



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Aplicación del Mantenimiento Preventivo para Incrementar la  
Productividad en el área de Producción de la empresa  
Metalmecánica AJL, Lima 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Esquivel Torre, Miguel Ramiro (ORCID: 0000-0001-8748-3006)

**ASESORA:**

MSc. Delgado Montes, Mary Laura (ORCID: 0000-0001-9639-657X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a mi familia ya que me brindaron todo su apoyo incondicional, para convertirme en un profesional de bien ante la sociedad.

### **Agradecimiento**

Mi mayor agradecimiento lo brindo a dios nuestro señor padre por darme las fuerzas para cumplir mis objetivos. A mi asesor quien nos ayudó en la elaboración del trabajo de investigación y a mi universidad Cesar Vallejo por permitirme ser parte de esta casa estudiantil.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen .....	i
Abstract .....	ii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	11
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	23
3.2 Variables y Operacionalización .....	24
3.3 Población, muestra y muestreo.....	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5 Procedimientos .....	29
3.6 Método de análisis de datos .....	106
3.7 Aspectos éticos.....	107
IV. RESULTADOS.....	108
V. DISCUSIÓN .....	118
VI CONCLUSIONES .....	122
VII RECOMENDACIONES .....	124

## Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de priorización de las causas importantes .....	6
Tabla 2. Porcentaje acumulado de todas las causas .....	7
Tabla 3. Porcentaje acumulado de todas las causas .....	8
Tabla 4. Técnica e instrumento de investigación .....	28
Tabla 5. Validación de juicio de expertos .....	29
Tabla 6. Proceso general de creación de engranaje .....	35
Tabla 7. Proceso de creación de engranaje en la máquina fresadora. ....	36
Tabla 8. Ficha de tiempo medio entre fallos .....	39
Tabla 9. Ficha de tiempo medio de reparación .....	41
Tabla 10. Ficha de disponibilidad .....	43
Tabla 11. Ficha de registro de eficiencia .....	45
Tabla 12. Ficha de registro de eficacia .....	47
Tabla 13. Ficha de registro de productividad.....	49
Tabla 14. Presupuesto de la implementación.....	51
Tabla 15. Codificación de máquinas y equipos .....	52
Tabla 16. Inventario de máquinas y equipos .....	54
Tabla 17. Ficha técnica de máquina fresadora.....	55
Tabla 18. Herramientas implementadas .....	56
Tabla 19. Consumibles mensuales.....	57
Tabla 20. Repuestos y materiales .....	61
Tabla 21. Encargados del mantenimiento .....	63
Tabla 22. Check list diario.....	63
Tabla 23. Actividades de lubricación.....	64
Tabla 24. Actividades eléctricas.....	64
Tabla 25. Actividades mecánicas .....	64
Tabla 26. Planificación anual de mantenimiento preventivo .....	65
Tabla 27. Formato orden de trabajo .....	67
Tabla 28. Cronograma de capacitación .....	74
Tabla 29. Tiempo medio entre fallos (post-test) .....	81
Tabla 30. Tiempo medio de reparación (post-test) .....	83
Tabla 31. Disponibilidad (Post-test).....	84
Tabla 32. Eficiencia (Post-test) .....	86
Tabla 33. Eficacia (Post-test).....	88
Tabla 34. Productividad (Post-test) .....	90
Tabla 35. Comparativo de tiempo medio entre fallas .....	91
Tabla 36. Comparativo de tiempo medio de reparación .....	93
Tabla 37. Comparativo de disponibilidad.....	95
Tabla 38. Comparativo de eficiencia .....	97
Tabla 39. Comparativo de eficacia .....	99
Tabla 40. Comparativo de productividad .....	101
Tabla 41. Presupuesto de implementación .....	103
Tabla 42. Costo total de la implementación .....	104
Tabla 43. Descriptivo de la variable productividad.....	108
Tabla 44. Descriptivo de la dimensión eficacia.....	109

Tabla 45. Descriptivo de la dimensión eficiencia.....	110
Tabla 46. Prueba de normalidad.....	111
Tabla 47. Prueba de la hipótesis general con Wilcoxon .....	112
Tabla 48. Prueba de Wilcoxon para la productividad .....	113
Tabla 49. Prueba de la hipótesis específica con Wilcoxon.....	114
Tabla 50. Prueba de Wilcoxon para la eficiencia .....	115
Tabla 51. Prueba de la hipótesis específica con Wilcoxon.....	116
Tabla 52. Prueba de Wilcoxon para la eficacia .....	117

## Índice de figuras

Figura 1. Empresas que podrían cerrar a causa de la crisis económica, según sector .....	2
Figura 2. Crecimiento del PBI en 2020 y proyecciones 2021 y 2022 .....	3
Figura 3. Exportación del sector metalmeccánico por países.....	3
Figura 4. Diagrama de Ishikawa – baja productividad.....	5
Figura 5. Porcentaje acumulado de todas las causas.....	7
Figura 6. Porcentaje acumulado de todas las causas.....	8
Figura 7. Engranajes fabricados de la empresa Metalmeccánica AJL.....	30
Figura 8. Organigrama de la empresa Metalmeccánica AJL .....	31
Figura 9. Barra de hierro y proceso de corte .....	32
Figura 10. Figura. Proceso de corte del hierro e inspección .....	32
Figura 11. Diagrama de análisis de proceso de creación de engranaje (general) .....	33
Figura 12. Diagrama de análisis de proceso de elaboración de engranaje en la máquina fresadora.....	34
Figura 13. Tiempo medio entre fallos.....	40
Figura 14. Tiempo medio de reparación.....	42
Figura 15. Disponibilidad.....	44
Figura 16. Eficiencia.....	46
Figura 17. Eficacia.....	48
Figura 18. Productividad .....	50
Figura 19. Nomenclatura alfanumérica para equipos.....	51
Figura 20. Layout de la empresa Metalmeccánica AJL .....	53
Figura 21. Caja de Herramientas y aceite .....	56
Figura 22. Overol desechable y guantes .....	57
Figura 23. Inspección de piezas de la máquina fresadora .....	59
Figura 24. Cambio de piezas de la máquina fresadora.....	59
Figura 25. Inspección de funcionamiento de la máquina fresadora.....	59
Figura 26. Inspección de piezas de la máquina fresadora .....	60
Figura 27. Limpieza de piezas de la máquina fresadora .....	60
Figura 28. Cambio de piezas de la máquina fresadora.....	60
Figura 29. Orden de trabajo del mantenimiento .....	61
Figura 30. Aceite y Lubricantes.....	62
Figura 31. Rodamientos y arandelas .....	62
Figura 32. Organigrama actualizado de la empresa.....	66
Figura 33. Capacitación del personal.....	68
Figura 34. Acta de capacitación .....	69
Figura 35. Programa para el control del mantenimiento .....	73
Figura 36. Actividades de mantenimiento mecánicas, eléctricas y de lubricación .....	79
Figura 37. Actividades de mantenimiento mecánicas, eléctricas y de lubricación .....	80
Figura 38. Cuadro comparativo de tiempo medio entre fallos.....	92
Figura 39. Comparativo de tiempo medio de reparación .....	94
Figura 40. comparativo de disponibilidad .....	96
Figura 41. Comparativo de eficiencia.....	98
Figura 42. Comparativo de eficacia.....	100
Figura 43. Comparativo de productividad.....	102

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como rubro el sector Metalmecánico la cual tuvo como problema la baja productividad de la empresa. Las máquinas se malograban continuamente, generando paradas no programadas y mantenimientos no programados. Todo esto comprometía la productividad de la empresa ya que no se llegaban a producir las piezas planificadas y las máquinas no cumplían sus horas de producción. Es por ello que se trazó como objetivo general, determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad de la empresa. Con respecto a la investigación es aplicada del tipo explicativo con un diseño experimental, y la población del trabajo de investigación está conformado por la producción de engranajes fabricados y la muestra es la producción de 30 días con una jornada de 8 horas diarias. Por otra parte, la técnica utilizada es la observación y el instrumento es la ficha de observación. En la implementación se agregaron actividades de mantenimiento preventivo, formatos de registro y capacitaciones. Por último, con respecto a la conclusión vemos que la productividad aumentó un 0.20, la eficiencia un 0.11 y la eficacia un 0.11.

Palabras clave: Mantenimiento Preventivo, Productividad, Eficiencia, Eficacia.

## Abstract

This research work is focused on the metal-mechanic sector, which had as a problem the low productivity of the company. The machines were continually breaking down, causing unscheduled stops and unscheduled maintenance. All this compromised the company's productivity because the planned parts were not produced and the machines did not meet their production hours. That is why the general objective was to determine how the application of preventive maintenance increases the company's productivity. As for the research, it is an applied research of the explanatory type with an experimental design, as for the population of my work, it is made up of the production of manufactured gears and the sample is the production of 30 days with a working day of 8 hours a day. As for the technique used is the observation and the instrument is the observation sheet. As for the implementation, preventive maintenance activities, record formats and training were added. As for the conclusion we see that productivity increased by 0.20, efficiency by 0.11 and effectiveness by 0.11.

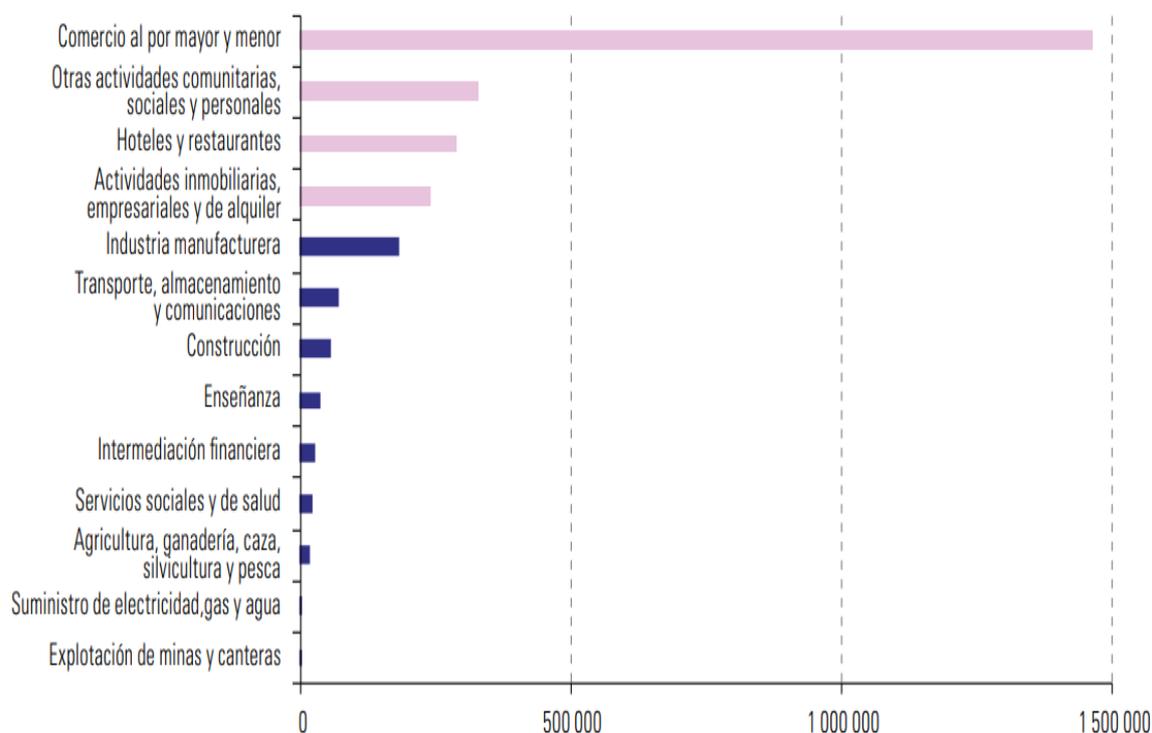
Keywords: Preventive Maintenance, Productivity, Efficiency, Effectiveness.

