de hoy y en su mayoría tiene la misma maquinaria con la cual inicio en el año 1987, gracias a su crecimiento a través de los años han logrado adquirir uno que otro equipo, pero los principales equipos que se utilizan a lo largo del proceso productivo, tienen un tiempo considerable, esto aparte de que no se le realizan los mantenimientos necesarios para el buen funcionamiento generan pérdidas de calidad como se evidencio en la tabla 5, la cual en el último Cuatrimestre, nos arrojó un aproximado total del 12% de productos no conformes en las 3 referencias que se están manejando, esto coloca en desventaja a la organización ya que pueden perder clientes a causa de sus productos defectuosos.
Administrativo y áreas soporte	Este pilar no involucra al equipo de la compañía, pero si a los departamentos que conforman el área de producción, departamentos como, planificación, desarrollo y administración ya que estos departamentos facilitan el funcionamiento del proceso productivo de una manera eficiente,	Este pilar es uno de los que se puede fortalecer rápidamente en la organización ya que gracias al número de empleados que conforman la empresa resulta sencillo establecer responsabilidades en todas sus áreas, Resortes A&G tiene claro su funcionamiento y objetivos a nivel administrativo,

	el objetivo de este pilar se basa en eliminar pérdidas en los procesos administrativos, aumentando el nivel de eficiencia de las máquinas.	pero si falta un poco más de compromiso por parte de sus empleados al apropiarse de sus funciones.
Seguridad, higiene y ambiente	Este pilar se utiliza para evaluar y disminuir los riesgos que se encuentran en las instalaciones para garantizar la seguridad de sus operarios. Adicionalmente, identifica las acciones que se deben tomar frente algún riesgo al que este expuesto el personal. El principal objetivo de este pilar es lograr "cero accidentes".	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualmente por la situación de la pandemia la empresa cuenta con todos los protocolos de bioseguridad establecidos por la Alcaldía. 2. Los elementos de protección para los operarios son los adecuados para garantizar la seguridad y el bienestar 3. La empresa no cuenta con señalizaciones debidas para los diferentes riesgos que hay en la compañía a pesar de que en primera instancia se logran notar a simple vista, no hay una señalización que realice una advertencia sobre estos riesgos.

Nota: Autoría propia, (2020).

En la siguiente tabla se muestra la ponderación de la empresa Resortes A&G frente a cada uno de los pilares del TPM, donde se le da una ponderación desde 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto).

Tabla 10

Ponderación de la empresa frente a los pilares del TPM.

Ponderación de la empresa frente a los pilares del TPM	
Pilares	Ponderación
Mejora enfocada	3
Mantenimiento Autónomo	2
Mantenimiento Planeado	2
Entrenamiento y capacitación	3
Gestión Temprana	3
Mantenimiento de la calidad	3
Administrativo y áreas de soporte	4
Seguridad, higiene y ambiente	4
Promedio general	3

Nota: Autoría propia, (2020).

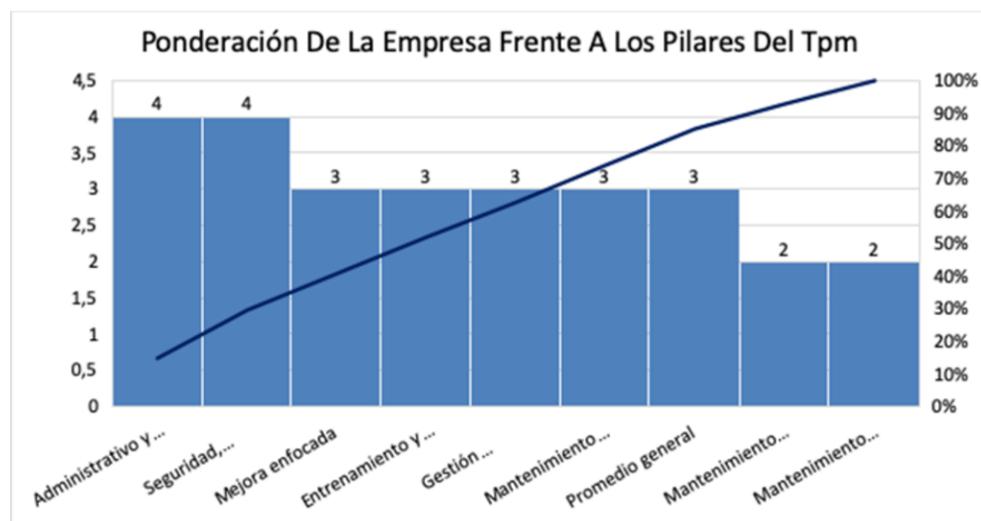


Figura 8. Ponderación De La Empresa Frente A Los Pilares Del Tpm. Autoría propia, (2020).

Como se puede observar en la figura 8, los pilares de mantenimiento autónomo o planeado, no se están realizando y se evidencia en la maquinaria, estos tienen una calificación o nota muy

baja para lo que se esperaría en estos dos pilares. Estos dos mantenimientos con puntajes tan bajos, se dice en teoría que son los pilares más importantes del TPM, por este motivo se tiene una diferencia entre pilares y se sufre con los demás pilares, ya que no se están trabajando de forma óptima.

7.2. Cálculo Eficacia Global de Equipos Productivos – (OEE)

7.2.1. Cálculo de la disponibilidad.

Para calcular la disponibilidad de las máquinas se tomó como base una jornada laboral de 16 horas, adicionalmente como se menciona anteriormente las máquinas tienen un fallo durante la fase de arranque representadas en la Tabla 4 en el cuatrimestre 2020-1, donde el tiempo promedio de arranque es de 12.4 min.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TP - TX}{TP}$$

TP = Tiempo real programado

TX = Tiempo perdido

TP: 16 horas diarias

TX: 12.4 minutos diarios - 0,206 horas diarias

$$\text{Disponibilidad} = \frac{16 \text{ HORAS} - 0,206 \text{ HORAS}}{16 \text{ HORAS}} = 98,7\%$$

7.2.2. Cálculo del rendimiento.

Para el cálculo del rendimiento, la capacidad productiva se realiza con el promedio de los tres tipos de referencia que fabrica la empresa Resortes A&G, estos datos se evidencian anteriormente en la descripción de cada uno en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3.

Promedio de unidades teóricas en un turno

$$\text{Promedio} = \frac{\text{Unidades producidas Tipo 1} + \text{Unidades producidas Tipo 2} + \text{Unidades producidas Tipo 3}}{\text{Numero de referencias/turno}}$$

$$\text{Promedio} = \frac{11 \text{ Unidades} + 99 \text{ Unidades} + 198 \text{ unidades}}{3} = 102,6 \text{ unidades por turno}$$

La producción real para este caso se toma de la Tabla 5 cuatrimestre 2020-1 donde se refleja la producción real para este periodo de tiempo.

$$\text{Unidades producidas} = 517 \text{ Tipo 1} + 4851 \text{ Tipo 2} + 4704 \text{ Tipo 3} = 10072 \text{ Unidades}$$

Por cuatrimestre

$$\text{Unidades producidas por mes} = \frac{10072}{4} = 2518 \text{ Unidades/Mes}$$

$$\text{Unidades producidas por día} = \frac{2518}{30} = 83,93 \text{ Unidades/Día}$$

$$\text{Unidades producidas por turno} = 83,93 \frac{\text{und}}{\text{día}} \times \frac{16 \text{ horas}}{24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 55,953 \frac{\text{Unidades}}{\text{turno}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{55,953}{102,6} = 54,53\%$$

7.2.3. Cálculo del índice de calidad.

Para el cálculo del índice de calidad se tomaron como valores el producto no conforme de la Tabla 5 para determinar cuántas unidades defectuosas en promedio salen en un turno, tomando en base el cuatrimestre 2020-1.

$$\text{Producto No Conforme} = 30 \text{ tipo 1} + 175 \text{ tipo 2} + 127 \text{ tipo 3}$$

$$\text{Producto No Conforme} = 332 \text{ PNC/Cuatrimestre}$$

$$\text{Producto No Conforme} = \frac{332}{4} = 83 \text{ PNC/Mes}$$

$$\text{Producto No conforme} = \frac{83}{30} = 2,76 \text{ PNC/Día}$$

$$\text{Producto no Conforme} = 2,76 \text{ PNC/día} \times \left(\frac{16 \text{ Horas/turno}}{24 \text{ Horas/día}} \right) = 1,84 \text{ PNC/Turno}$$

$$IC: \frac{PN-Rx}{PN}$$

PN: Cantidad producida: (Aprobado + Rechazada + Retenida)

Rx: Cantidad con defecto: (Rechazada + Retenida)

$$Calidad = \frac{55,953 \text{ UNIDADES} - 1,84 \text{ UNIDADES}}{55,953 \text{ UNIDADES}} = 96,71\%$$

7.2.4. Cálculo OEE.

$$OEE = 98,7\% \times 54,53\% \times 96,71\% = 52,05\%$$

Resortes A&G se encuentra en un nivel “Inaceptable” con respecto a la clasificación del OEE, lo que puede representar pérdidas económicas y una competitividad baja.

7.3 Sistema de mantenimiento preventivo

7.3.1. Objetivo.

El objetivo es establecer metodologías responsables que ayuden o mejoren la eficiencia de la maquinaria en el proceso productivo, ya sea para identificar fallas, disminuir el índice de producto no conforme, reducir los tiempos de arranque y así mismo evitar pérdidas económicas y aumentar la competitividad de la empresa.

7.3.1.1 Resultados esperados.

- Se espera que con esta propuesta se disminuyan los tiempos de arranque en un 30%, así mismo que la producción aumente en un 25% y el índice de calidad aumente en un 15%.
- Se espera llevar un control y un seguimiento de las fallas que pueda tener la maquinaria para programar y realizar de manera adecuada los mantenimientos correctivos y así disminuir y/o evitar paros innecesarios en la producción.

7.3.1.2 Pilares del TPM. Los pilares del TPM son muy importantes para esta propuesta de diseño de un sistema de mantenimiento preventivo ya que se ve reflejado una mayor participación de algunos de estos.

- **Mantenimiento Autónomo:** Con base a este pilar y sus objetivos se realiza un cambio significativo ya que se integra el trabajo del operario con actividades de mantenimiento tales como reportar fallas y realizar procedimientos básicos como lubricación, limpieza etc.

- **Mantenimiento Planificado:** Este pilar se ve involucrado en esta propuesta ya que el operario participa con el fin de mantener el equipo en buenas condiciones y de diagnosticar y reportar las fallas que presente la máquina.
- **Entrenamiento y Capacitación:** Los operarios se ven altamente implicados a este pilar ya que se realizan jornadas de entrenamiento y capacitación para conocer las fallas comunes que se deben reportar y las acciones preventivas que se deben realizar.
- **Mantenimiento de la calidad:** Este pilar está altamente relacionado a los resultados esperados que se quieren lograr ya que uno de ellos es disminuir ese indicador de producto no conforme.
- **Administrativo y áreas de soporte:** Con esta propuesta el pilar se tiene un nivel de participación mayor ya que el área administrativa se encarga de tomar acciones de coordinación de los mantenimientos correctivos.
- **Seguridad, higiene y ambiente:** Aunque la empresa actualmente se encuentra bien con base a la ponderación que se le dio a este pilar, los procedimientos de control y seguimiento son más fáciles de realizar y evaluar.

7.3.2 Alcance.

Este sistema de mantenimiento preventivo se aplica a la maquinaria de la empresa Resortes A&G.

7.3.3 Responsables.

Para este sistema toda el área de producción es la encargada de diligenciar los formatos que se diseñaron, los operarios de producción tienen una capacitación básica para realizar los procedimientos de identificación de posibles fallas.

En cuanto a la toma de decisiones una vez identificados los posibles fallos el área gerencial es la encargada de tomar las acciones necesarias para corregir las fallas reportadas.

7.3.4 Medidas de seguridad.

Para realizar la intervención del mantenimiento preventivo los operarios deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Dada la situación de emergencia sanitaria (COVID-19) que se encuentra el país y los diferentes protocolos de bioseguridad que deben cumplir las empresas para ejercer su actividad económica, el uso de tapabocas es obligatorio durante la realización del mantenimiento preventivo y durante la jornada laboral.

- El uso de los elementos de protección personal como lo son guantes, gafas, uniforme y botas son de carácter obligatorio durante la realización de dicho procedimiento con el fin de evitar posibles riesgos y accidentes.

A continuación, la Tabla 11 muestra el formato de control de uso de los elementos de seguridad establecidos para este procedimiento:

Tabla 11

Formato de cumplimiento de uso de elementos de protección.

FORMATO DE CUMPLIMIENTO DE USO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN				
ACTIVIDAD: Mantenimiento Preventivo				
Elementos de protección	Cumple	No Cumple	Fecha:	
Tapabocas			Máquina:	
Guantes			Observaciones:	
Uniforme				
Botas				
Gafas				
Realizado por:				
Cargo:				
Auditado por:				
Nota: Al firmar este documento acepta que la empresa le brindo los elementos de protección personal para realizar la actividad en curso y asimismo que tiene conocimiento del correcto uso de estos.				
Firma: _____				

Nota: Autoría Propia, (2020).

7.3.5 Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se realiza con el fin de tener control en las fallas y deficiencias que pueden presentar las máquinas a causa de diferentes tipos de desgaste.

Para programar el mantenimiento preventivo se debe tener en cuenta el cronograma describiendo las actividades a realizar en la Tabla 12.

Se tiene como base del formato manejar trimestralmente el mantenimiento preventivo con el fin de que los operarios tengan claro las semanas en que este se debe hacer.

Tabla 12

Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES		REGISTRO DE MANTENIMIENTO											
Máquina	Verificación	FECHA DE EJECUCION 2020 MES / SEMANA											
		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
Semana		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Torno	Limpiar la viruta después de cada proceso de mecanizado												
	Revisar que no existan objetos externos encima de la bancada que puedan entorpecer el recorrido del carro principal												
	Limpiar y engrasar adecuadamente los engranajes de la caja de velocidades para proteger contra el desgaste.												
Enrolladora rápida	Limpiar el cojinete corredizo y lubricar ligeramente con aceite todas las superficies de deslizamiento												

	los orificios de ventilación de la herramienta.									
	Asegurarse que la velocidad indicada en el accesorio sea la misma que la indicada en las características de la herramienta.									
Horno industrial	Verificar las lámparas del horno, si es necesario cambiarlas									
	Limpiar el tanque de combustible, para librarlo de sedimento									
	Revisión de las válvulas del tanque del combustible									
Torqueladora	Verificar la tensión de cadenas barra de pinzas									
	Lubricación mediante bombeo de sistema manual.									
	Lubricar guías de sección de desgajado									

Nota: Autoría Propia, (2020).

También se diseña un modelo de control de fallas para que los operarios puedan reportarlas cuando tengan certeza de lo ocurrido en la maquinaria y con el fin de llevar un seguimiento de

las fallas que pueda presentar el equipo para tomar acciones de manera rápida y eficaz, este modelo se puede apreciar en la Tabla 13:

Tabla 13

Registro de fallas de la maquinaria.

REGISTRO DE FALLAS DE LA MAQUINARIA									
HISTORICO DE FALLAS NO:					JEFE ENCARGADO:				
Fecha de reporte:	Nombre del operario:	Firma	Máquina						Descripción de la falla
			TORNO	ENROLLADORA	TALADRO	ESMERIL	HORNO	TROQUELADORA	
Revisado Por:					Cargo:				
Observaciones: Marque con X la máquina que presenta fallas									

Nota: Autoría Propia, (2020).

7.3.6 Procedimiento.

Este punto en específico describe las actividades a realizar por parte de los operarios y los tiempos estimados (son tiempos sugeridos para realizar las actividades establecidas) para realizar el Plan de mantenimiento productivo, este procedimiento se describe paso a paso en la Tabla 14.

Tabla 14

Cursograma Analítico. Mantenimiento Preventivo

Cursograma analítico							
Diagrama Num: 1	Hoja Núm 1 de 1	Resumen					
Objeto: Mantenimiento Preventivo		Actividad	Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: Mantenimiento		Operación	N/A	N/A	N/A		
Método: Actual/Propuesto		Transporte					
Lugar: AREA DE PRODUCCION		Espera					
Operario (s): 1 (UN OPERARIO) POR TURNO		Inspección	N/A	N/A	N/A		
Ficha núm: 1		Almacenamiento					
		Distancia (m)					
		Tiempo (min-hombre)	N/A	N/A	N/A		
Compuesto por:		Costo	N/A	N/A	N/A		
Fecha:		- Mano de obra					
		- Material					
		Total					
Descripción	Cantidad	Tiempo estimado (min)	Símbolo				Observaciones
			○	□	D	⇒	
Postura de los elementos de protección	1	5	●				
Diligenciar formato de uso de elementos de protección	1	5	●				
El jefe encargado debe inspeccionar el uso de los elementos de protección	1	10	●				
Realizar el mantenimiento preventivo por parte del operario encargado	1	60	●				
Diligenciar los formatos establecidos	1	15	●				

de mantenimiento y reporte de fallas								
El jefe encargado debe inspeccionar las fallas presentadas por la maquinaria	1	5						
Reportar las fallas al area administrativa	1	10						
Toma de decisiones frente a las fallas presentadas	1	20						
Total	1	130	5	2	1			

Nota: Autoría propia, (2020).

La duración de este tipo de actividades está representada gráficamente por un diagrama de Gantt como se aprecia en la figura 9:

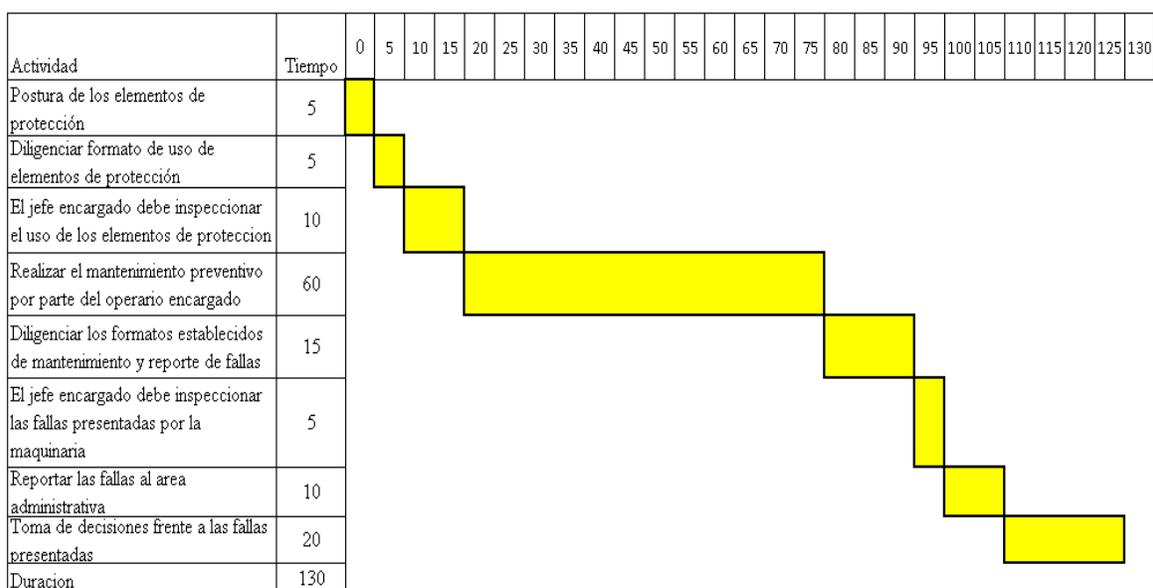


Figura 9. Diagrama de Gantt. Duración del Plan de Mantenimiento preventivo. Autoría propia (2020).

7.3.7 Procedimiento específico para la intervención de la maquinaria.

Con el fin de garantizar que el mantenimiento sea un éxito, se diseña un modelo específico donde se muestra el procedimiento a realizar por parte de los operarios de una manera detallada en donde se muestran las herramientas, lubricantes y metodologías para intervenir la maquinaria, cabe resaltar que el uso de los elementos de protección son obligatorios durante la intervención de la maquinaria, estos anteriormente se pueden apreciar en la Tabla 11.

A continuación la Tabla 15 muestra la manera detallada en la que el operario debe intervenir el torno de la empresa Resortes A&G:

Tabla 15

Procedimiento del mantenimiento del torno.

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO GENERAL DEL TORNO		
FECHA:		
OPERARIO:		
INTERVENCION NO:		
HERRAMIENTAS	Para la realización del mantenimiento general es necesario disponer de los siguientes implementos: *Cepillo con cerdax de nylon para la limpieza *Absorbentes industriales (Almohadillas) o estopa * Varsol * Aceitera *Contenedores para los desperdicios *Herramientas bristol o thor	
LUBRICANTES	*Grasa de litio (Engranajes) *Mobil SHC 634 (Deposto de aceite) *Mobil SHC 625 (Lubricante General)	
PROCEDIMIENTO	PASO A PASO	PARTES DE LA MAQUINA
Limpiar la viruta después de cada proceso de mecanizado	1. Verificar que el cabezal no se encuentre obstruido por residuos 2. Retirar los residuos que obstruyen el paso con el cepillo de nylon 3. Almacenar los residuos en los contenedores	
Revisar que no existan objetos externos encima de la bancada que puedan entorpecer el recorrido del carro principal	1. Retirar residuos revisando que no haya obstrucciones entre la bancada y el carro principal 2. Revisar si no tiene golpes retirando los residuos de aceites o lubricantes con varsol y almohadillas 3. Si tiene abolladuras reportar al área encargada para evitar posibles desgastes	
Limpiar y engrasar adecuadamente los engranajes de la caja de velocidades para proteger contra el desgaste.	1. Retirar la tapa del depósito de aceite y verificar el nivel del aceite 2. Suministrar el aceite hasta alcanzar el nivel correspondiente 3. Destapar la caja de velocidades con herramientas thor 4. Revisar los dientes de los engranajes que se encuentren en perfecto estado 5. Engrasar los engranajes	

Nota: Autoría propia (2020).

7.3.7.8 Indicadores MTBF y MTTR.

MTTR: Es el tiempo promedio que demora una reparación

$$MTTR = \frac{TIEMPO\ TOTAL\ DE\ REPARACIONES}{NUMERO\ DE\ REPARACIONES}$$

Para medir este indicador es necesario saber cuánto se demora un operario en realizar todas las reparaciones del plan de mantenimiento preventivo, como base se toma como ejemplo el torno y sus actividades descritas en la Tabla 15. A continuación la Tabla 16 muestra el tiempo total de las reparaciones.

Tabla 16

Tiempos estimados de Mantenimiento.