## I.INTRODUCCIÓN

Según el informe realizado el 8 de julio del 2021 por la comisión económica para américa latina (CEPAL), hasta la fecha del 28 de junio del 2021 más de 1260000 personas habían muerto a causa del coronavirus, en los países de América Latina y el Caribe esta cifra equivale al 32 % del total mundial de fallecimientos. En la población crece la incertidumbre ya que el acceso a las vacunas es desigual y también le sumamos el hecho que han aparecido nuevas variantes, esto afectando directamente a la apertura y recuperación de las economías de las empresas. La industrial en general ha sido golpeada enormemente a causa de la crisis económica generada por la enfermedad de coronavirus (COVID-19), un dato muy importante a tomar es que en los países de América Latina y el Caribe este impacto ha sido mucho mayor. Según el informe realizado por la comisión económica para américa latina (CEPAL), en el 2020 los países de América Latina y el Caribe se enfrentaron a la peor crisis de la que se tenga constancia y a la mayor contracción económica del mundo en el desarrollo, el PBI se redujo un 7,7 % y la inversión se redujo un 20 %. Sin duda el COVID -19 ha perjudicado enormemente a las industrias sobre todo en los países donde la informalidad de las empresas se toma a la ligera, ya que estas empresas no tienen los medios para hacer frente a las consecuencias de la pandemia, podemos decir también que el impacto mayor también se da en las microempresas y las pymes ya que tienen un peso estructural menor que no se puede sostener ante este tipo de crisis. Generando despidos de sus trabajadores sin previo aviso y en muchos casos la empresa quiebra y cierran su funcionamiento. Según CEPAL, en América Latina y el Caribe más de 2,7 millones de empresas han cerrado y el número de personas desempleadas ha aumentado hasta situarse en 44,1 millones. También nos indican que hasta la primera semana de junio del 2020 podrían cerrar 2650528 de microempresas, 98708 pequeñas empresas y 5943 medianas empresas. Siendo la menos perjudicada las grandes empresas con un numero de 406.

En la figura 1 podemos ver los sectores de las empresas en América Latina y el Caribe que podrían cerrar como consecuencia de la crisis económica que trajo el COVID – 19.

*Figura 1. Empresas que podrían cerrar a causa de la crisis económica, según sector*



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

La industria es un sector cuya actividad es transformar materias primas en productos de consumo final o intermedio. La gran parte de las actividades industriales se centran dentro del sector secundario. En los inicios Inglaterra fue el país que impulsó la revolución industrial de la mano con la revolución agrícola, ya que tenían un sistema consistente en las zonas rurales, el aumento de la población en ese entonces ayudó a que la productividad aumente. Todo esto favoreció a que se pueda invertir en la industria, con maquinarias creadas para potenciar la producción que se requería en ese entonces. En el presente año 2021 podemos ver que las empresas tienen un crecimiento más optimista, a comparación del año 2020, en los países de los Estados Unidos y China ya que son los grandes referentes en cuanto a la exportación y transformación de materia prima. Se espera que para el año 2022 América Latina y el Caribe tengan una tasa de crecimiento del 2,9% en promedio.

Figura 2. Crecimiento del PBI en 2020 y proyecciones 2021 y 2022

	2020	2021	2022
<b>América Latina y el Caribe</b>	<b>-6,8</b>	<b>5,2</b>	<b>2,9</b>
Argentina	-9,9	6,3	2,7
Bolivia (Estado Plurinacional de)	-8,0	5,1	3,5
Brasil	-4,1	4,5	2,3
Chile	-5,8	8,0	3,2
Colombia	-6,8	5,4	3,8
Ecuador	-7,8	3,0	2,6
Paraguay	-0,6	3,8	4,0
Perú	-11,1	9,5	4,4
Uruguay	-5,9	4,1	3,2
Venezuela (República Bolivariana de)	-30,0	-4,0	1,0
<b>América del Sur</b>	<b>-6,3</b>	<b>5,1</b>	<b>2,7</b>
Costa Rica	-4,1	3,2	3,5
Cuba	-8,3	2,2	4,1
El Salvador	-7,9	5,0	3,0
Guatemala	-1,5	4,6	4,0
Haiti	-3,3	0,1	1,1
Honduras	-9,0	5,0	3,6
México	-8,3	5,8	3,2

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

La revolución industrial también trajo consigo el desarrollo de la metalmecánica ya que era necesario para la creación de maquinarias, sistemas, herramientas, etc. La industrialización significó la mecanización de los procesos, tenían una mayor productividad y no necesitaban mucha mano de obra ya que las maquina en muchos casos los reemplazaban. En cuanto a las exportaciones del sector metalmeccánico en los inicios del año 2021 tuvieron como destino 64 países, dentro de las más importantes destacan las exportaciones a Estados Unidos con un 28.1% y Ecuador con un 11.6%.

Figura 3. Exportación del sector metalmeccánico por países

Mercado	Ene. 2020	Ene. 2021	Var. % Ene. 21/20	Part. % Ene. 2021
Estados Unidos	7	10	39	28
Chile	9	6	-38	16
Ecuador	2	4	115	12
Colombia	6	4	-32	11
Bolivia	4	2	-42	6
Resto	16	10	-39	28
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	<b>-19</b>	<b>100</b>

Fuente: SUNAT

En los últimos años las empresas metalmeccánicas en el Perú estas en crecimiento constante gracias a la inversión pública y privada. La cual aporta a la realización de pequeños y grandes proyectos para la mejora del país tanto en el ámbito industrial y social. Una de estas empresas es Metalmeccánica AJL S.R.L que atienden las diferentes demandas de sus clientes, por lo consiguiente se observa que las

demandas no son atendidas a tiempo o en otros casos no se llega a cumplir. Todo esto originado por las constantes fallas que presentan las maquinas a la hora de realizar ciertas operaciones, afectando la productividad de la empresa. Es por ello que se elaboró un cuadro o matriz de consistencia donde se especifica el problema general, problema específico, así también su objetivo general con sus objetivos específicos, y por ultimo su hipótesis general como sus hipótesis específico, entre otro. Mientras tanto se hace necesario justificar el trabajo de informe de investigación, mediante los conocimientos y conceptos básicos sobre mantenimiento preventivo.

En el proyecto de investigación justificaremos el porqué de la investigación con sus respectivas razones, ya que es necesario demostrar que el estudio realizado es necesario e importante. Por lo tanto, Sampieri (2014) nos dice “La mayoría de las investigaciones se ejecutan con un propósito definido, pues no se hacen simplemente por capricho de una persona, y ese propósito debe ser lo suficientemente significativo para que se justifique su realización” (p.40).

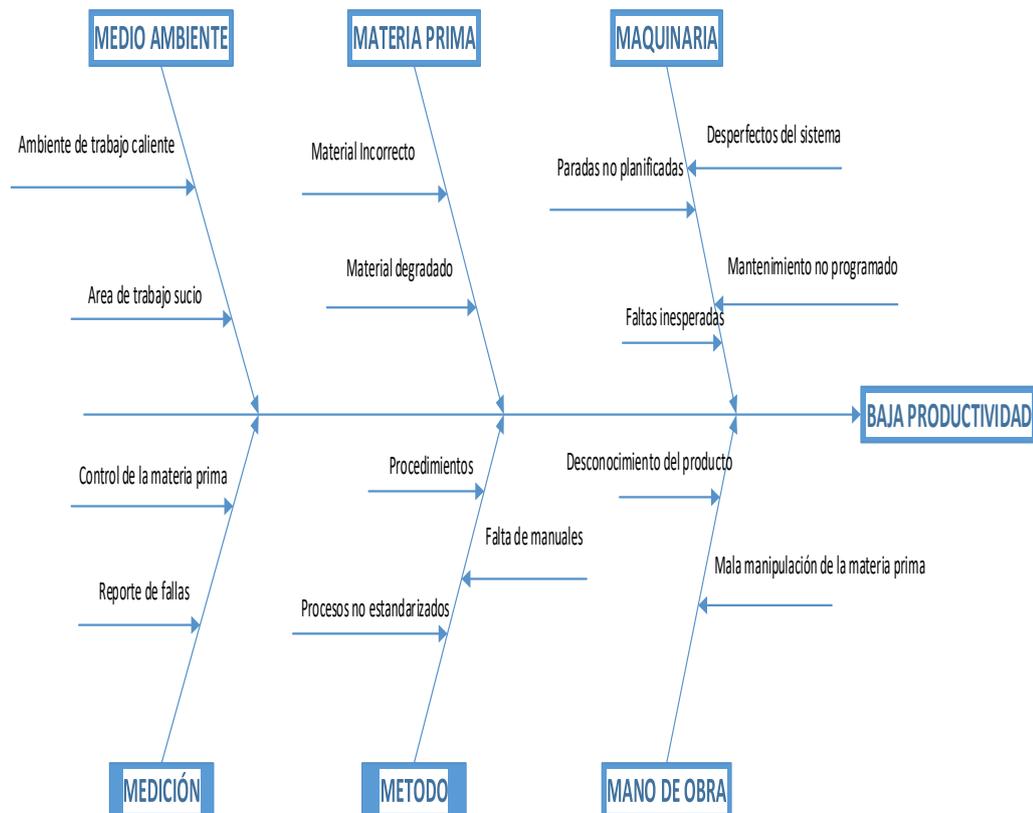
La justificación según Reguera (2008) es la sustentación de las razones por la cual se realizó el estudio; es decir, quienes se beneficiarán con los resultados de la investigación (p.40).

**La justificación del estudio**, busca prevenir los posibles defectos imprevistos por alguna deficiencia del equipo a la hora de realizar un trabajo determinado. Así mismo se hace mención a la **justificación teórica**, se busca ampliar los conocimientos respecto al mantenimiento preventivo, empleando las herramientas de ingeniería. Estudiadas durante el tiempo de estudio académico, cuyo beneficio apoyara la investigación. Por otro lado, la **justificación Practica**, se busca mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo aumentar la baja productividad de la empresa. Se efectuará revisión y reparación de los equipos, de modo que se logre disminuir los tiempos muertos en el proceso. En cuanto a la **Justificación Metodológica** de la investigación, nos permitirá tener un alineamiento de los objetivos planteados, detallar y entender todos los procesos que se realiza. Nos ayudará a resolver los problemas en la empresa y poder ser también objetos de estudios en futuras investigaciones. Por otro lado, en cuanto a la **Justificación Económica**, nos permitirá no solo reducir los costos de reparación,

sino también los costos de la mano de obra para las intervenciones que se dan en las paradas de trabajo. Y por último la **Justificación Social**, nos permitirá mejorar la imagen de la empresa ya que no se generarán sobrecostos, incumplimientos de pedidos o atrasos. Todo esto contribuye con la buena relación que debe haber con el cliente, otorgándoles sus pedidos a tiempo y con los parámetros de calidad.

Siguiendo con la problemática de la empresa Metalmecánica AJL, se tuvieron algunas causas posibles que afectaron la producción. Por ello se elaboró el diagrama de causa efecto para poder analizar las causas que generan una baja productividad, tal como se muestra en la Figura 4 diagrama de Ishikawa baja productividad del área de producción. Utilizando la herramienta de las 6M tales como: medio ambiente, materia prima, maquinaria, medición, método y mano de obra.

Figura 4. Diagrama de Ishikawa – baja productividad



Fuente: Elaboración propia

Para que podamos tener un análisis más profundo de la importancia de estas causas, lo pasaremos a cuantificar mediante la técnica de Pareto, que en un primer momento obtuvimos los datos por medio de una matriz de priorización de las causas encontradas en la empresa metalmecánica AJL. La matriz de priorización se realizó con el fin de hallar la relación que hay en un problema en base a otro problema que se encontró en la empresa, para poder asignar la relación en evaluó en función del número 0 y 1, donde el numero 0 indica que no hay relación con el problema y 1 indica que si hay relación con el problema.