TIEMPOS ESTIMADOS DE MANTENIMIENTO	
MAQUINA: TORNO	
ACTIVIDAD	DURACIÓN
Limpiar la viruta después de cada proceso de mecanizado	35 min
Revisar que no existan objetos externos encima de la bancada que puedan entorpecer el recorrido del carro principal	40 min
Limpiar y engrasar adecuadamente los engranajes de la caja de velocidades para proteger contra el desgaste.	60 min
Tiempo total de reparaciones	135 min

Nota: Autoría propia (2020).

Como dato esencial para calcular el MTTR es el número de reparaciones que se le realizan a la maquinaria para esto se toma como base los datos presentados en la Tabla 11 donde presenta el cronograma de reparaciones preventivas que se realizan mensualmente especificando cada una de las máquinas.

Para el último trimestre del año se espera 3 reparaciones preventivas para la maquina torno.

Entonces el MTTR en el mes es:

$$\text{Tiempo total de reparaciones} = 135 \text{ min} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 2.25 \text{ Horas}$$

$$\text{MTTR} = \frac{2.25}{3} = 0.75 \text{ Horas}$$

MTBF: (Tiempo entre fallas) Es el tiempo promedio de funcionamiento que tiene un equipo antes de fallar.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN}}{\# \text{ DE FALLAS}}$$

Para calcular el MTBF es necesario conocer el tiempo de producción basado en la jornada laboral de 16 horas y con la Figura 2 donde se realiza el seguimiento de las fallas presentadas en el periodo 2019-07 hasta 2020-08

Entonces el MTBF para 2019-07 es:

$$\text{TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN} = \text{JORNADA LABORAL} * 30 \text{ DIAS}$$

$$\text{TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN} = 16 \text{ HORAS} * 30 \text{ DIAS} * \frac{24 \text{ HORAS}}{1 \text{ DIA}} = 11520$$

El número de fallas reportadas por la empresa fue de 7 para este mes, entonces:

$$\text{MTBF} = \frac{11520}{7} = 1645.7$$

A continuación, la Tabla 17 representa el MTBF de todos los meses:

Tabla 17

Calculo del MTBF mensual

CALCULO DEL MTTR MENSUAL			
MES	TIEMPO TOTAL DE PRODUCCION	NUMERO DE FALLAS	MTBF (Horas)
2019-07	11520	7	1645,71
2019-08	11520	10	1152,00
2019-09	11520	9	1280,00
2019-10	11520	5	2304,00
2019-11	11520	8	1440,00
2019-12	11520	12	960,00
2020-01	11520	6	1920,00
2020-02	11520	14	822,86
2020-03	11520	16	720,00

2020-04	11520	19	606,32
2020-05	11520	17	677,65
2020-06	11520	21	548,57
2020-07	11520	13	886,15
2020-08	11520	18	640,00

Nota: Autoría propia (2020).

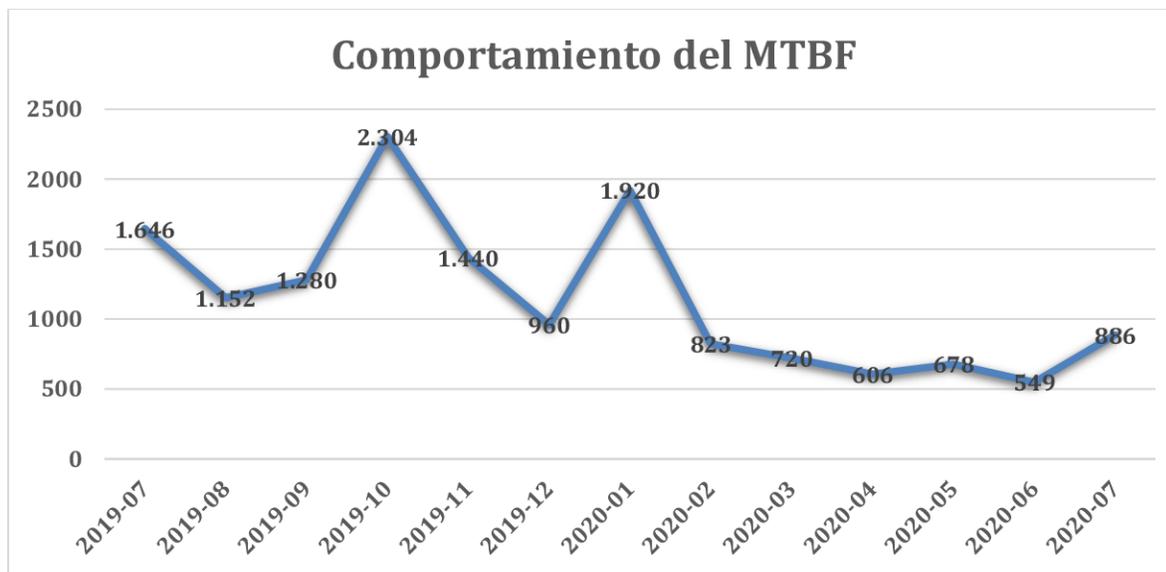


Figura 10. Comportamiento del MTBF. Autoría propia, (2020).

Con respecto al indicador MTBF se ve claramente que para la empresa de Resortes A&G a la fecha del 2020-07 los tiempos entre fallas han venido disminuyendo lo que significa que las fallas se vuelven más recurrentes en un menor tiempo, con el diseño de este plan de mantenimiento preventivo se quiere llegar a que este tiempo aumente y que la maquina no presente fallas en lapsos de tiempo tan cortos.

7.3.8 OEE esperado.

Al desarrollar el plan de mantenimiento preventivo, se espera un aumento en los indicadores del OEE según se plantearon en los resultados esperados anteriormente.

7.3.8.1. Cálculo de la disponibilidad. Para calcular la disponibilidad de las máquinas se toma como base una jornada laboral de 16 horas, adicionalmente como se menciona anteriormente las máquinas tienen un fallo durante la fase de arranque representadas en la Tabla 4 en el cuatrimestre 2020-1, donde el tiempo promedio de arranque es de 12.4 min. Adicionalmente al realizar las acciones del sistema de mantenimiento preventivo los tiempos de arranque disminuyen un 20%.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TP - TX}{TP}$$

$TP =$ Tiempo real programado

$TX =$ Tiempo perdido

$TP:$ 16 horas diarias

$TX =$ 12.4 minutos diarios - 0,206 horas diarias

$TX = 0,206 - 20\% = 0,203$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{16 \text{ HORAS} - 0,203 \text{ HORAS}}{16 \text{ HORAS}} = 98,7\%$$

7.3.7.2. Cálculo del rendimiento. Para el cálculo del rendimiento, la capacidad productiva se realiza con el promedio de los tres tipos de referencia que fabrica la empresa Resortes A&G, estos datos se evidencian anteriormente en la descripción de cada uno en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3.

Promedio de unidades teóricas en un turno

$$\text{Promedio} = \frac{\text{Unidades producidas Tipo 1} + \text{Unidades producidas Tipo 2} + \text{Unidades producidas Tipo 3}}{\text{Numero de referencias/turno}}$$

$$\text{Promedio} = \frac{11 \text{ Unidades} + 99 \text{ Unidades} + 198 \text{ unidades}}{3} = 102,6 \text{ unidades por turno}$$

La producción real para este caso se toma de la Tabla 5 cuatrimestre 2020-1 donde se refleja la producción real para este periodo de tiempo. Adicionalmente por las acciones aplicadas bajo el plan de mantenimiento preventivo se aumentó un 30% la producción real

Unidades producidas = 517 Tipo 1 + 4851 Tipo 2 + 4704 Tipo 3 = 10072 Unidades
Por cuatrimestre

$$\text{Unidades producidas por mes} = \frac{10072}{4} = 2518 \text{ Unidades/Mes}$$

$$\text{Unidades producidas por día} = \frac{2518}{30} = 83,93 \text{ Unidades/Día}$$

$$\text{Unidades producidas por turno} = \frac{83,93 \text{ Und}}{\text{día}} \times \frac{16 \frac{\text{horas}}{\text{turno}}}{24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 55,953 \frac{\text{Unidades}}{\text{turno}}$$

Unidades producidas en un turno después de aplicar el sistema de mantenimiento preventivo = 55,953 + 30% = 72,73

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{72,73}{102,6} = 70,89\%$$

7.3.7.3. Cálculo del índice de calidad. Para el cálculo del índice de calidad se tomaron como valores el producto no conforme de la Tabla 5 para determinar cuántas unidades defectuosas en promedio salen en un turno, tomando en base el cuatrimestre 2020-1. Adicionalmente al aplicar las medidas del sistema de mantenimiento preventivo el índice de producto no conforme disminuye un 15%.

$$\text{Producto No Conforme} = 30 \text{ tipo 1} + 175 \text{ tipo 2} + 127 \text{ tipo 3}$$

$$\text{Producto No Conforme} = 332 \text{ PNC/Cuatrimstre}$$

$$\text{Producto No Conforme} = \frac{332}{4} = 83 \text{ PNC/Mes}$$

$$\text{Producto No conforme} = \frac{83}{30} = 2,76 \text{ PNC/Día}$$

$$\text{Producto no Conforme} = 2,76 \frac{\text{PNC}}{\text{día}} \times \left(\frac{16 \frac{\text{Horas}}{\text{turno}}}{24 \frac{\text{Horas}}{\text{día}}} \right) = 1,84 \text{ PNC/Turno}$$

Producto no Conforme después de

aplicar el Sistema de mantenimiento= 1,84 – 15% = 1,564

preventivo

$$IC: \frac{PN-Rx}{PN}$$

PN: Cantidad producida: (Aprobado + Rechazada + Retenida)

Rx: Cantidad con defecto: (Rechazada + Retenida)

$$Calidad = \frac{70,89 \text{ UNIDADES} - 1,564 \text{ UNIDADES}}{70,89 \text{ UNIDADES}} = 97,79\%$$

7.3.7.4. Cálculo OEE.

$$OEE = 98,7\% \times 70,89\% \times 97,79\% = 68,359\%$$

Con respecto a este OEE esperado la empresa Resortes A&G aumenta a un nivel “Aceptable” según la clasificación estándar de este indicador, lo que traduce que se encuentra en un proceso de mejora continua, con pérdidas económicas ligeras y una baja competitividad.

7.3.8 Mantenimiento preventivo.

Actualmente la empresa Resortes A&G no cuenta con un departamento o área de mantenimiento propio por lo que el mantenimiento de la maquinaria se realiza a través de un tercero, este se realiza cuando la maquinaria presenta fallas que afectan en gran medida su funcionamiento o cuando se afecta la línea de producción.

Con este modelo de mantenimiento preventivo se realiza un control histórico de fallas mostrado en la Tabla 12 con el fin de identificarlas y tomar acciones correctivas para evitar paradas innecesarias, estas decisiones las toma el departamento administrativo que es actualmente encargado de coordinar los mantenimientos que se le realiza a la maquinaria.

7.4. Metodología para mejorar el rendimiento de la maquinaria a través de algunos pilares del TPM

7.4.1. Implementación pilar deseguridad, higiene y ambiente.

Resortes A&G presenta ciertas falencias en los requerimientos de este pilar como se evidenció en la tabla 8, es por esto que es necesario el enfoque e implementación de dicho pilar.

Los principios que se van a tratar para la compañía frente a los requerimientos del pilar de higiene, seguridad y ambiente están relacionados con:

- La maquinaria de la organización, ya que un equipo con defectos automáticamente se convierte en una fuente de riesgos.
- Mejora continua.
- La formación en habilidades de percepción de los empleados de la compañía, se convierte en la base para la identificación de riesgos.
- El personal capacitado constantemente en el equipo puede llegar a adquirir una mayor responsabilidad por su salud y seguridad.