Tabla 1. Matriz de priorización de las causas importantes

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	TOTAL	PORCENTAJE
Ambiente de trabajo caliente	C1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	3%
Área de trabajo sucio	C2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	6	6%
Material incorrecto	C3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	9%
Materia degradado	C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5	5%
Paradas no programadas	C5	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	9	10%
Fallas inesperadas	C6	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	9	10%
Desperfectos del sistema	C7	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	8	9%
Mantenimiento no programado	C8	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	10	11%
Reporte de fallas	C9	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	5%
Control de consumo del producto	C10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2%
Proceso no estandarizados	C11	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	7	8%
Proceso de manipulación del product	C12	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	6	6%
Desconocimiento del producto	C13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	4%
Mala manipulación	C14	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	6	6%
Manuales de operación del equipo	C15	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	5	5%
																	93	100

Fuente: Elaboración propia

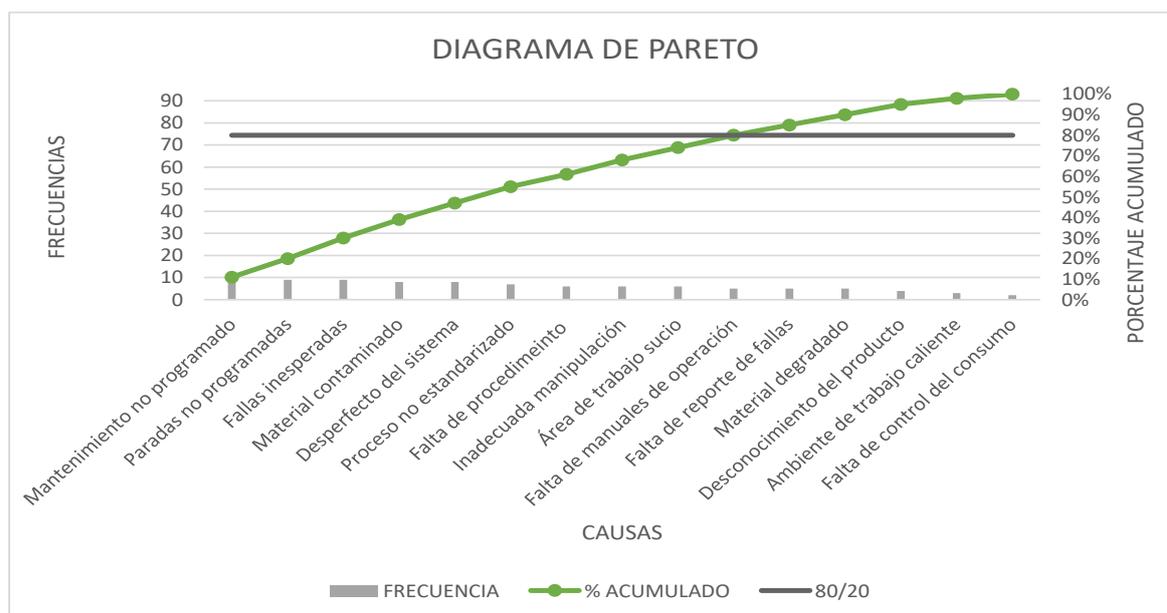
Tabla 2. Porcentaje acumulado de todas las causas

N°	CAUSAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	ACUMULADO	% ACUMULADO	80/20
1	Mantenimiento no programado	10	11%	10	11%	80%
2	Paradas no programadas	9	10%	19	20%	80%
3	Fallas inesperadas	9	10%	28	30%	80%
4	Material contaminado	8	9%	36	39%	80%
5	Desperfecto del sistema	8	9%	44	47%	80%
6	Proceso no estandarizado	7	8%	51	55%	80%
7	Falta de procedimiento	6	6%	57	61%	80%
8	Inadecuada manipulación	6	6%	63	68%	80%
9	Área de trabajo sucio	6	6%	69	74%	80%
10	Falta de manuales de operación	5	5%	74	80%	80%
11	Falta de reporte de fallas	5	5%	79	85%	80%
12	Material degradado	5	5%	84	90%	80%
13	Desconocimiento del producto	4	4%	88	95%	80%
14	Ambiente de trabajo caliente	3	3%	91	98%	80%
15	Falta de control del consumo	2	2%	93	100%	80%

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la tabla número 3, se recoge los datos relacionado a la matriz priorización, realizando una tabla de las causas más frecuentes que afectan la productividad, así como se muestra en la tabla 1. Se puede observar que hay causas que tiene una mayor cantidad de pesos como 8, 9, y 10, en comparación con otras causas que impactan en menor proporción la productividad. Se ordenará en forma descendente de acuerdo a la relación obtenida de la matriz de análisis.

Figura 5. Porcentaje acumulado de todas las causas

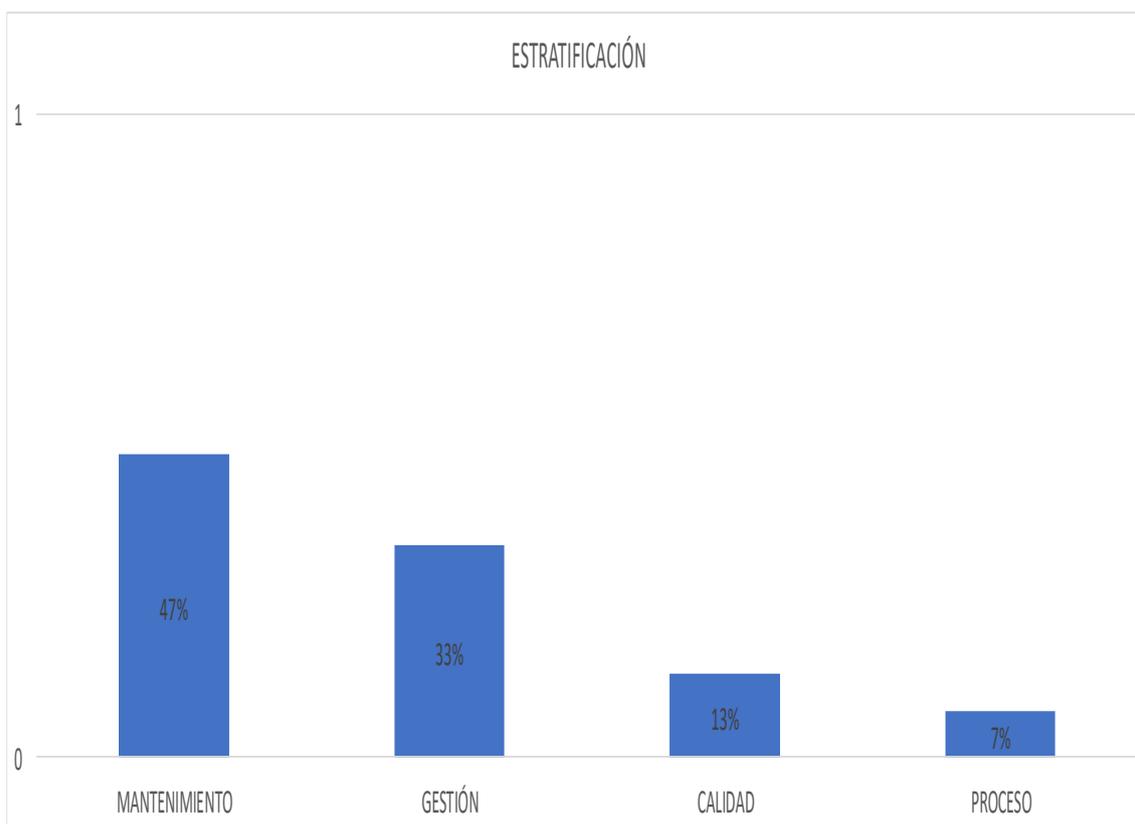


Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en el diagrama de Pareto que la mayor cantidad de problemas en la empresa se debe al mantenimiento no programado con un 11%, así como las paradas no programadas con un 10% y fallas inesperadas con un 10%.

Luego de haber identificado los problemas de la baja productividad, pasaremos a realizar la agrupación de las causas por estratos las cuales se encuentra en la figura 6, los cuatro estratos están conformados por mantenimiento, gestión, calidad y proceso. Se puede observar un cuadro porcentual que nos podrá ayudar a identificar en qué lugar ocurre la mayor cantidad de fallas y poder tener mayor claridad. Porcentaje de fallas en mantenimiento 47%, gestión 33%, calidad 13 y proceso 7%.

Figura 6. Porcentaje acumulado de todas las causas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Porcentaje acumulado de todas las causas

CONSOLIDADO DE PROBLEMAS POR ÁREAS	NIVEL DE CRITICIDAD						Total de problemas	Porcentual del problema	Impacto	Calificación	Prioridad	MEDIDAS A TOMAR	
	Mano de obra	Método	Materia prima	Maquinaria	Medio ambiente	Medición							
GESTIÓN	1	2	0	1	0	1	ALTO	5	33%	4	7	2	Metodología de gestión
PROCESOS	0	0	0	0	1	0	MEDIO	1	7%	3	4	4	Mejora continua
MANTENIMIENTO	0	1	1	4	0	1	ALTO	7	47%	5	1	1	Plan de mantenimiento
CALIDAD	0	0	1	0	1	0	MEDIO	2	13%	3	5	3	Gestión de calidad
Total de problemas	1	3	2	5	2	2		15	100%				

Fuente: Elaboración propia

Por último, se realizó un análisis de criticidad tal como se puede observar en la tabla 4, haciendo uso de la matriz de priorización y determinar los estratos. En los resultados obtenidos se observa que tienen mayor calificación los estratos de mantenimiento y gestión, se coordina con la empresa que en el área de producción se debe de priorizar el estrato de mantenimiento.

Luego de ver la realidad problemática pasamos formular el problema general y los problemas específicos. Problema general ¿En qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo incrementará la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021?, seguido de los problemas específicos: ¿En qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021? ¿En qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejorará la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021?

Por otro lado, de igual forma plantearemos los objetivos del proyecto de investigación: En primer lugar, se plantea como objetivo general: Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de

producción, en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021. En segundo lugar, se plantean los objetivos específicos: Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021. Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021. De la misma forma plantearemos las hipótesis de nuestro trabajo de investigación, teniendo como hipótesis general: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021. Seguido de sus hipótesis específicas: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021. La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Siguiendo con el trabajo de investigación se mencionará algunos antecedentes de los autores nacionales ocurrido en el transcurso de los últimos 5 años de publicación de acuerdo a lo importante que es realizar un mantenimiento preventivo. **Según Quiroz Díaz, E (2020)** señala en su título de investigación que la aplicación del mantenimiento incrementa la productividad en el área de producción. Primero tuvo como problema general, como la aplicación del mantenimiento preventivo mejorará la productividad. También redactó como objetivo principal determinar como la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de producción. El trabajo realizado en la tesis fue experimental del tipo pre-experimental y se consideró como muestra la producción de lunes a sábados en una jornada de 8 horas diarias en un total de 30 días. En cuanto a la población se consideró los datos obtenidos de la muestra. Se tuvo como resultado según el T- Student, que la variable dependiente y sus dimensiones tiene un nivel de significancia de 0% y que se pudo determinar que el plan de mantenimiento preventivo mejoró la productividad un 19%, la eficiencia un 6% y la eficacia un 16%. En cuanto a los aportes en su implementación de su tesis, vemos que realizó inspecciones diarias, mensuales y anuales siguiendo un cronograma, también de señalar las partes más importantes de las máquinas de la empresa.

Después, **Edgar Chuquimbalqui (2018)** señala en su título de investigación que un plan de mantenimiento preventivo incrementa la productividad en el área de producción. Primero tuvo como problema general en la empresa de como la propuesta del plan de mantenimiento preventivo va incrementar la productividad, eficiencia y eficacia de la empresa. También tuvo como objetivo general, proponer en qué medida la mejora del plan de mantenimiento preventivo incrementará la productividad, eficiencia y eficacia de la empresa. El trabajo realizado en la tesis fue experimental del tipo cuantitativo con un diseño cuasi experimental, la población del trabajo de investigación está conformada por 35 trabajadores. En cuanto a la muestra se consideró la misma que la población, en cuanto a los resultados obtenidos después de su mejora vemos que la productividad aumentó un 21%, la eficiencia un 14 % y la eficacia un 12%. Se tuvo como resultado según T- Student,

que la variable dependiente tiene una significancia en 0% y se aceptaron las hipótesis alternativas. En cuanto a los aportes en su implementación de su tesis se agregaron las descripciones técnicas de la máquina y funciones del proceso. También realizaron un inventario de máquinas y de fallas de la máquina.

También **Matías Javier (2020)** tiene en su título de investigación, la implementación del mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en el área de producción. Primero tuvo como objetivo general en su tesis, determinar como la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la productividad, eficiencia y eficacia. El trabajo realizado fue con un enfoque cuantitativo del tipo pre-experimental, la población está conformada por las ordenes de mantenimiento que tiene la empresa correspondiente a las 8 máquinas madrinadoras. Para la muestra se consideró las 32 órdenes de mantenimiento correspondiente a los meses de septiembre a diciembre del 2020. Con respecto a los datos obtenidos después de la mejora, vemos que la productividad tuvo un promedio de 62.18%, la eficiencia un 30.41% y eficacia un 27.02%. En cuanto a los aportes realizados en su implementación vemos que realizaron un cronograma de actividades, capacitación de personal, un plan de mantenimiento y estandarización de las actividades de mantenimiento.

También **Guido Salvatierra (2019)** tiene en su título de investigación, plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en el área de producción. Primero tuvo como objetivo principal en la tesis, elaborar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad, eficiencia y eficacia. La metodología de estudio que utilizó fue aplicada del tipo experimental y el método de investigación cuantitativo. La población que utilizó fue la producción de 47 equipos en un periodo de 12 meses, la técnica utilizada es la observación y el instrumento fue la ficha de recolección de datos. Se pudo decir que la productividad incremento en 23%, la eficacia en 19 % y la eficiencia en un 12%. Se pudo aprobar la hipótesis general y específicas. En cuanto a los aportes realizados en su implementación vemos que realizaron un inventario de equipos de la empresa, cronograma de las actividades de mantenimiento, inventario de repuestos y ficha técnica de los equipos.

Por ultimo **Samar Robert (2020)** tiene en su título de investigación, aplicación del mantenimiento preventivo para incrementar la productividad. Primero tuvo como objetivo principal, determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad, eficiencia y eficacia de la empresa. La metodología de estudio que utilizó fue del tipo aplicada con un diseño cuasi experimental, la población que utilizó fue la producción de piezas producidas en la empresa y la muestra está conformada por la producción en un tiempo de 30 días. La técnica utilizada es la observación y el instrumento fue la ficha de recolección de datos, se pudo decir que luego de la implementación de la mejora, la productividad de la empresa incrementó en un 21%, la eficiencia un 14% y la eficacia un 16% y se aceptaron las hipótesis alternativas y se rechazaron las nulas. En cuanto a los aportes realizados en su implementación vemos que elaboraron formatos de registros, codificaron las máquinas de la empresa, realizaron el inventario de las máquinas con sus respectivas fichas técnicas.

En cuanto a los antecedentes internacionales tenemos: Según Octavio Figueroa (2015) señala en su título de investigación, un plan óptimo para equipos críticos. Vemos que la empresa se dedica al sector metalmecánico la cual se encarga de crear productos metálicos y presenta problemas en las máquinas que realizan estos procesos. En cuanto a su objetivo principal, es de definir el plan de mantenimiento para los equipos críticos. En cuanto a la población de la investigación se centra en la producción de piezas metálicas que realizan las máquinas. En cuanto al plan se actividades e inspecciones de los componentes de las máquinas, también se realizó el análisis de costos del mantenimiento. Se precisa que en cuanto al ventilador el mantenimiento se realiza cada 15 días y 6 inspecciones mensuales, también en cuanto al sistema realizar mantenimiento cada 68 días y 4 inspecciones mensuales y en cuanto al motor se realiza el mantenimiento cada 106 días e inspecciones mensuales. Se llega a la conclusión que considerando todo el costo del mantenimiento se llega a tener un ahorro del 25 %.

Tambien tenemos a **Kazi ArifUz (2018)**, in his research titled: Failure and maintenance information extraction methodology using multiple databases from industry. El objetivo de la investigación fue identificar sistemáticamente las especificaciones de requisitos de información para mejorar la aplicabilidad de los

modelos de optimización de confiabilidad y mantenimiento. Fue un estudio de tipo experimental puro, de tipo aplicado. La población de estudio son las máquinas, por lo tanto, la muestra viene a hacer lo mismo que la población. Los principales resultados de este estudio pueden usarse para desarrollar modelos estadísticos de tiempos de falla para bases de datos históricas y de mantenimiento más antiguas, donde los únicos datos disponibles consistentemente son una descripción de texto libre. Se concluyó que existe una brecha entre la información requerida para el modelado de confiabilidad y optimización y los datos reales típicamente disponibles en las bases de datos de la industria. Este estudio intentó cerrar esta brecha significativa mediante la identificación de especificaciones de requisitos de información para modelos de optimización de confiabilidad y 14 mantenimiento.

Según Rafael Angel (2014) señala en su título de investigación, diseño de un plan de mantenimiento preventivo. Vemos que la empresa se dedica al sector agro industrial la cual se encargan de realizar tareas como pica-pastos y prestan servicio al sector metalmecánico. Primero tuvo como problema general la falta de mantenimiento preventivo que impide que se pueda optimizar los procesos de producción. Se propuso como objetivo general poder diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que intervienen en el sistema productivo. Vemos que la población está constituida por producción que realiza la empresa. En cuanto al diseño se realizaron formatos como hojas de vida, cronograma de actividades e instructivos de mantenimiento preventivo. También se concluyó que las condiciones actuales de operación no son la adecuadas para que pueda garantizar un producto de buena calidad. En cuanto a las recomendaciones que se le realiza a la empresa, es de que ponga en práctica el plan de mantenimiento preventivo ya que fue creado exclusivamente para ella. También se le recomendó la implementación de políticas que faciliten la cultura de mantenimiento preventivo.

También Andrés Silva (2015) señala en su título de investigación, diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de empaque. Vemos que la empresa se encarga a la elaboración de papeles higiénicos, servilletas o toallas, la cual presenta problemas en las máquinas ocasionando paradas imprevistas al momento de la producción. En cuanto a su objetivo general fue de diseñar un plan de

mantenimiento preventivo para el sistema de empaque. La población está constituida por la producción de papeles que realiza la empresa, en cuanto al diseño propuesto realizaron manuales de mantenimiento preventivo de los equipos productivos, también realizaron actividades de mantenimiento reduciendo los costos y mejorando la competitividad. En cuanto a las recomendaciones tener un control de las actividades de mantenimiento, así como también guardar los manuales de cada máquina.

Por último Juan Constante (2014) señala en su título, mejoramiento de la producción de una planta embotelladora. Vemos que la empresa se dedica a la producción de envasados, la cual tiene como problema general el bajo rendimiento de las líneas de envasado. En cuanto a su objetivo es mejorar los niveles de productividad de las líneas de envase. El tipo de investigación es explicativo, descriptivo y exploratoria. La población está conformada por la producción de envases en la línea de envasados. En cuanto a la implementación se generó controles para el costo de mantenimiento, la cual se comprobó que las averías se redujeron en un 20 %. Se identificaron anomalías técnicas en los equipos durante su operación. Se concluye que el mantenimiento preventivo es favorable comparando los criterios de costo, riesgo y beneficio, se recomienda que la empresa implemente el TPM como mejora continua.

En la parte teórica con respecto al mantenimiento podemos decir que es la función de la empresa donde se encomienda el control total del estado de las instalaciones de todo tipo, por ejemplo, las instalaciones productivas, auxiliares y de servicio. Podemos decir que el mantenimiento no solo se tiene que limitar a realizar intervenciones de conservación de las máquinas, sino que también tiene que aportar en la mejora continua de los procesos productivos que tiene la empresa. Según Olives (2021) sobre el mantenimiento “El mantenimiento es el conjunto de acciones y/o intervenciones que se llevan a cabo en un equipo de trabajo para conservarlo en condiciones óptimas de productividad y seguridad.” (p. 3).

El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades o intervenciones realizadas de forma periódica ya sea diaria, semanal, trimestral, etc. Que se realiza

en una máquina determinada o instalación, con la finalidad de que se pueda optimizar su funcionamiento y así evitar paradas imprevistas durante la producción. En la parte teórica con respecto al mantenimiento preventivo, Santiago García (2010 pág. 7), es el mantenimiento que tiene por misión asegurar el nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema al momento de su funcionamiento. Así mismo, IntegraMarkets (2018 pág. 6), el mantenimiento preventivo está conformado por el conjunto de actividades que se encargan de anticipar a la ocurrencia de un problema avería o falla, son planificadas en el tiempo y espacio buscando fortalecer puntos frecuentes de falla, localizando vulnerabilidad, reemplazando componentes antiguos y desgastados. Podemos decir que el mantenimiento preventivo es la revisión de los aparatos con el fin del buen funcionamiento del equipo, evitando las fallas o incidencias al momento de realizar una determinada acción o trabajo. La solución es de poder reemplazar las piezas o equipos que pudieran sufrir problemas en un determinado tiempo. Según Santiago García (2018 pág. 7), tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones sin que el equipo haya dado un síntoma de tener un problema.

Por otro lado, mencionaremos las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo. En cuanto a las ventajas tenemos la disminución de paradas imprevistas de las máquinas en el proceso de producción, minimizar las reparaciones correctivas para evitar costos innecesarios de reparación y reducir los costos de mantenimiento optimizando los recursos a utilizar en el mantenimiento. En cuanto a las desventajas podemos decir que no se aprovecha el rendimiento de los equipos al 100%, aumenta los gastos de mantenimiento y disminuye la disponibilidad de los equipos, si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas. En cuanto a los tipos de causas del mantenimiento preventivo podemos decir que son de 3 tipos: Normal, anormal y accidental.

Tabla 4. Tipos de causas del Mantenimiento Preventivo

Normal	Ocasionado por la presión, fatiga, velocidad del proceso, vibración entre otros.
Anormal	Ocasionado por la distracción, golpes, en algunos casos mala manipulación.
Accidental	Ocasionado por causas incontrolables pueden ser naturales o meteorológicas u otra causa generadas por algún accidente.

*Fuente: La función Mantenimiento en la Empresa*

### Acciones de mantenimiento

Antes de cualquier gestión que se vaya a realizar a la máquina se debe corregir las fallas que presenta la empresa, este tipo de soluciones es el mantenimiento correctivo ya que nos ayudará a solucionar en primera instancia el problema de las paradas de la máquina. Con respecto a las acciones de mantenimiento Alberto Mora (2009) nos dice que “En ese momento se contrata o se entrena el personal de mecánica, electricidad, mecatrónica, neumática, electrónica, etc., con el fin de capacitarlo para llevar a cabo las primeras acciones de mantenimiento, que son de índole correctiva y que procuran corregir la falla o parada imprevista en forma prioritaria” (p. 13).

Gestión del mantenimiento preventivo: En cuanto a la gestión podemos decir que es el proceso de mantenimiento de los activos y recursos que tiene la empresa y como principal objetivo es controlar los tiempos, recursos y asegurar el cumplimiento de lo establecido según un cronograma. Según Santiago García (2003) sobre la gestión del mantenimiento “es necesario definir políticas, formas de actuación, es necesario definir objetivos y valorar su cumplimiento, e identificar oportunidades de mejora. En definitiva, es necesario gestionar mantenimiento.” (p.4).

#### 1. Lista de equipos

Para realizar cualquier mantenimiento dentro de la empresa primero se debe de conocer a detalle las características de los equipos, es por ello que se recomienda en primer lugar elaborar una lista ordenada de todos los equipos de la empresa, ya sea grande o pequeña. Según Santiago García (2003) con respecto a la lista de equipos nos dice que “El primer problema que se plantea al intentar realizar un Análisis de equipos es elaborar una lista ordenada de los equipos que hay en ella.

Realizar un inventario de los activos de la planta es algo más complejo de lo que pueda parecer en un primer momento.” (p. 8).

## 2. Codificación de equipos

Podemos decir que la codificación de equipos en una empresa es muy importante porque nos va a permitir tener un mejor control, conocer su sistema. También nos va a permitir tener una jerarquía de los equipos que ayuda para tener un orden lógico y claro que facilite la localización de registros y datos técnico. Según Santiago García (2003) nos dice sobre la codificación de equipos que “Esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costes.” (p. 13).

## 3. Tareas de mantenimiento

Podemos decir que es una lista de acciones que toma la empresa para prevenir o en otros casos disminuir los efectos o fallas que pueda tener una máquina en la empresa. Este tipo de tareas debe de ayudar a la máquina por medio de la inspección visual, lubricación, verificación del correcto funcionamiento con instrumentos propios del equipo e instrumentos externos, limpieza técnica condicional o sistemática, ajustes condicionales o sistemáticos, sustitución de piezas y grandes revisiones. Según Santiago García (2003) con respecto a las tareas de mantenimiento nos dice que “Son los trabajos que podemos realizar para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos” (p. 43).

## 4. Mejoras o modificaciones de la instalación

La mejora o modificación se da en la instalación para poder así evitar que se produzcan una serie de fallos que perjudican la producción, algunos de estos pueden ser cambios de tipo material o diseño de una pieza. También puede ser en el cambio de un diseño de instalación o en las condiciones externas al ítem. Según Santiago García (2003) nos dice que “Determinados fallos pueden prevenirse más fácilmente modificando la instalación, o introduciendo mejoras” (p. 46).