7.4.1.1 Matriz DOFA, seguridad, higiene y ambiente. Herramientas como la matriz DOFA, que es considerada un método organizacional de planificación y diagnóstico que permite identificar aspectos externos e internos, que pudieren ser positivos o negativos, para generar estrategias, además se puede usar como herramienta de control. Sus siglas se refieren a las iniciales de los factores, Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. Según la Universidad Nacional de Colombia en su Guía Análisis DOFA (2012), se elabora una lista de los aspectos que componen la matriz analizando desventajas, ventajas, obstáculos y oportunidades para el cumplimiento de objetivos.

En el diagnóstico realizado a la empresa Resortes A&G, se optó por realizar una matriz para el pilar en mención en la cual se enfoca la investigación y para así tener una visión más amplia de su estado actual.

Tabla 18

Matriz DOFA seguridad, higiene y ambiente.

<p>MATRIZ DOFA SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE.</p>	<p>FORTALEZAS</p> <p>1- La cantidad de desechos que maneja la empresa es pequeña.</p> <p>2- En ocasiones se realizan actividades de toma de conciencia.</p> <p>3- El personal administrativo clasifica desechos.</p> <p>4- Utilizan protocolos de bioseguridad para el desarrollo de sus labores.</p>	<p>DEBILIDADES</p> <p>1- No tienen conocimientos de la norma ISO 14001 (Sistemas de gestión ambiental) y por ende no se aplica.</p> <p>2- No existe matriz de aspectos e impactos ambientales.</p> <p>3- No se tiene control de medidas de eficiencia de uso de servicios.</p> <p>4- No existe un plan de emergencia ante situaciones ambientales.</p> <p>5- Instalaciones con falta de aseo y organización.</p>
<p>OPORTUNIDADES</p> <p>1- Cursos e información virtual en el manejo de seguridad y salud en el trabajo.</p> <p>2- Buscar el Desarrollo sostenible a largo plazo.</p> <p>3- Cursos de manipulación de carga y puestos de trabajo.</p>	<p>ESTRATEGIAS FO</p> <p>F2-O3 Incluir en plan de capacitación anual, cursos incentivos sobre temas medioambientales y de seguridad y salud en el trabajo.</p> <p>F3-O2 Socializar con el grupo de trabajo los objetivos y metas de sostenibilidad y la importancia por medio de campañas de sensibilización con las generaciones futuras.</p>	<p>ESTRATEGIAS DO</p> <p>D1-O2 Tomar como guía para implementar el sistema de gestión medioambiental la norma ISO 14001.</p> <p>D5-O3 Considerar cursos de formación para realizar protocolos de emergencias.</p> <p>D5-O1 Establecer plan de aseo de las instalaciones y de los puestos de trabajo.</p>
<p>AMENAZAS</p> <p>1- Enfermedades laborales por parte de sus colaboradores debido al mal estado de la maquinaria.</p> <p>2- Multas por incumplimientos ambientales.</p> <p>3- Impactos en ambiente y salud.</p> <p>4- Accidentes debido a la falta de organización de los puestos de trabajo.</p>	<p>ESTRATEGIAS FA</p> <p>F1-A2 Documentar actividades acordes con las leyes existentes.</p> <p>F4-A4 Incentivar a los empleados para que acaten recomendaciones relacionadas con BPM (Buenas prácticas de manufactura).</p> <p>F2-A1 Capacitaciones didácticas para el personal, fomentando el mantenimiento de la maquinaria.</p>	<p>ESTRATEGIAS DA</p> <p>F3-A2 Realizar una matriz de aspectos e impactos ambientales.</p> <p>D3 Por cada piso de las instalaciones administrativas realizar controles de gasto de agua y luz.</p> <p>D4-A1 Crear protocolos para emergencias ambientales.</p>

Nota: Autoría propia, (2020).

Para los resultados en materia de seguridad, higiene y ambiente, se destaca que, Resortes A&G, cuenta con fortalezas en aspectos como los protocolos de bioseguridad establecidos por la

Alcaldía de Bogotá debido a la emergencia sanitaria por la que está atravesando el país, dichos protocolos se han desarrollado, mantenido y mejorado desde el inicio de la emergencia sanitaria, esto comprende además el sistema de capacitaciones, el cual integra a todo el personal con el fin de mantener buen nivel de conocimiento en dichos temas. Por otra parte también se evidencia como fortaleza la clasificación de los desechos que manejan en temas medioambientales.

En segundo lugar, se evidencia que las debilidades de gestión interna, se centran en el sentir negativo en colaboradores respecto a temas relacionados con buenas prácticas de seguridad y salud en el trabajo ya que argumentan que estos aspectos generan retrasos en sus labores diarias, además, se ve afectada la productividad en algunos cargos por no poseer el conocimiento y la falta de apropiación del cargo necesaria para desempeñarlos. Se enfrentan también, a diversas enfermedades laborales, debido al tiempo en que se está en una misma posición y por el tipo de labor que realizan frente a la maquinaria, ya que como bien se sabe en la industria metalmecánica hay equipos que si no se manipulan adecuadamente pueden causar serias lesiones.

7.4.1.2 Matrices de evaluación interna. Estas matrices, son también consideradas como, herramientas estratégicas que permiten, identificar y evaluar datos generales del entorno y el desarrollo propio de una organización. Así mismo, contribuyen a seleccionar estrategias que permitan el mejoramiento continuo de procesos. Partiendo de los factores encontrados en la matriz DOFA, se puede lograr un marco más analítico de las estrategias.

Tabla 19.

Escala de Medición Matriz MEFI .

Escala de medición	
1	Debilidad mayor
2	Debilidad menor
3	Fortaleza menor
4	Fortaleza mayor

Nota: Autoría propia, (2020).

Tabla 20

Matriz MEFI Resortes A&G.

MATRIZ MEFI

Factor crítico de éxito	Valor	Calificación	Total Ponderado
FORTALEZAS			
Protocolos de bioseguridad	12%	4	0,48
Clasificación de desechos	6%	3	0,18
Entrenamiento y capacitación	9%	4	0,36
Cantidad pequeña de desechos	7%	3	0,21
Actividades de toma de conciencia	8%	3	0,24
Cumplimiento de leyes y regulaciones	8%	3	0,24
Subtotal Fortalezas			1,71
DEBILIDADES			
Falta de conocimientos de la norma ISO 14001 (Sistemas de gestión ambiental)	0,15	1	0,15
No se tiene control de medidas de eficiencia de uso de servicios	0,08	2	0,16
Falta de planes de acción para riesgos potenciales	0,07	2	0,14
No tiene matriz de aspectos e impactos ambientales	0,03	2	0,06
Falta de organización e higiene en los puestos de trabajo	0,07	1	0,07
No existe un plan de emergencia ante situaciones	0,1	1	0,1
Subtotal Debilidades			0,68
Total	100%	-	2,39

Nota: Autoría propia, (2020).

Con objeto de complementar la situación interna de la compañía en estudio, se realizó la matriz de evaluación interna (MEFI). Esta matriz nos arroja una calificación total de 2,39, lo que quiere decir que en este momento, la organización se encuentra internamente débil en los requerimientos del pilar del TPM, llamado seguridad, higiene y ambiente. Sin embargo, no se posiciona muy por debajo del 2,5, rescatando esto como algo positivo, además la ponderación de las fuerzas favorables (fortalezas) con 1,71, es mayor a la de las fuerzas desfavorables

Resortes A&G	PLAN DE CAPACITACIÓN ANUAL												Plan de capacitaciones	
													Versión: 0	
														Año: 2020
Objetivo general	Cubrir las necesidades de formación y capacitación del personal, para el fortalecimiento de sus competencias humanas y laborales.													
CAPACITACIÓN	2021												RECURSOS	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Para cada una de las capacitaciones se destinarán los siguientes recursos: * Docente / Facilitador * Salón de capacitación * Pizarra * Marcadores * Folleto de información * Televisor * Computador * Material de estudio * Hojas * Esferos * Evaluación	
Aspectos generales de la pandemia por Covid 19.														
Aspectos generales de Seguridad y Salud en el trabajo.														
Prevención de accidentes y enfermedades laborales.														
Elementos de protección personal: importancia, características y uso adecuado.														
Identificación de peligros y evaluación de riesgos en el lugar de trabajo.														
Higiene y limpieza de superficies de cualquier material.														
Manejo de materiales peligrosos														
Sensibilización y concientización ambiental.														
Disposición final de residuos sólidos.														
Cómo disminuir el impacto ambiental en las actividades diarias.														
Energía y agua, consumo y ahorro.														
Legislación y normativa aplicable a las actividades de la empresa.														
ELABORÓ													REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE Y FIRMA													NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
CARGO:													CARGO:	CARGO:

Figura 12. Plan de capacitación anual. Autoría propia, (2020).

7.4.2. Implementación pilar Mantenimiento Autónomo.

Como ya bien se conoce, la empresa a nivel productivo no cuenta con una implementación de mantenimientos para sus máquinas, por ende, el uso de las mismas se ve afectado por los operarios, ya que estos al no conocer primero la máquina no saben hasta qué punto trabajarla, no saben cómo preparar la máquina o cómo mantenerla para evitar daños, accidentes, pérdidas o descomposición de las mismas.

Indagando a los operarios, indican que nunca han recibido capacitaciones o charlas en las que se les indique el proceso correcto antes, durante y después de usar la maquinaria de la empresa, así mismo expresan que al momento de evidenciarse daños, paradas repentinas, arranques tardíos o fallas, no reciben la retroalimentación correspondiente de lo que se hizo mal y del cómo se debe hacer. El mantenimiento autónomo es un pilar del TPM y busca que los operadores sean responsables de los mantenimientos más sencillos que requieren los equipos.

Para ello se ha diseñado un plan de mantenimiento autónomo, para así mismo lograr lo siguiente:

- Capacitar a los operarios para que conozcan las máquinas que usan. Esto mediante jornadas de capacitación de 4 horas semanales, en dos grupos para no afectar la producción. Esto para que conozcan partes de la máquina, su composición, su uso, sus herramientas y muy importante para que identifiquen cuando algo no marche muy bien.
- Se busca interponer en los operarios el chip de sentir la máquina propia de ellos, que la cuiden como si fuera de la casa, que la manipulen con delicadeza y experticia para evitar daños o malos tratos que la afecten.

Es volver a integrar el trabajo del operador con el de operario de mantenimiento, para lograr disminuir desperdicios. El operador está listo para hacer cambios de formato o algunos mantenimientos básicos, pero básicamente es el que reporta las fallas adecuadamente, junto a realizar ajustes, lubricación y mantenimientos básicos.

Pero, ¿Cómo se diseñará este proceso de transformación?

Es el paso que se encarga de transformar y educar a los administrativos y operarios que hasta ahora solo se centraban en la producción, a tener que realizar también el mantenimiento básico, convirtiéndose en especialistas de su propia maquinaria.

Para este mantenimiento se diseña un formato o gama de mantenimiento bajo el cual los operarios dejarán un registro de lo que les realizan a las máquinas, ya sea desde la limpieza de

Parte	Elemento para actividad	Elemento de protección	Foto de parte de máquina	Tiempo estimado (min)
1	Herramienta hombre solo, destornillador, lija metálica. Lubricador industrial y sabra lijera.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		3
2	Herramienta destornillador. Lubricador y grasa industrial. Trapo de microfibra.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		3,5
3	Herramienta destornillador. Grasa industrial.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		2,5
4	Lubricante industrial.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		2
5	Herramienta hombre solo, destornillador, lija metálica. Lubricador industrial y sabra lijera.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		5
			Total (min)	16,00

Figura 13. Gama de mantenimiento torno. Autoria propia, (2020).