## 5. Rutas diarias

Se refiere a las inspecciones o en otros casos llamado checklist que es un formato donde vamos a realizar acciones repetitivas durante, antes o después de la producción. Estas acciones nos ayudan a verificar por ejemplo ruidos, medidas, el funcionamiento, tipos de niveles y diferentes indicadores que la máquina necesita que este en constate control. Santiago García (2003) nos dice que “Las rutas diarias contienen tareas que se realizan fácilmente. La mayor parte de ellas se refieren a controles visuales (ruidos y vibraciones extrañas, control visual de fugas), mediciones (tomas de datos, control de determinados parámetros) y pequeños trabajos de limpieza y/o engrase” (p. 76). Según Santiago García (2003) nos dice que “Una vez elaborada la lista de tareas que compondrán el Plan de Mantenimiento es conveniente agruparlas, a fin de facilitar su ejecución. La agrupación de tareas, también denominadas Rutas o Gamas de mantenimiento” (p. 75).

#### 6. Procedimientos de realización de gamas y rutas de mantenimiento.

Cuando hablamos de las rutas de mantenimiento nos referimos a cuando la empresa incluya tareas a realizar en diferentes equipos o máquinas y cuando hablamos de gamas de mantenimiento quiere decir que las tareas solo son referentes a un equipo o máquina. La finalidad de los procedimientos es que el trabajador pueda entender claramente las tareas a realizar y que materiales o herramientas va a necesitar durante el procedimiento. Según Santiago García (2003) nos dice con respecto a los procedimientos que “En ocasiones, puede ser conveniente redactar un procedimiento por cada ruta o cada Gama; en otras, será más conveniente agruparlas por frecuencias, por especialidades, o por áreas, y redactar un procedimiento por cada uno de los grupos resultantes”. (p. 83).

En cuanto a las dimensiones de las variables tenemos la disponibilidad, según Boris Muñoz (2021pág. 1), la disponibilidad es la capacidad de un elemento de encontrarse en un estado para desarrollar una función específica o general bajo condiciones determinadas. Por ende, podemos decir que es una métrica que evalúa el rendimiento de los equipos que realizan un trabajo determinado. Según Renovetec (2021), es el coeficiente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo tota de parada. Para poder calcular la disponibilidad debemos retar las horas totales con las horas de paradas por mantenimiento entre las horas totales.

Podemos decir entonces que es el porcentaje o tiempo que la máquina está útil para la producción.

Ecuación 1: Fórmula de disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Total} - \text{Tiempo fuera de servicio}}{\text{Tiempo Total}}$$

Fuente: Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión

En cuanto al tiempo medio entre fallos podemos decir que es el tiempo, kilómetros o piezas producidas que se espera que funcione u opere adecuadamente.

Ecuación 2: Fórmula de tiempo medio entre fallos

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total} - \text{tiempo de reparación} - \text{tiempos muertos}}{\text{Número de paradas}}$$

Fuente: Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión

También tenemos al tiempo medio de reparación, según Alberto Mora (2009) “Es el tiempo promedio que toma determinado tipo de tarea de mantenimiento en el equipo” (p. 19).

Ecuación 3: Fórmula de tiempo medio de reparación

$$\text{TMDR} = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\text{Número de paradas}}$$

Fuente: Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión

En la parte teórica con respecto a la productividad podemos decir que es la relación que hay entre la producción obtenida por un sistema de producción, servicios y los recursos utilizados. En una empresa que se dedica a la fabricación la productividad sirve para que podamos evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. Según Prokopenko (2015) nos dice con respecto a la productividad “Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo” (p.3).

También podemos decir que es la relación directa que hay entre lo que se produce y los medios que se utilizaron para obtener lo producido, como por ejemplo el tiempo, mano de obra, el capital, etc. La productividad es muy importante en toda empresa ya que lo impulsa económicamente, también se logran objetivos planteados lo cual ayuda a sobresalir no solo económicamente, sino que potencia los recursos de la misma. Es muy importante que toda empresa tenga en cuenta que para tener una productividad efectiva se deben de establecer los objetivos y metas a mediano o a largo plazo, siempre estar comprometidos con la innovación tecnológica ya que ayudan a potenciar los tiempos o recursos. Según Prokopenko (1989) “A veces la productividad se considera como un uso más intensivo de recursos, como la mano de obra y las máquinas, que debería indicar de manera fidedigna el rendimiento o la eficiencia, si se mide con precisión” (p.3). También Humberto Gutiérrez (2010) nos dice sobre la productividad “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos” (p. 21). La cual nos dice que para hallar la productividad utilicemos la siguiente formula:

Ecuación 4: Formula de productividad

$$Productividad = Eficiencia * Eficacia$$

Fuente: Gutiérrez, (2010)

Siguiendo con la parte teórica pasamos a la eficiencia. En cuanto a la eficiencia podemos decir que tiene la particularidad de optimizar los recursos que se utilizan para realizar un determinado producto o servicio. Por ejemplo, a la hora de realizar la fabricación de una determinada pieza, debemos optimizar los recursos que se necesitan para la creación dela pieza que puede ser el tiempo, mano de obra, etc. En cuanto a la eficiencia Francisco Rodríguez (1991) nos dice que “Se utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones: La primera, como relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos que se había estimado o programado utilizar; la segunda, como grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándolos en productos.” (p.33). También Humberto Gutiérrez (2010) nos dice sobre la eficiencia

es “buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos” (p.21). La cual nos dice que para hallar la productividad utilicemos la siguiente formula:

Ecuación 5: Formula de eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ disponible}$$

Fuente: Gutiérrez, (2010)

Por ultimo respecto a la parte teórica pasamos a la eficacia. Podemos decir que la eficacia se centra en conseguir los objetivos propuestos por una empresa que produce o presta un servicio. Por ejemplo, cuando una empresa se encarga de fabricar piezas y llega a cumplir con la producción de piezas programadas podemos decir que la empresa es eficaz. En cuanto a la eficacia Francisco Rodríguez (1991) nos dice que la eficacia “Valora el impacto de lo que hacemos, del producto o servicio que prestamos. No basta con producir con 100% de efectividad el servicio o producto que nos fijamos, tanto en cantidad y calidad, sino que es necesario que el mismo sea el adecuado, aquel que lograré realmente satisfacer al cliente o impactar en nuestro mercado” (p. 34). También Humberto Gutiérrez (2010) nos dice que “la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados” (p.21). La cual nos dice que para hallar la productividad utilicemos la siguiente formula:

Ecuación 6: Formula de eficacia

$$Eficacia = \frac{Piezas\ fabricadas}{Piezas\ programadas}$$

Fuente: Gutiérrez, (2010)

### **III. METODOLOGÍA**

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es del tipo aplicada, porque se va a resolver un determinado problema. Según el CONCYTEC (2018) la investigación aplicada se determina mediante conocimientos científicos para satisfacer una necesidad principal o secundaria (p.7). Según, Jiménez (2014), “Si el problema surge directamente de la práctica social y genera resultados que pueden aplicarse (son aplicables y tienen aplicación en el ámbito donde se realizan) la investigación se considera aplicada” (p.40). El trabajo de investigación se realizará de tipo aplicada con el objetivo de incrementar nuestra productividad porque hemos utilizado teorías ya existentes, por lo cual no hemos aportados nuevas teorías para poder solucionar nuestra problemática, también porque nuestra problemática ya se encuentra presente y es identificable.

##### 3.1.2 Nivel de Investigación

El Trabajo de Investigación realizado es de tipo Explicativo con un enfoque cuantitativo, ya que vamos a explicar las posibles causas de nuestra problemática y lo comprobaremos con nuestras hipótesis planteadas. Según, Hernández (2006), “Su interés se centra en poder explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se encuentra, o porque se relacionan dos o más variables” (p.58).

##### 3.1.3 Diseño de Investigación

Para el presente trabajo de Investigación se tendrá el diseño experimental del tipo cuasi-experimental, es la medición de efectos sobre las variables dependientes. Según Hernández, (2014), “La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados” (p.129). Es por ello que realizaremos una pre-prueba para poder observar las deducciones antes del procedimiento experimental y una pos-prueba, después del procedimiento experimental, para observar las variaciones. Se tendrá un grupo definido y se le hará una pre-prueba para obtener una situación inicial.

Posterior a ello se realizará el experimento con ayuda de la herramienta del Ciclo de Deming y finalmente se hará una pos-prueba para analizar las diferencias.

G: O1 X O2

Donde:

O1: Pre-experimental

X: Tratamiento

O2: Post-experimental

### 3.2 Variables y Operacionalización

Según Arias (2006) las variables es una característica o cualidad, magnitud o cantidad que puede sufrir cambios, y que es objetivo de análisis medición, manipulación o control en una investigación. (Arias, 2006, p.57).

Variable independiente: Mantenimiento preventivo

Definición conceptual: De acuerdo con Santiago García G. (2021) el mantenimiento preventivo es “Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno” (p. 7).

Definición operacional: Para la prevención de fallas de las maquinas o equipos y nos permita medir la variable, contamos con dos dimensiones del mantenimiento preventivo. Una es la confiabilidad de las máquinas y equipos para que no haya paradas imprevistas que atrasen la producción y otra es la disponibilidad que es la disposición de las maquinas cada cierto tiempo con el fin de incrementar la productividad.

a) Dimensión 1: Disponibilidad, es la probabilidad de un equipo, máquina o sistema esté disponible para su uso o trabajo. Según Alberto Gutiérrez (2009) nos dice con respecto a la disponibilidad que “es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables.” (p. 67).

Indicador 1:

Índice disponibilidad

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

TMEF: Tiempo medio entre fallas

TMDR: Tiempo medio de reparación

Escala de medición del indicador 1: Razón

b) Dimensión 2: Tiempo medio entre fallos, es el promedio de tiempo que ha transcurrido entre una falla y la siguiente. También se conoce como el tiempo promedio, de la máquina, equipo o sistema, que funciona hasta que falla y necesita ser reparado. Según Alberto Gutiérrez (2009) con respecto al tiempo medio entre fallas nos dice “Se utiliza sólo la primera vez del cálculo en los elementos de mantenimiento reparables, o en los ítems no mantenibles” (p.19).

Indicador 2:

Índice de tiempo medio entre fallos

$$TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$$

TP: Tiempo programado de máquina

TR: Tiempo de reparación

NP: Número de paradas

Escala de medición del indicador 2: Razón

b) Dimensión 3: Tiempo medio de reparación, es el promedio de tiempo que ha transcurrido entre una falla y la siguiente, también se considera las paradas que ha tenido la máquina, equipo o sistema. Según Alberto Gutiérrez (2009) con respecto

al tiempo medio de reparación nos dice que “es el tiempo promedio que toma determinado tipo de tarea de mantenimiento en el equipo” (p.19).

Indicador 3:

Índice de tiempo medio de reparación

$$TMDR = \frac{TR}{NP}$$

TR: Tiempo de reparación

NP: Número de paradas

Escala de medición del indicador 3: Razón

Variable dependiente: Productividad

Definición conceptual: De acuerdo con Francisco Rodríguez (1991) la productividad “evalúa la capacidad del sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez del grado en que aprovechan los recursos utilizados” (p.32).

Definición operacional: La productividad mediante la eficacia y eficiencia, permitirá la medición de la producción en la empresa, así como también el de las máquinas y equipos.

a) Dimensión 1: Eficiencia, podemos decir que tiene la particularidad de optimizar los recursos que se utilizan para realizar un determinado producto o servicio. Según Humberto Gutiérrez (2010) nos dice sobre la eficiencia es “buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos” (p.21).

Indicador 1:

Índice de eficiencia

$$E = \frac{TDPM}{TPM}$$

TDPM: Tiempo real de producción de máquina

TPM: Tiempo programado de maquina

Escala de medición del indicador 1: Razón

b) Dimensión 2: Eficacia, podemos decir que la eficacia se centra en conseguir los objetivos propuestos por una empresa que produce o presta un servicio. También Humberto Gutiérrez (2010) nos dice que “la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados” (p.21).

Indicador 2:

Índice de eficacia

$$EF = \frac{PP}{PPL}$$

PP: Piezas producidas

PPL: Piezas planificadas

Escala de medición del indicador 1: Razón

### 3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Según Hernández Sampieri (2014) la población “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p. 174). Por lo tanto, la población de esta investigación está conformada por la producción de engranajes fabricados en la empresa Metalmecánica AJL.

- Criterios de inclusión: Se incluye la producción dentro de las 8 horas diarias, de lunes a sábado.
- Criterio de exclusión: No se está considerando los días Domingos, feriados y las horas de descanso.