Los operarios gastarán un tiempo estimado de 16 minutos por turno en el proceso de mantenimiento autónomo, es decir, 32 minutos por jornada laboral y esto por los 30 días el mes genera un total de 960 minutos en este proceso, un total de 16 horas.

Estas 16 horas destinadas mensualmente para este proceso, busca reducir o eliminar los fallos repentinos, las paradas o tiempos tardíos, ya que en estos tiempos se estaba destinando más de 30 horas mensuales.

Tabla 22

Tiempo real VS tiempo objetivo con implementación de mantenimiento autónomo turno.

	Histórico promedio mensual de paradas (min)	Con implementación de mantenimiento autónomo (min)
2019/06	33	16
2019/07	30	16
2019/08	35	16
2019/09	29	16
2019/10	27	16
2019/11	25	16
2019/12	29	16
2020/01	31	16
2020/02	34	16
2020/03	32	16
2020/04	30	16
2020/05	35	16
2020/06	33	16
2020/07	35	16
2020/08	31	16
2020/09	32	16

Nota: Autoría propia. (2020).

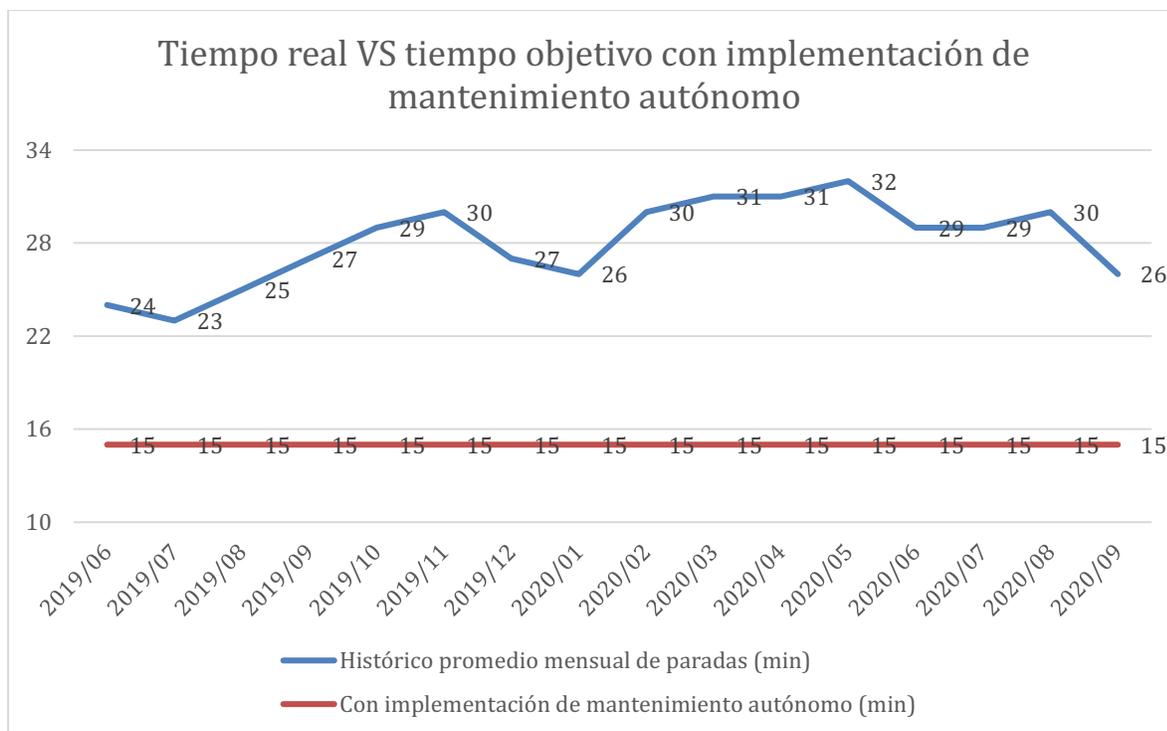


Figura 14. Tiempo real VS tiempo objetivo con implementación de mantenimiento autónomo turno. Autoría propia, (2020).

Como se analiza en la gama de mantenimiento autónomo, los operarios a diario llevarán registro de las actividades que le realizan a la maquinaria, como limpieza y ajustes, inspecciones y verificación de sus procesos, esto con el fin de llevar un control detallado del uso de las maquinarias y así mismo poder planificar mantenimientos y prevenir y disminuir fallar repentinas.

Este proceso se supervisa por el administrador. Dentro de las capacitaciones y mantenimientos a las máquinas a las cuales asisten los operarios para mayor conocimiento, se delega un jefe de mantenimiento para que este sea quien lleve todo el control detallado de todas las máquinas de la empresa y así mismo sea quien de reportes a administración y gerente general. Esto teniendo en cuenta que una persona debe estar al tanto de todo lo que pasa con las máquinas y tome decisiones con respecto a mantenimientos, en qué momentos y cómo hacerlos para no afectar producción.

Parte	Elemento para actividad	Elemento de protección	Foto de parte de máquina	Tiempo estimado (min)
1	Herramienta hombre solo, destornillador, lija metálica. Lubricador industrial y sabra lijera.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		4
2	Herramienta destornillador. Lubricador y grasa industrial. Trapo de microfibra.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		3
3	Herramienta destornillador. Grasa industrial.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		1
4	Lubricante industrial.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		3
5	Herramienta hombre solo, destornillador, lija metálica. Lubricador industrial y sabra lijera.	Casco, guantes, gafas y tapabocas.		4
			Total (min)	15,00

Figura 15. Gama de mantenimiento taladro. Autoria propia, (2020).

Tabla 23

Tiempo real VS tiempo objetivo con implementación de mantenimiento autónomo taladro industrial.

	Histórico promedio mensual de paradas (min)	Con implementación de mantenimiento autónomo (min)
2019/06	24	15
2019/07	23	15
2019/08	25	15
2019/09	27	15
2019/10	29	15
2019/11	30	15
2019/12	27	15
2020/01	26	15
2020/02	30	15
2020/03	31	15
2020/04	31	15
2020/05	32	15
2020/06	29	15
2020/07	29	15
2020/08	30	15
2020/09	26	15

Nota: Autoría propia. (2020).

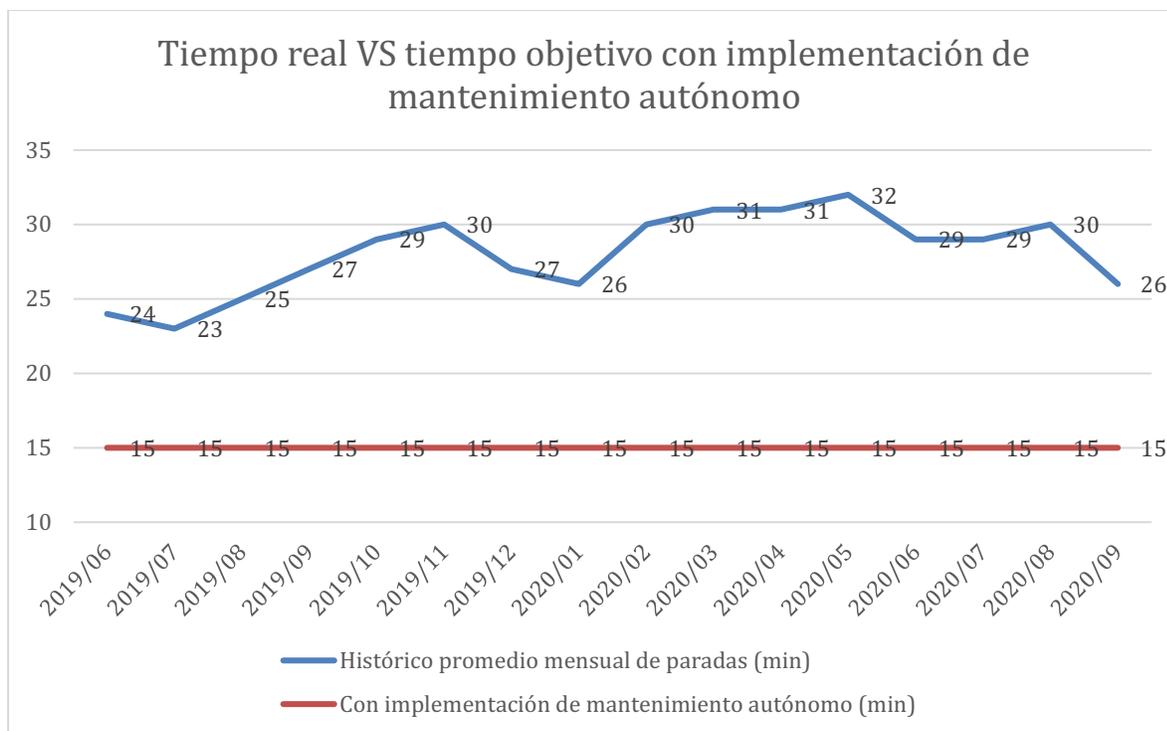


Figura 16. Tiempo real VS tiempo objetivo con implementación de mantenimiento autónomo taladro. Autoría propia, (2020).

Los operarios gastarán un tiempo estimado de 15 minutos por turno en el proceso de mantenimiento autónomo, es decir, 30 minutos por jornada laboral y esto por los 30 días el mes genera un total de 900 minutos en este proceso, un total de 15 horas.

Estas 15 horas destinadas mensualmente para este proceso, busca reducir o eliminar los fallos repentinos, las paradas o tiempos tardíos, ya que en estos tiempos se estaba destinando más de 27 horas mensuales.

El mantenimiento autónomo se puede dividir en siete pasos:

1. Limpieza inicial:

Este paso es uno de los más difíciles de implementar ya que hay que fomentar el orden y la limpieza como filosofía de trabajo, en este se busca que los operarios lo realicen por medio de un “OK”, este ok se debe dejar con registro fotográfico en un dispositivo electrónico manejado por la empresa. Una Tablet, en la cual se cargan las fotos tomadas a una carpeta compartida de registros de inicio de uso de maquinaria, esto con el fin de evidenciar que los operarios antes de usar la máquina, le realicen su limpieza respectiva, también con el fin de llevar un control de la misma. Así mismo los operarios al saber que deben hacer esto ya día

a día lo realizarán como parte de su trabajo. Se busca el Desarrollo del interés de los operadores y operarios por mantener limpias sus máquinas.



Figura 17.Partes principales del torno. Tema Fantástico, S.A. (2020).

2. Proponer medidas para eliminar causas que generan basura y polvo:

Este paso va conjunto con el anterior ya que, si el operario al momento que va usando la maquinaria la va limpiando y dejando en óptimas condiciones de uso, así mismo al siguiente turno o uso que se le vaya a dar, la limpieza inicial será más corta, lo que incrementa el tiempo de producción de la misma.

3. Estándares de limpieza y lubricación:

Se debe formar a los operarios para que a medida que usen la máquina vayan realizando ajustes de piezas que puedan desajustarse por su uso, para que vayan lubricando partes de con el uso ganen fricción y se desgasten más, también que a medida que por el proceso de la máquina esta suelte viruta o derrame líquidos, el operario ir limpiando, se diseña una plantilla de Check list para que a medida que vean algo anormal en el proceso productivo de la máquina, lo marquen y dejen la descripción, estas planillas se enviarán a jefe de producción y administrador, y se planifiquen los mantenimientos de las máquinas.