Muestra: Según Hernández Sampieri (2006) la muestra “es en esencia un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenece a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p. 240). En cuanto a nuestra investigación tendrá como muestra la producción de lunes a sábado en una jornada de 8 horas diarias por un periodo de 30 días.

Muestreo: Según Hernández Sampieri (2014) el muestreo “es el acto de seleccionar un subconjunto de un conjunto mayor, universo o población de interés para recolectar datos a fin de responder a un planteamiento de un problema de investigación” (p.567). En cuanto a nuestra investigación es una muestra no probabilística por conveniencia.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Según Hernández Sampieri (2014) “las técnicas de recolección de los datos pueden ser múltiples, por ejemplo, en la investigación cuantitativa: cuestionarios cerrados, registro de datos estadísticos, pruebas estandarizadas, etc” (p. 14). En nuestro trabajo de investigación utilizaremos la técnica de observación del tipo directa, ya que observaremos atentamente el proceso de elaboración del engranaje con el fin de tomar datos cuantitativos del comportamiento de las máquinas.

Instrumento: Según Hernández Sampieri (2014) el instrumento de medición es el “recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (p. 199). Por lo tanto, en nuestro trabajo de investigación utilizaremos la ficha de observación mostrado en el anexo.

Tabla 4. Técnica e instrumento de investigación

TÉCNICA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTAS
Observación	Ficha de observación	Cronometro Hoja de calculo

*Fuente: elaboración propia*

La validez: Según Hernández Sampieri (2014) “se obtiene mediante las opiniones de expertos y al asegurarse de que las dimensiones medidas por el instrumento sean representativas del universo o dominio de dimensiones de las variables de interés” (p. 298). Por lo tanto, en nuestro trabajo de investigación para la validez del instrumento, ficha de observación, se sometió a juicio de expertos conformados por 3 ingenieros conocedores del tema.

Tabla 5. Validación de juicio de expertos

N°	Especialidad	Observaciones
1	Ing. Industrial/ Mg. en Administración de Empresas - MBA	
2	Ing. Industrial/ MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA	
3	Ing. Industrial/ Mg. En ingeniería de la producción	

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad: Según Hernández Sampieri (2014) nos dice “la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (p. 200). Para nuestro trabajo de investigación no se evaluó la confiabilidad del instrumento que mide la eficiencia y la eficacia porque ambos instrumentos fueron construidos en teorías existentes o ampliamente aceptadas por lo que no es necesario medir la confiabilidad de los mismos.

### 3.5 Procedimientos

#### 3.5.1 Situación actual de la empresa

##### Descripción general de la empresa

La empresa Metalmecánica AJL está dedicada a la fabricación de piezas metálicas con máquinas y equipos de buena calidad, realiza aleaciones y procedimientos de transformación de piezas. El fin es tener como producto repuestos para vehículos y motocicletas de buena calidad. Se encuentra ubicado en Av. Pacasmayo 448 Cercado de Lima. La empresa AJL inicia sus actividades económicas el 01/12/2017 luego de ser constituido. Desde un principio se desarrolló en el mercado nacional, abasteciendo de productos a mecánicas y casas de repuestos de toda Lima. Luego se expandió la entrega de productos a las casas de repuestos de provincias como Huancayo, Ayacucho, Iquitos, etc. Los principales productos que fabrica la

empresa son los engranajes para vehículos livianos y pesados, bicicletas, motocicletas, rodajes para vehículos livianos y pesados, etc.

Figura 7. Engranajes fabricados de la empresa Metalmecánica AJL



Fuente: Elaboración propia

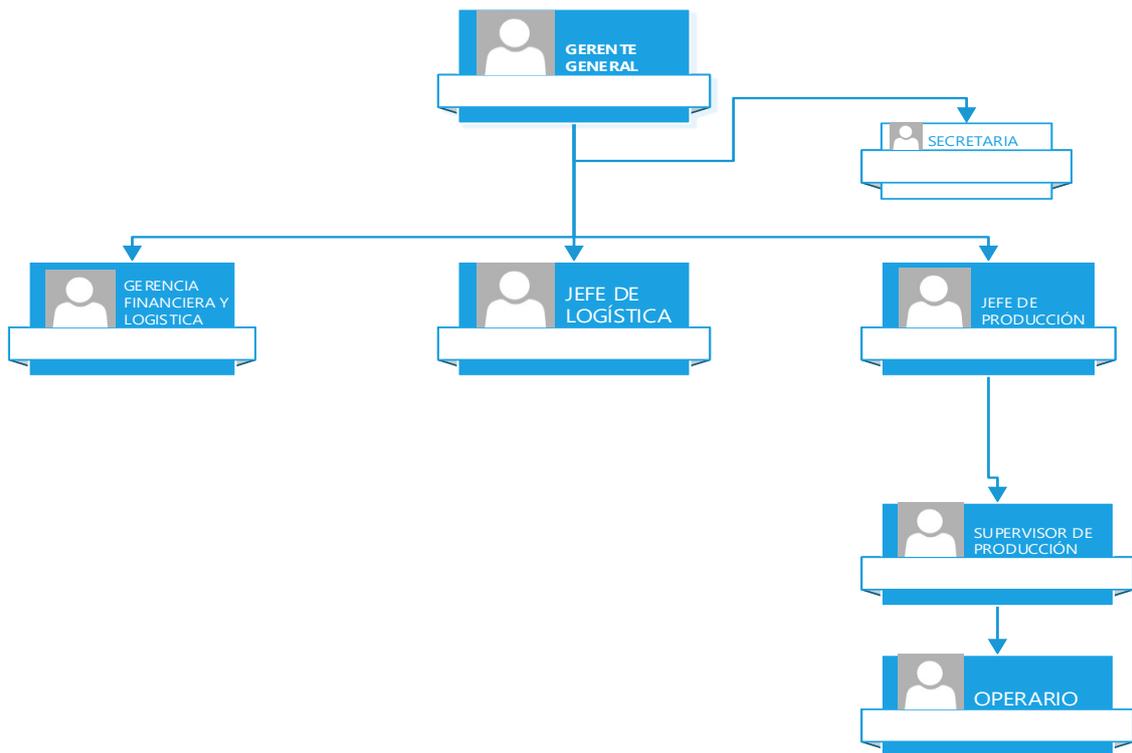
Misión: Producir y comercializar con compromiso repuestos y partes para vehículos y motocicletas de primera calidad.

Visión: Ser líder nacional en producir y comercializar repuestos partes de vehículos y motocicletas.

Valores de la empresa: Somos una empresa con compromiso, calidad, trabajo en equipo, competitividad, etc.

Continuando con nuestro trabajo de investigación en la figura 8 se muestra la estructura organizacional de la empresa Metalmecánica AJL, conformado por el gerente general, secretaria, la gerencia financiera y administrativa, logística y gerencia de ingeniería que conforman el área de diseño, área de producción y área de calidad.

Figura 8. Organigrama de la empresa Metalmecánica AJL



Fuente: Elaboración propia

### Proceso productivo de la empresa

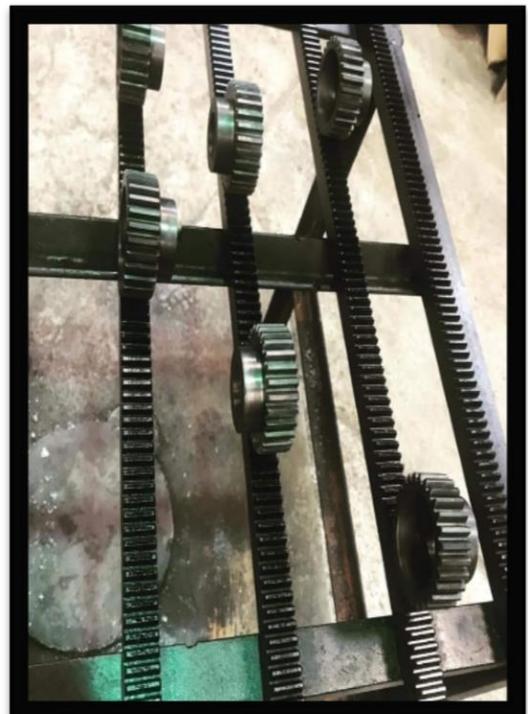
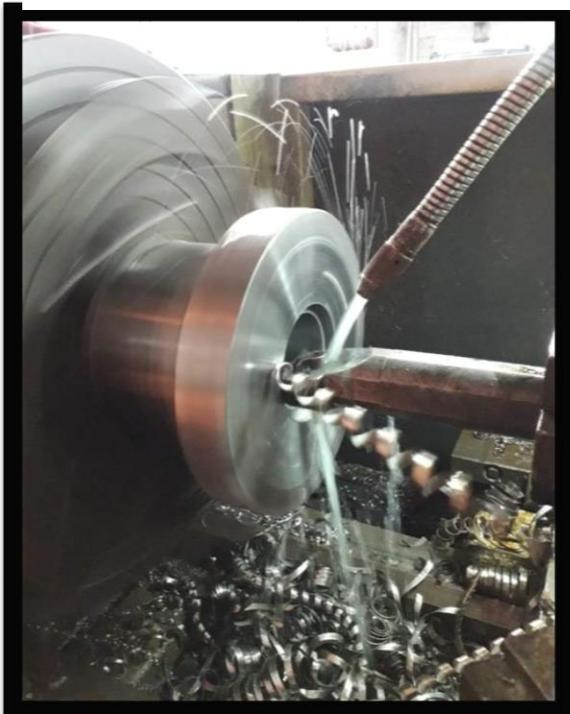
La empresa Metalmecánica Aji para la creación de los engranajes utiliza las barras de hierro redonda (AISI 1020), son aceros que tienen un contenido bajo de carbono, fácil mecanizado y sobre todo buena soldabilidad, es recomendable su uso para la fabricación de piezas estructurales o de máquina de mediana resistencia. En cuanto al proceso productivo de la empresa Metalmecánica AJL, en la figura N° mostramos el diagrama de proceso general de la empresa en la elaboración de los engranajes y nos detalla todas las áreas involucradas. Podemos identificar que en el área de fresado es donde se encuentra nuestra problemática que afecta la producción, vemos cual es el flujo que se realiza para poder realizar un engranaje. También en la figura N° mostramos el diagrama de operaciones en el área de fresado, donde detallamos todos los procedimientos que se realiza en la máquina fresadora para la elaboración del engranaje.

Figura 9. Barra de hierro y proceso de corte



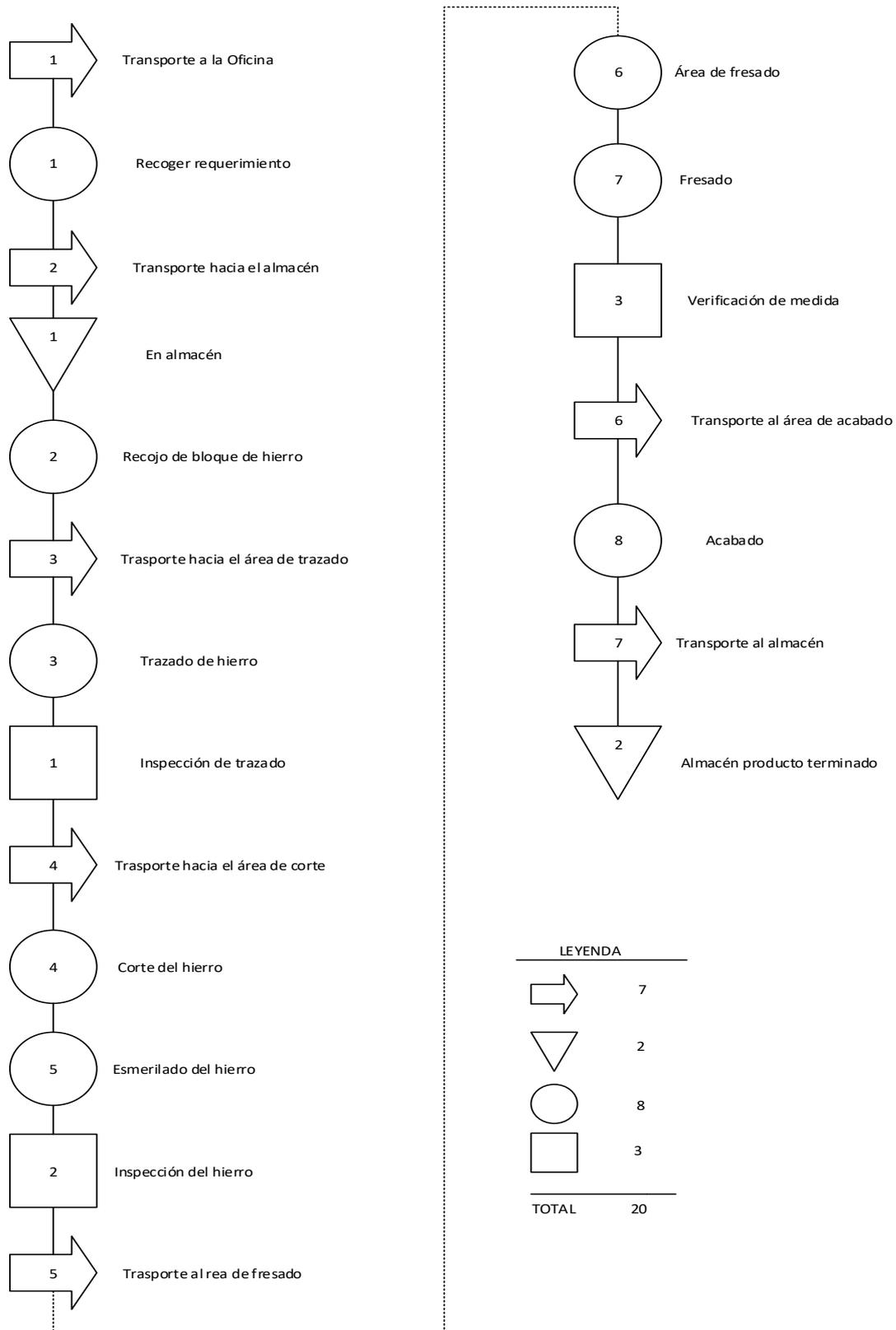
Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Figura. Proceso de corte del hierro e inspección