7.4.2.3 Lila de mantenimiento.

ESTANDAR DE MANTENIMIENTO AUTONOMO (LILA)											
Fecha				Encargado							
Máquina	Torno			Preparado por							
Subsistema				Revisado por							
INSPECCIÓN A TRAVES DE LA LIMPIEZA											
Sistema	Pieza	Estandar	Método	Herramienta	Acción en caso normal	Tiempo (min)	Intervalo				Responsable
							D	S	M	A	
Cabezal fijo	Engranajes	No ruidos extraños, lubricación			Lubricar	3	x				
	Correas	No desgaste			Engrasar	5	x				
	Motor	No suciedad, derrame de aceite		N/A	Informar al área	5			x		
	Motor	No suciedad, no residuos			Limpiar	10	x				
	Husillo	No vibraciones fuertes			Ajustar componentes	3			x		
Barracha	Guías	No residuos			Limpiar	5	x				
	Contrapunto	No desgaste			Ajustar componentes	5		x			
	Guías	No obstruccion		N/A	Informar al área	5	x				
	Guías	No abolladuras		N/A	Informar al área	5		x			
Caja de velocidades	Deposito de aceite	Inspeccion de aceite		N/A	Evaluar niveles de aceite	3			x		
	Deposito de aceite	Llenado			Aplicar componenetes	5			x		
	Embrague	No ruidos extraños, lubricación		N/A	Informar al área	5		x			
	Engranajes	No residuos			Limpiar	10	x				

Figura 18. Estándar de mantenimiento autónomo (lila) maquina torno. Autoría propia, (2020).

4. Inspección general:

Por medio de la inspección se busca que al momento de empezar a usar la máquina o ya en su proceso, el operario vaya revisando partes de la máquina que puedan no estar muy bien, esto con el fin de ir corrigiendo errores pequeños, errores o defectos que se van identificando, corrigiendo y minimizando. Se busca que los operarios en estos tiempos de producción no se dediquen a otras tareas que no sean netas al proceso de la maquinaria, tanto su proceso productivo como su condición física.

7.4.2.4 Tarjeteo de defectos.

Esta herramienta nos sirve para identificar averías y defectos de la maquinaria así como algunas condiciones inseguras que se puedan presentar a la hora de iniciar labores. Esta actividad se realiza bajo tres tipos de tarjeta las cuales son:

7.4.2.4.1 Tarjeta de operación.

OPERACIÓN	
TARJETEO DE DEFECTOS	
Tarjeta No:	Fecha:
Nombre de operario que encontro la falla:	
Area y equipo:	Ubicación específica:
Descripción de la falla:	
Acción correctiva:	
Persona que realizo la acción correctiva:	
Fecha de la acción correctiva:	

Figura 19. Tarjeta de defectos de operación. Autoría propia, (2020).

Esta tarjeta nos muestra los defectos menores que se puedan presentar al inicio de la operación, para dar solución a dichos defectos no es necesario que el operario tenga un amplio conocimiento del fallo ya que son fallos muy sencillos los cuales se pueden reparar con un conocimiento básico y las herramientas adecuadas. Ejemplo: Apretar tornillería.

7.4.2.4.2 Tarjeta de defectos de mantenimiento.

MANTENIMIENTO	
TARJETEO DE DEFECTOS	
Tarjeta No:	Fecha:
Nombre de operario que encontro la falla:	
Area y equipo:	Ubicación específica:
Descripción de la falla:	
Acción correctiva:	
Persona que realizo la acción correctiva:	
Fecha de la acción correctiva:	

Figura 20. Tarjeta de defectos de mantenimiento. Autoría propia, (2020).

En esta tarjeta se pueden apreciar defectos de la maquinaria que requieran de un conocimiento más específico por parte del personal de mantenimiento. Ejemplo: Fugas de aceite, cambio de piezas desgastadas.

7.4.2.4.3. Tarjeta de defectos de seguridad.

SEGURIDAD	
TARJETO DE DEFECTOS	
Tarjeta No:	Fecha:
Nombre de operario que encontro la falla:	
Area y equipo:	Ubicación específica:
Descripción de la falla:	
Acción correctiva:	
Persona que realizo la acción correctiva:	
Fecha de la acción correctiva:	

Figura 21. Tarjeta de defectos de seguridad. Autoría propia, (2020).

En esta tarjeta se pueden apreciar las condiciones inseguras de la maquinaria que los colaboradores reporten, y además las cuales pongan en riesgo la salud y la seguridad de los mismos. Ejemplo: Cables expuestos.

7.4.2.5. Control de defectos vs acciones efectuadas.

El control se realiza semanalmente diligenciando el siguiente formato mostrado en la Tabla 24, donde el operario diligencia el tipo de defecto encontrado y si realizo su corrección o no.

Tabla 24.

Control de defectos

CONTROL DE DEFECTOS					
Mes:	Jefe encargado:				
Semana	Maquina(S)	Defectos encontrados	Defectos corregidos	Tipo de tarjeta	Cantidad
1	Torno	8	5	Seguridad	8
	Troqueladora	12	9	Mantenimiento	12
	Torno	6	4	Operación	6
	Enrolladora	9	7	Mantenimiento	9
Total:		35	25	Total	35
2					
Total:				Total	
3					
Total:				Total	
4					
Total:				Total	
TARJETEO DE DEFECTOS					
TIPO	CANTIDAD	% PARTICIPACION			

Seguridad	8	21%
Mantenimiento	21	55%
Operación	9	24%
Total	38	100%

Nota: Autoría propia, (2020).

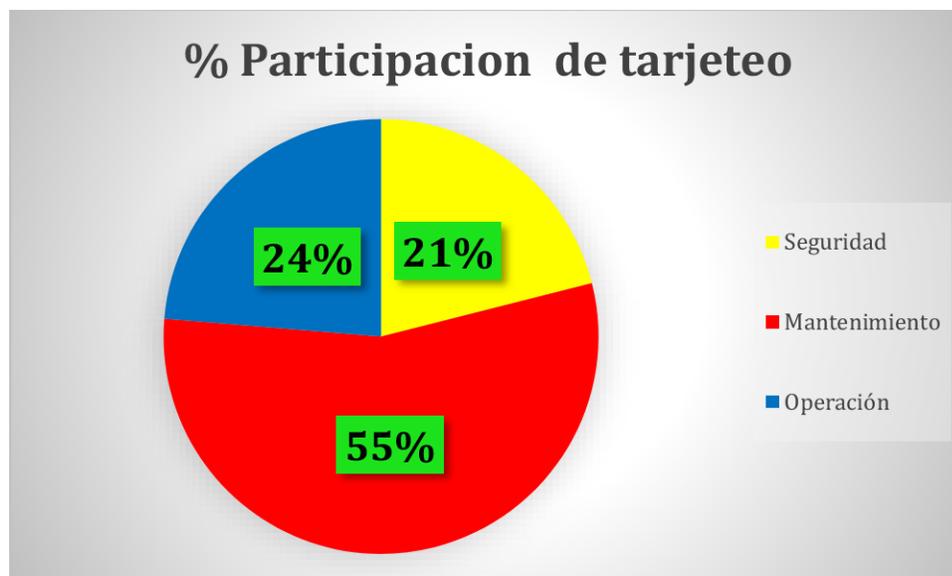


Figura 22. Porcentaje participación de tarjeteo. Autoría propia, (2020).

5. Inspección autónoma:

En este paso, se evalúan los pasos 1, 2 y 3, esto con el fin de eliminar malas prácticas por parte de los operarios, para reducir los defectos o fallas mínimas que los operarios pueda evidenciar y solucionar, ya que los operarios al implementar el paso 4, ya tienen mayor conocimiento de la maquinaria y así mismo pueden tener mayor capacidad de poder planificar un mantenimiento, pueden crear y proponer sus propios estándares de mantenimiento, estas propuestas avaladas por el área de mantenimiento. Los operarios podrán hacer parte de las jornadas de mantenimiento, con el fin de que conozcan más la maquinaria, sus partes y del proceso del mantenimiento.

7.4.2.6. OPL (Lección de un punto).

La lección de un punto es una herramienta que se utiliza para transferir conocimientos y habilidades simples, las cuales resaltan puntos claves acerca del funcionamiento del proceso, a través de comentarios y dibujos sencillos. Esto disminuye problemas sencillos que se puedan presentar y a su vez sean fáciles de solucionar.

Para diseñar el formato de OPL para la empresa Resortes A&G, se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Quién diligencio el formato.
- Fecha
- Título de la lección.
- Tipo de lección, (Seguridad, Medio ambiente, Mejora, otros).
- Revisado y aprobado.

Dentro de los beneficios que se obtienen al implementar dicho formato encontramos que, se evidencia un aprovechamiento del capital intelectual de la organización por parte de sus operarios y colaboradores ya que estas son herramientas que facilitan un poco el aprendizaje de una manera didáctica y sencilla, también se encuentra una disminución de los tiempos de capacitación y formación, fomento de la cultura organizacional ya que Resortes A&G, por ser una empresa pequeña tienen una percepción de que estos temas no les competen, por último se puede evidenciar un estímulo creativo para el personal debido a que salen un poco de sus labores cotidianas para aprender y minimizar posibles fallas del proceso que vienen manejando.

Formato lección de un punto para la empresa Resortes A&G:

FORMATO LECCIÓN DE UN PUNTO				
Elaborado por			Área	
Revisado por			Fecha	
Tipo de OPL	Seguridad	Medio Ambiente	Mejora	Otros
Título		RESORTES A&G		

Figura23.Formato lección de un punto. Autoría propia, (2020).

Para facilitar la implementación del formato anterior, se definió el formato para el tema de Seguridad en la organización, el cual queda así:

FORMATO LECCIÓN DE UN PUNTO				
Elaborado por		Área	Producción	
Revisado por		Fecha	28/09/2020	
Tipo de OPL	Seguridad	Medio Ambiente	Mejora	Otros
	X			
Título		RESORTES A&G		
Elementos de protección				
No inicie labores sin sus elementos de protección personal				
CABEZA		AUDITIVA		
				
RESPIRATORIA		VISUAL		MANUAL
				

Figura 24. Formato lección de un punto. Seguridad. Autoría propia, (2020).

6. Organización y orden:

Este paso se crea desde los directivos y jefe de producción con el fin de implementar, mantener o eliminar herramientas, procesos o implementos que no generen valor agregado al proceso productivo y que si puedan afectar el mismo, esto con el fin de que los operarios sigan con mayor facilidad los estándares definidos. Los operarios también deberán ser responsables de: Operación y preparaciones de máquinas correctas (condiciones de montaje y chequeo de calidad del producto), Detección y tratamiento de condiciones anormales, Registrar datos de la operación, calidad, y condiciones de proceso, Servicios menores de máquinas, moldes, plantillas, y útiles.

7. Implantación del mantenimiento autónomo:

Al tener terminada las actividades de los grupos de trabajo, conformadas por los supervisores (finalizando en el paso 6) los operarios serán más profesionales y con una ética y moral alta.

Por último, los operarios se hacen independientes, especialistas, y confiados trabajadores, quienes pueden buscar o generar su propio trabajo y el mejoramiento del equipo, proceso y herramientas con autonomía. Se busca que entre los mismos operarios crezcan en conocimiento y entre ellos mismos se generen retroalimentaciones que los hagan crecer y tener mayor conocimiento acerca de las máquinas y sus procesos.

Se diseña un proceso de mejora con esta metodología buscando la eliminación de desperdicios, la reducción de materiales en proceso, el incremento en la producción personal, la prevención de accidentes, la optimización de espacios y el incremento en la aplicación de mejoras. Con este diseño se busca establecer un estado mental óptimo en la organización para la productividad del sistema de calidad, este diseño nos permitirá optimizar muchos procesos que se creen ya establecidos y así mismo reducir tiempos e incrementar nivel productivo.

Por medio del diseño de mantenimiento autónomo y la creación de los 7 pasos fundamentales del mismo, se busca mejorar el rendimiento de la maquinaria. Este proceso es uno de los más complicados de implementar en una compañía ya que, los operarios no reacios al cambio y sienten que trabajan bien, pero al conocer este diseño y a lo que se puede llegar con el mismo, influyendo en el nivel productivo de la maquinaria y la disminución de la carga y el estrés laboral para el operario, la aceptarán y se apropiarán de ella, ya que en varias ocasiones expresan que varios procesos no están bien, al conocer este diseño, se generará una actitud positiva.

7.5 Metodologías para la detección del origen de las fallas de la maquinaria

Para dar cumplimiento a dicho objetivo, se van a utilizar herramientas de ingeniería con el fin de identificar y facilitar las posibles fallas que se puedan presentar no solamente a nivel de la maquinaria, sino también a lo largo del proceso productivo, integrando todas las partes de la empresa, es decir, la parte administrativa y operativa.

A continuación, se dan a conocer las algunas herramientas de las cuales, la empresa Resortes A&G, utiliza para la detección de las posibles fallas que se puedan presentar como se nombró anteriormente.

7.5.1. Diagrama Causa-Efecto.

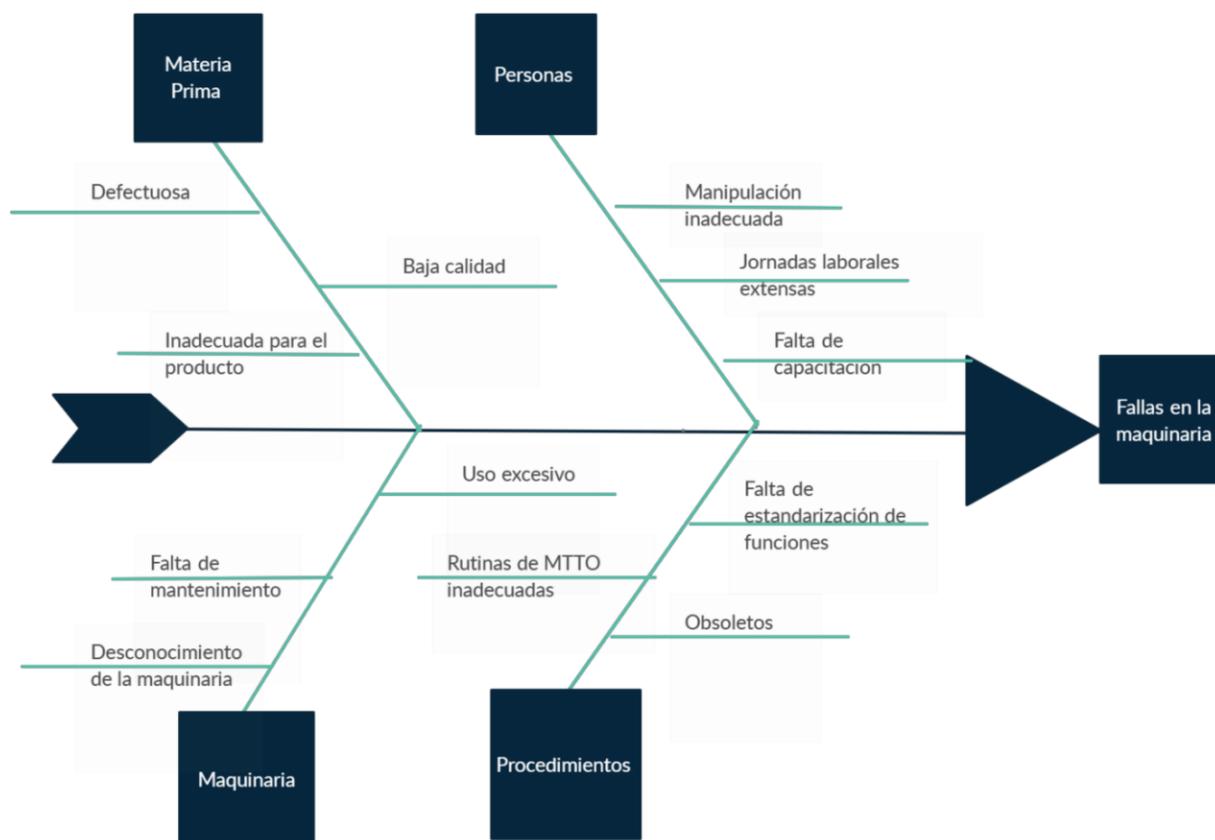


Figura 25. Diagrama causa-efecto. Autoría propia, (2020).

Como se puede apreciar en el diagrama anterior, pueden existir diferentes causas por la cual puede fallar la maquinaria, este diagrama de causa-efecto es muy utilizado para encontrar las posibles causas de una falla en general, en la punta del diagrama podemos ver que el tema de estudio, en las espinas como bien se conoce podemos observar que se desprenden unas causas que intervienen directamente en la problemática de estudio. Las soluciones que se logren establecer se basan en cada una de las causas del problema, esto facilita la solución del problema.

7.5.2 Análisis modal de efectos y fallos (A.M.F.E).

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLOS (A.M.F.E)							RESORTES A&G						
Máquina: Tomo				Proceso:		Responsable:			Fecha:				
Operación:				Revisado por:			AMFE NO:		Aprobado por:				
Descripción de la fase	Modo potencial de fallo	Efectos potenciales de fallo	Gravedad	Causas potenciales de fallo	Ocurrencia	Controles actuales	Detección	Acciones recomendadas	Resultado de las acciones				
									Gravedad	Ocurrencia	Detección	N PR	
Deposito de aceite	Oxidación	El aceite pase sucio a los componentes	5	Mala calidad del material	4	Limpieza	1	Aplicar el mantenimiento autónomo	5	4	1	20	
Bancada	Deslizamiento del carro principal	Desgaste de guías	7	Mal mecanizado de piezas	4	Lubricación	1	Aplicar el mantenimiento autónomo	7	4	1	28	
Deposito de aceite	Fisura del deposito	Fuga de aceite	9	Golpe en el deposito	4	Ajuste y verificación	1	Aplicar el mantenimiento autónomo	9	4	1	36	
Cabezal fijo	No gira el plato	Correas estiradas	5	Falta de ajuste en poleas	4	Ajuste	1	Aplicar el mantenimiento autónomo	5	4	1	20	
Carro principal	Descarrilamiento	Mal montaje	5	Falta de prueba piloto	4	Ajuste	1	Aplicar el mantenimiento autónomo	5	4	1	20	
Bancada	Atascamiento del carro principal	Obstrucción de elementos externos	4	Falta de limpieza	4	Limpieza	1	Aplicar el mantenimiento autónomo	4	4	1	16	

Figura 26. Análisis modal de efectos y fallos (A.M.F.E.). Autoría propia, (2020).

La figura 26 muestra el Análisis modal de efectos y fallos (A.M.F.E) para la máquina torno, esta herramienta nos permite identificar y cuantificar las fallas que presenta la maquinaria, así mismo clasificar sus efectos y causas con el fin de evitar su ocurrencia y mitigar los efectos de desgaste para la maquinaria y los problemas de calidad en el producto final.

7.5.3 Diseño de plan de mantenimiento buscando origen de fallas.

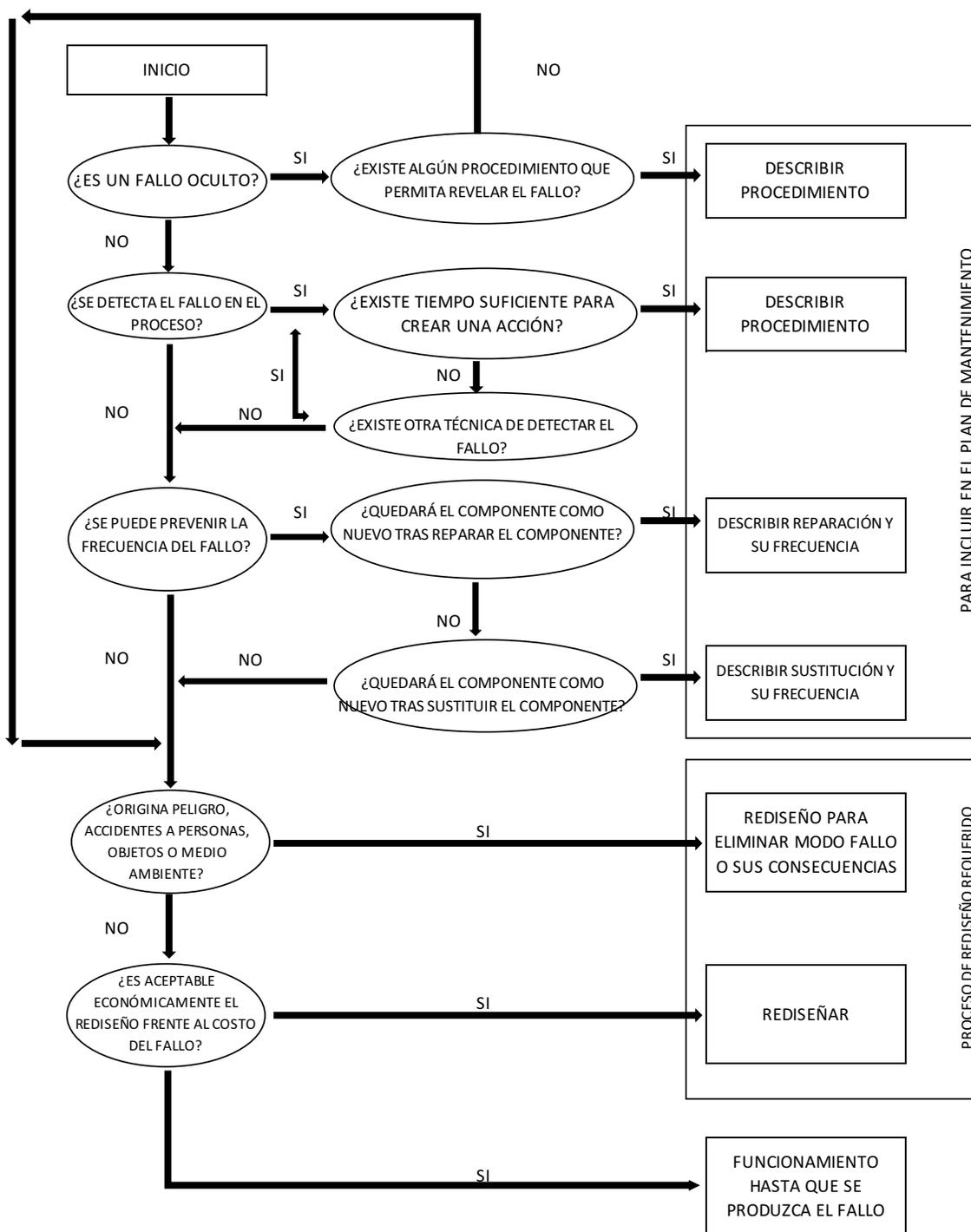


Figura 27. Diseño de plan de mantenimiento buscando origen de fallas. Basado en plan de mantenimiento mediante metodología RCM para una línea de valorización de PEBD, Marquez, (2020).