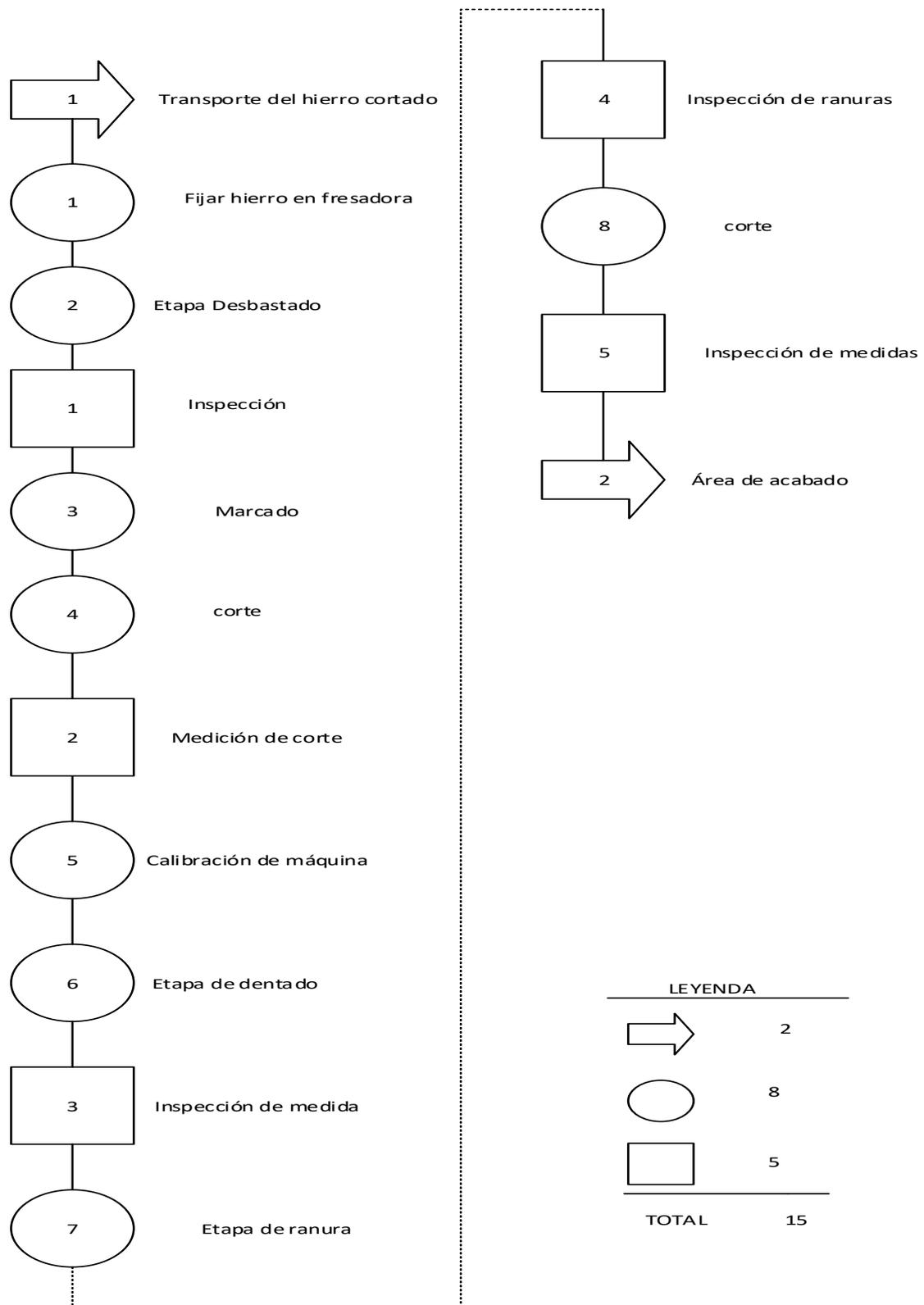
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Diagrama de análisis de proceso de creación de engranaje (general)



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Diagrama de análisis de proceso de elaboración de engranaje en la máquina fresadora.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Proceso general de creación de engranaje

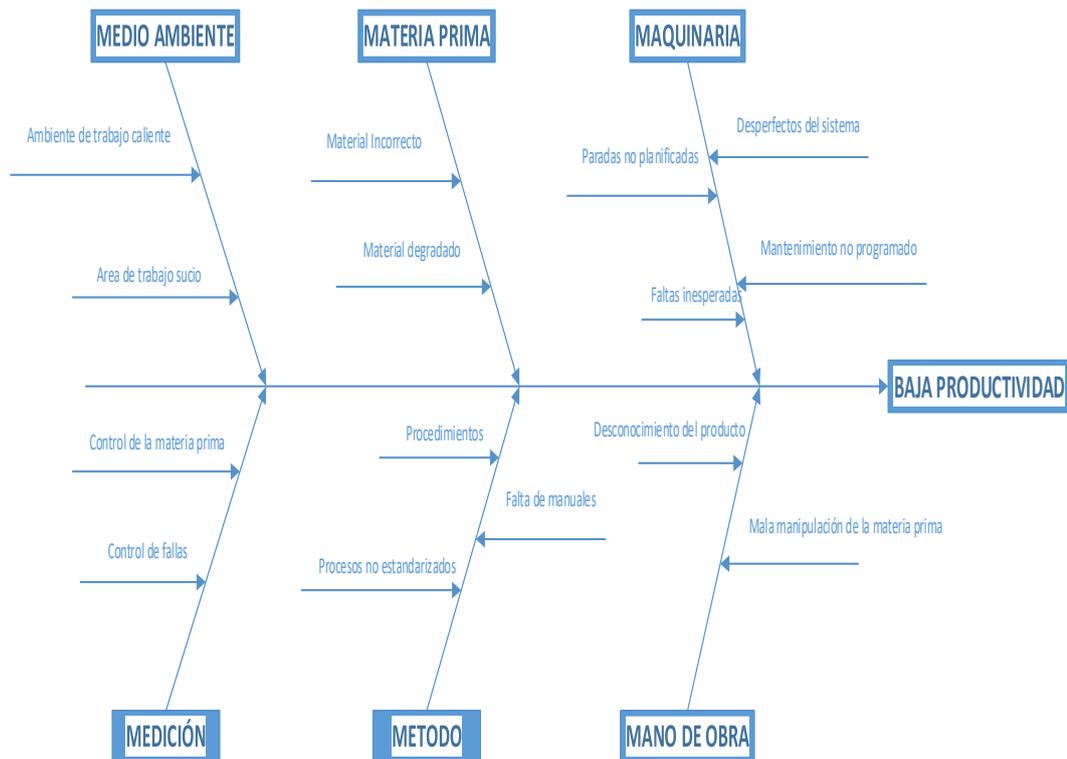
CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° _____ De: _____ Diagrama N°: _____		Operar.	Mater.	x	Maqui.					
<b>Proceso:</b>		<b>RESUMEN</b>								
<b>Fecha:</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Act.</b>	<b>Pro.</b>	<b>Econ.</b>					
<b>El estudio Inicia:</b>	○	Operación	8		0%					
<b>Método: Actual: __x__ Propuesto: _____</b>	⇒	Transporte	7		0%					
<b>Producto: Creación de engranaje</b>	□	Inspección	3		0%					
<b>Nombre del operario:</b>	D	Espera	0		0%					
<b>Elaborado por:</b>	▽	Almacenaje	2		0%					
<b>Tamaño del Lote: 1 engranajes</b>	Total de Actividades realizadas		20		0%					
	Distancia total en metros		17		0%					
	Tiempo min/hombre		39		0%					
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					○	⇒	□	D	▽	
1	Transporte a la oficina de la empresa		1.0	20.0		●				
2	Recoger el requerimiento de engranajes				●					
3	Transporte hacia el almacén		3.0	30.0		●				
4	En almacén								●	
5	Recoger los bloques de hierro con carretilla			60.0	●					
6	Transporte al área de trazado		2.0	60.0		●				
7	Trazado de hierro para el corte			120.0	●					
8	Inspección de trazado			30.0					●	
9	Transporte hacia el área de corte		2.0	60.0		●				
10	Corte del hierro			300.0	●					
11	Esmerilado del hierro			120.0	●					
12	Inspección del hierro cortado y esmerilado								●	
13	Transporte al área de fresado		4.0	60.0		●				
14	Área de fresado				●					
15	Fresado (Etapa de creación de engranaje)			1200.0	●					
16	Verificación de medida			60.0					●	
17	Transporte al área de acabado		3.0	30.0		●				
18	Acabado			120.0	●					
19	Transporte al almacén		2.0	60.0		●				
20	Almacén producto terminado									●
Tiempo Minutos: <b>38.8</b>		m	<b>17.0</b>	<b>2,330.0</b>	s					
Observaciones: Se realizó el cursograma analítico de la empresa Metalmecánica AJL, se tomó los tiempos para la creación de un engranaje.										

Tabla 7. Proceso de creación de engranaje en la máquina fresadora.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° _____ De: _____ Diagrama N°: _____		Operar.	Mater.	Maqui.	x					
Proceso:		RESUMEN								
Fecha:		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia:		○	Operación	8		0%				
Método: Actual: _____ Propuesto: _____		⇒	Transporte	2		0%				
Producto: Creación de engranaje en la máquina fresadora		□	Inspección	5		0%				
Nombre del operario:		D	Espera	0		0%				
Elaborado por:		▽	Almacenaje	0		0%				
Tamaño del Lote: 1 engranaje		Total de Actividades realizadas		15		0%				
		Distancia total en metros		7		0%				
		Tiempo min/hombre		21		0%				
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					○	⇒	□	D	▽	
1	Transporte del hierro cortado		4.0	60.0		●				
2	Fijar hierro en la máquina fresadora			30.0	●					
3	Etapa de desbastado			30.0	●					
4	Inspección			30.0			●			
5	Marcado del hierro			60.0	●					
6	Corte para guía			120.0	●					
7	Medición de corte			60.0			●			
8	Calibración de máquina para proceso de corte			120.0	●					
9	Etapa de proceso de dentado			180.0	●					
10	Inspección de medida de los dientes			180.0			●			
11	Etapa de ranura en el metal			180.0	●					
12	Inspección de las medidas de la ranura			60.0			●			
13	Corte del engranaje			60.0	●					
14	Inspección de medidas del engranaje			60.0			●			
15	Transporte al área de acabado		3.0	30.0		●				
Tiempo Minutos: 21.0		m	7.0	1,260.0	s					
Observaciones: Se realizó el cursograma analítico de la empresa Metalmecánica AJL, se tomó los tiempos para la creación del engranaje en la máquina fresadora modelo Universal.										

Siguiendo con el trabajo de investigación para llevar a cabo el análisis actual en el área de producción. Se alistan los cuadros de pre-test de las variables de estudio a utilizar, la cual iniciaremos con la variable independiente.