7.6. Evaluación financiera de implementación del proyecto

La evaluación financiera de este proyecto tiene como finalidad medir que tan rentable es y si proporciona una mejora en el proceso productivo para la empresa Resortes A&G, para ello se toman como base ciertos costos de producción y datos adicionales recopilados de la empresa.

:

La Tabla 25 muestra el costo de cada referencia para los tres productos:

Tabla 25

Costos unitarios por referencia

COSTOS UNITARIOS POR REFERENCIA		
REFERENCIA	ELEMENTO	COSTO
REF001	Resorte lamina fleje acero 1070 especial para taladro.	\$ 35.800
REF002	Resorte especial para pinza de cabello cuerda de piano. Tipo torsión.	\$ 4.350
REF003	Resorte básico multiuso	\$ 2.650

Nota: Autoría propia, (2020).

Como se ha visto anteriormente los resultados esperados que arroja el proyecto son una disminución en el producto no conforme, es decir que la calidad mejore en un 15% como se indica en el Plan de Mantenimiento Preventivo. A continuación la Tabla 26 muestra la disminución en costos de calidad con respecto a la producción y producto no conforme que se venía trabajando trimestralmente en este año.

Tabla 26

Disminución de costos de calidad

DISMINUCION DE COSTOS DE CALIDAD								
PERIODO	REFERENCIA	PRODUCCIÓN	PNC (UNIDAD)	COSTO	% DE DISMINUCIÓN	PNC ESPERADO	COSTO DESPUES DE MEJORA	DIFERENCIA ANTES Y DESPUES DE LA MEJORA
2018-1	REF001	132	6	\$ 214.800	15%	5	\$ 179.000	\$ 35.800
	REF002	2970	89	\$ 387.150	15%	75	\$ 326.250	\$ 60.900
	REF003	15444	308	\$ 816.200	15%	261	\$ 691.650	\$ 124.550
2018-2	REF001	176	9	\$ 322.200	15%	7	\$ 250.600	\$ 71.600
	REF002	3960	120	\$ 522.000	15%	102	\$ 443.700	\$ 78.300
	REF003	12672	253	\$ 670.450	15%	215	\$ 569.750	\$ 100.700
2018-3	REF001	495	26	\$ 930.800	15%	22	\$ 787.600	\$ 143.200
	REF002	3168	105	\$ 456.750	15%	89	\$ 387.150	\$ 69.600
	REF003	8428	210	\$ 556.500	15%	178	\$ 471.700	\$ 84.800
2019-1	REF001	440	24	\$ 859.200	15%	20	\$ 716.000	\$ 143.200
	REF002	3465	121	\$ 526.350	15%	102	\$ 443.700	\$ 82.650
	REF003	8820	228	\$ 604.200	15%	193	\$ 511.450	\$ 92.750
2019-2	REF001	418	23	\$ 823.400	15%	19	\$ 680.200	\$ 143.200
	REF002	4455	156	\$ 678.600	15%	132	\$ 574.200	\$ 104.400
	REF003	7252	189	\$ 500.850	15%	160	\$ 424.000	\$ 76.850
2019-3	REF001	550	31	\$ 1.109.800	15%	26	\$ 930.800	\$ 179.000
	REF002	2772	99	\$ 430.650	15%	84	\$ 365.400	\$ 65.250
	REF003	8232	218	\$ 577.700	15%	185	\$ 490.250	\$ 87.450
2020-1	REF001	517	30	\$ 1.074.000	15%	25	\$ 895.000	\$ 179.000
	REF002	4851	175	\$ 761.250	15%	148	\$ 643.800	\$ 117.450
	REF003	4704	127	\$ 336.550	15%	107	\$ 283.550	\$ 53.000

Nota: Autoría propia, (2020).

A continuación se ve detalladamente la disminución de costos trimestralmente en la empresa resortes A&G, ejemplificado en un antes y después así:

Tabla 27

Análisis de costos antes del proyecto vs después del proyecto

ANÁLISIS DE COSTOS ANTES DEL PROYECTO VS DESPUES DEL PROYECTO			
PERIODO	COSTO ANTES DE MEJORA	COSTO DESPUES DE MEJORA	DISMINUCIÓN
2018-1	\$ 1.418.150	\$ 1.196.900	\$ 221.250

2018-2	\$ 1.514.650	\$ 1.264.050	\$ 250.600
2018-3	\$ 1.944.050	\$ 1.646.450	\$ 297.600
2019-1	\$ 1.989.750	\$ 1.671.150	\$ 318.600
2019-2	\$ 2.002.850	\$ 1.678.400	\$ 324.450
2019-3	\$ 2.118.150	\$ 1.786.450	\$ 331.700
2020-1	\$ 2.171.800	\$ 1.822.350	\$ 349.450
TOTAL			\$ 2.093.650

Nota: Autoría propia, (2020).

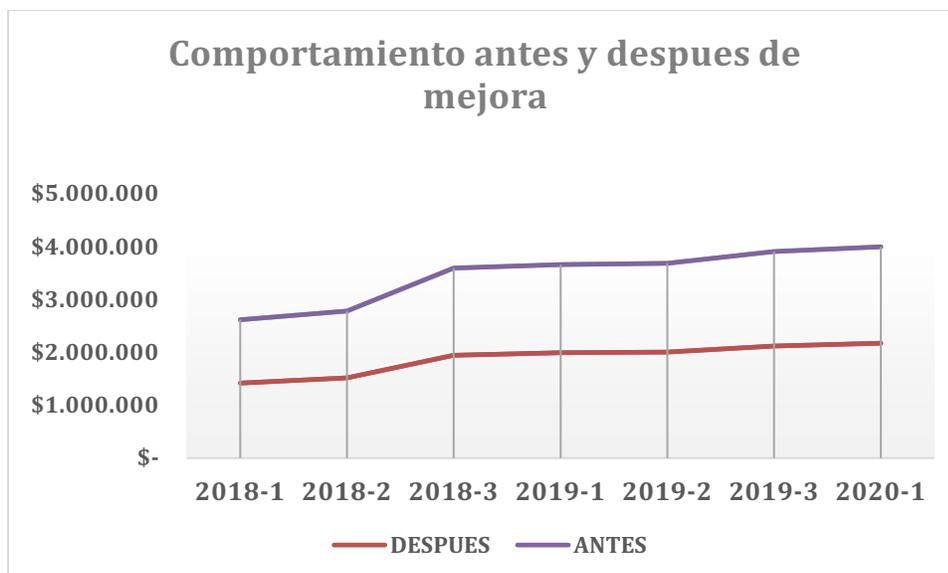


Figura 28.Comportamiento antes y después de mejora. Autoría propia, (2020).

Conclusiones

La metodología TPM(Mantenimiento Total Productivo), a través del tiempo es una filosofía adoptada por empresas a nivel nacional e internacional, ya que permite el crecimiento de las organizaciones en el ámbito productivo, ambiental, tecnológico, económico, entre otros aspectos, es por esto que la empresa Resortes A&G desea implementar los pilares que mas se ajustan a la problemática que presentan, la cual se basa en la baja productividad que manejan en la actualidad.

Con la propuesta descrita en este trabajo, se busca dar a conocer los beneficios que tiene el TPM a través de las diferentes herramientas que lo componen, ya que el desconocimiento de las mismas hacen que la empresa tenga una baja productividad, generando así, sobrecostos de mantenimiento, materia prima, productos no conformes, baja calidad, entre otros. Los diagnosticos del sistema de mantenimiento sirven para detectar las falencias que se presentan en el proceso productivo de la organización y así minimizar estas problemáticas y finalmente aumentar la productividad a nivel general.

El diseño de este sistema de mantenimiento no se basa solamente en la maquinaria, también integra el área administrativa y operativa, pilares como el mantenimiento preventivo y mantenimiento autónomo son la base para que haya un buen funcionamiento en el área operativa, gracias a las herramientas utilizadas como lo son las gamas de mantenimiento, cronogramas de capacitación, cronogramas de mantenimiento, listas de mantenimiento, tarjeteo de defectos, lección de un punto, se busca mantener en buenas condiciones la maquinaria, mejorar los indicadores de producción, calidad y tiempos de arranque, y así mismo establecer diferentes mecanismos de control de fallas que permiten identificar las mismas para tomar decisiones de manera oportuna y eficaz evitando así pérdidas significativas para la empresa.

Referencias

- Fernández, E., 2018. Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance Y TPM. [online] Digibuo.uniovi.es. Recuperado de: <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/Gestión%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf>
- Garrido, S. (2020). ¿Qué es TPM? Recuperado 3 Mayo 2020, de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>
- Garrido, S. G. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos.
- Garrido, S. G. (s. f.-a). Que es TPM? Recuperado 19 de mayo de 2020, de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>
- Garrido, S. G. (s. f.). Qué es TPM. Recuperado 19 de mayo de 2020, de <http://mantenimiento.renovetec.com/organizacionygestion/120-que-es-tpm>
- GarzónLópez, K.-J., &Martínez Ospina, B.-Y. (2018). *Propuesta de reingeniería de procesos para la empresa balones milago*. Recuperado de <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/496/martinezospina-brayanyamit-2018.pdf;jsessionid=82fd5e705f3e30823adea69179796f71?sequence=1>
- Gómez, C. (2015). *Mantenimiento productivo total*. Recuperado de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/mantenimiento productivo total.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/mantenimiento%20productivo%20total.pdf)
- Hortiales, M. (1997). Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado 5 Mayo 2020, de <http://eprints.uanl.mx/496/1/1020128430.PDF>
- Jiménez, Y. (2012). Corporación universitaria lasallista. Recuperado Mayo 2020, de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/726/1/propuestas_mejora_bajo_filosofia_tpm_empresa_cummins.pdf
- López, E. (2009). El mantenimiento productivo total tpm y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación. Recuperado 7 Mayo 2020, de <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis262.pdf>
- Lunafelu. (2015). Normas de mantenimiento. Recuperado de <https://es.slideshare.net/lunafelu/normas-de-mantenimiento-55396162>

- Márquez, A., 2016. Diseño de un plan de mantenimiento mediante metodología RCM para una línea de valorización de PEBD. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30282/fichero/Dise%C3%B1o+de+un+plan+de+mantenimiento+mediante+metodolog%C3%ADa+RCM+para+una+l%C3%ADnea+de+valorizaci%C3%B3n+de+PEB.pdf>
- Medranda, C. (2013). Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Recuperado 3 Mayo 2020, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24859/1/tesis%20de%20grado%20implementacion%20de%20tpm%20en%20embotelladora%20de%20bebidas%20gaseosas.pdf>
- Ministerio de Salud, M. (Ed.). (2020). *Resolución número 000675 del 24 de abril de 2020*. Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20675%20de%202020.pdf
- Morales, J. (s.f.). Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación del TPM en Chile. Mantenimiento Planificado. Recuperado de: http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/4.6%20indicadores%20TPM.pdf
- Nieto, S. (2009). Historia del mantenimiento. Blogger. Recuperado de: <http://mantenimientosindustriales2009.blogspot.com/2009/05/historia-del-mantenimiento.html>
- Rojas, M. (2011). Recuperado 7 Mayo 2020, de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1711/digital_21225.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tokutaro Suzuki. Tpm en industrias de proceso 2da Edición. Madrid, España. Versión en español, 1995. 395 págs. ISBN 84-87022-18-9.
- Touron, J. (2016). Definición del OEE. Sistemas OEE. Recuperado de: <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>
- Vargas, C., 2016. Implementación del pilar “mantenimiento autónomo” en el centro de proceso vibrado de la empresa finart s.a.s. [online] Repository.udistrital.edu.co. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3162/3/VargasMonroyLisseth%20Camila2016.pdf>