### 3.5.2 Problemática



Para poder plantear la mejora en nuestro trabajo de investigación se debe de identificar y definir las principales causas que generan la baja productividad en la empresa Metalmecánica AJL. Es por ello que gracias a la matriz de priorización se pudo llegar a la conclusión que el mantenimiento preventivo es la alternativa más óptima para incrementar la productividad ya que la baja productividad se centra en la disponibilidad que tienen las máquinas.

Tabla. Causas principales de la baja productividad

N°	CAUSAS	PORCENTAJE
1	Mantenimiento no programado	11%
2	Paradas no programadas	10%
3	Fallas inesperadas	10%
4	Material contaminado	9%
5	Desperfecto del sistema	9%
6	Proceso no estandarizado	8%
7	Falta de procedimiento	6%
8	Inadecuada manipulación	6%
9	Área de trabajo sucio	6%
10	Falta de manuales de operación	5%
11	Falta de reporte de fallas	5%
12	Material degradado	5%
13	Desconocimiento del producto	4%
14	Ambiente de trabajo caliente	3%
15	Falta de control del consumo	2%
	TOTAL	100%

Fuente: *Elaboración propia*

Es por ello que se menciona las 3 causas principales, en el proceso de elaboración de engranaje, que genera la baja productividad en la empresa Metalmecánica AJL.

**Causa 1: Mantenimiento no programado:** De acuerdo al análisis podemos decir que el mantenimiento no programado es una de las causas que perjudican la productividad, ya que la maquina no puede trabajar las 8 horas de programación. Esto implica que al momento de la creación de engranajes para motocicletas no se pueda completar la meta de producción.

**Causa 2: Paradas no programadas:** Es consecuencia de la falla de la maquina interrumpiendo la producción, esto genera un mantenimiento no programado.

**Causa 3: Fallas inesperadas:** De acuerdo a análisis las fallas inesperadas no son necesariamente paradas del sistema, sino también puede afectar al producto que se está creando. Por tal motivo primero se analiza la falla del equipo y luego se realiza una parada programada, esto con el objetivo de no afectar el indicador de disponibilidad.

### 3.5.3. Pretest

Mantenimiento Preventivo: Tiempo medio entre fallas (pre-test)

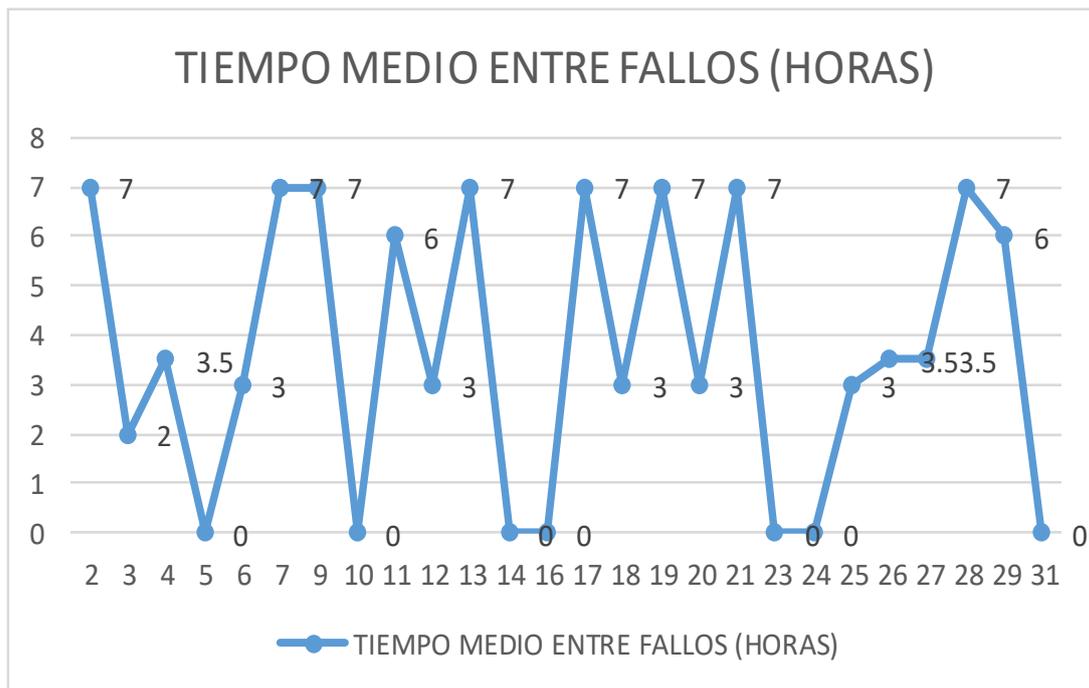
Con la ayuda de la ficha de registro del indicador de tiempo medio entre fallos se realiza el registro del tiempo programado de la máquina, tiempo de reparación y el número de paras. Los datos fueron obtenidos al momento de la elaboración de engranajes para motocicletas, en el mes de agosto de lunes a viernes con 8 horas diarias. No se toma en consideración los días domingos y feriados.

Tabla 8. Ficha de tiempo medio entre fallos

		Fecha de registro			
Área de la empresa		Indicador: Índice de tiempo medio entre fallos			
Proceso/operación		$TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$			
Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		TP: Tiempo programado de máquina			
		TR: Tiempo de reparación			
		NP: Número de paradas			
		Fecha: 02/08/2021			
01/08/2021					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA (HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	Nº DE PARADAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (HORAS)
02/08/2021	2	8	1	1	7
03/08/2021	3	8	2	3	2
04/08/2021	4	8	1	2	3.5
05/08/2021	5	8	0	0	0
06/08/2021	6	8	2	2	3
07/08/2021	7	8	1	1	7
09/08/2021	9	8	1	1	7
10/08/2021	10	8	0	0	0
11/08/2021	11	8	2	1	6
12/08/2021	12	8	2	2	3
13/08/2021	13	8	1	1	7
14/08/2021	14	8	0	0	0
16/08/2021	16	8	0	0	0
17/08/2021	17	8	1	1	7
18/08/2021	18	8	2	2	3
19/08/2021	19	8	1	1	7
20/08/2021	20	8	2	2	3
21/08/2021	21	8	1	1	7
23/08/2021	23	8	0	0	0
24/08/2021	24	8	0	0	0
25/08/2021	25	8	2	2	3
26/08/2021	26	8	1	2	3.5
27/08/2021	27	8	1	2	3.5
28/08/2021	28	8	1	1	7
29/08/2021	29	8	2	1	6
31/08/2021	31	8	0	0	0
		208	27	29	

Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Tiempo medio entre fallos



Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis se puede observar que durante el mes de agosto hay un total de 27 horas de tiempo de reparación y 29 paradas que ocasionó la máquina fresadora.

Tiempo medio entre fallos:

Tiempo medio entre fallos Agosto 2021
$TMEF = \frac{208 - 27}{29} = 6.2 \text{ Horas}$

Esto quiere decir que la máquina fresadora para que falle o vuelva a fallar tiene que pasar 6.2 horas en promedio.

### Tiempo medio de reparación (pre-test)

Siguiendo con el trabajo de investigación pasamos al indicador de tiempo medio de reparación. Primero tomamos nota de los tiempos de reparación de la máquina, luego tomamos nota del número de paradas que ha tenido la máquina. Por último, dividimos el tiempo medio de reparación con el número de paradas que ha tenido la máquina. Los datos recolectados fueron obtenidos dentro de las 8 horas diarias

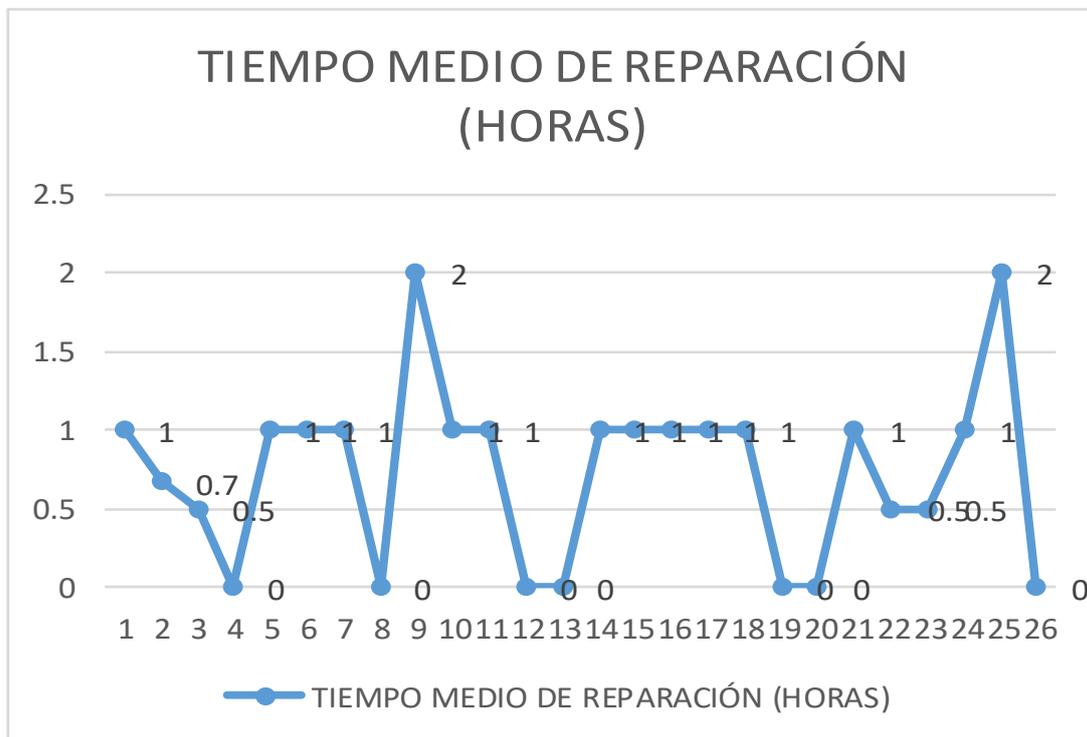
de programación de la máquina, de lunes a sábados y correspondiente al mes de agosto del 2021. No se contabilizan los datos de los días domingos y feriados.

Tabla 9. Ficha de tiempo medio de reparación

		Fecha de registro			
Área de la empresa: Producción Proceso/operación: Creación de engranaje Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		Indicador: Índice de tiempo medio de reparación			
		$TMDR = \frac{TR}{NP}$			
		TR: Tiempo de reparación			
		NP: Número de paradas			
		Fecha: 02/08/2021			
01/08/2021					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA(HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	N° DE PARADAS	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)
02/08/2021	1	8	1	1	1
03/08/2021	2	8	2	3	0.7
04/08/2021	3	8	1	2	0.5
05/08/2021	4	8	0	0	0
06/08/2021	5	8	2	2	1
07/08/2021	6	8	1	1	1
09/08/2021	7	8	1	1	1
10/08/2021	8	8	0	0	0
11/08/2021	9	8	2	1	2
12/08/2021	10	8	2	2	1
13/08/2021	11	8	1	1	1
14/08/2021	12	8	0	0	0
16/08/2021	13	8	0	0	0
17/08/2021	14	8	1	1	1
18/08/2021	15	8	2	2	1
19/08/2021	16	8	1	1	1
20/08/2021	17	8	2	2	1
21/08/2021	18	8	1	1	1
23/08/2021	19	8	0	0	0
24/08/2021	20	8	0	0	0
25/08/2021	21	8	2	2	1
26/08/2021	22	8	1	2	0.5
27/08/2021	23	8	1	2	0.5
28/08/2021	24	8	1	1	1
29/08/2021	25	8	2	1	2
31/08/2021	26	8	0	0	0
		208	27	29	

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Tiempo medio de reparación



Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis se puede observar que durante el mes de agosto hay un total de 27 horas de paradas y 29 paradas que ocasionó la maquina fresadora.

Tiempo medio de reparación:

Tiempo medio de reparación Agosto 2021
$TMDR = \frac{27}{29} = 0.9 \text{ Horas}$

Esto quiere decir que la máquina fresadora se demora 0.9 horas en promedio ser reparada.

### Disponibilidad (Pre-test)

Continuando con el trabajo de investigación pasamos a evaluar la ficha de registro con el indicador de disponibilidad. Para poder calcular la disponibilidad recolectamos los datos obtenidos del tiempo medio entre fallos y tiempo medio de reparación, luego dividimos el tiempo medio entre fallos con la suma obtenida de

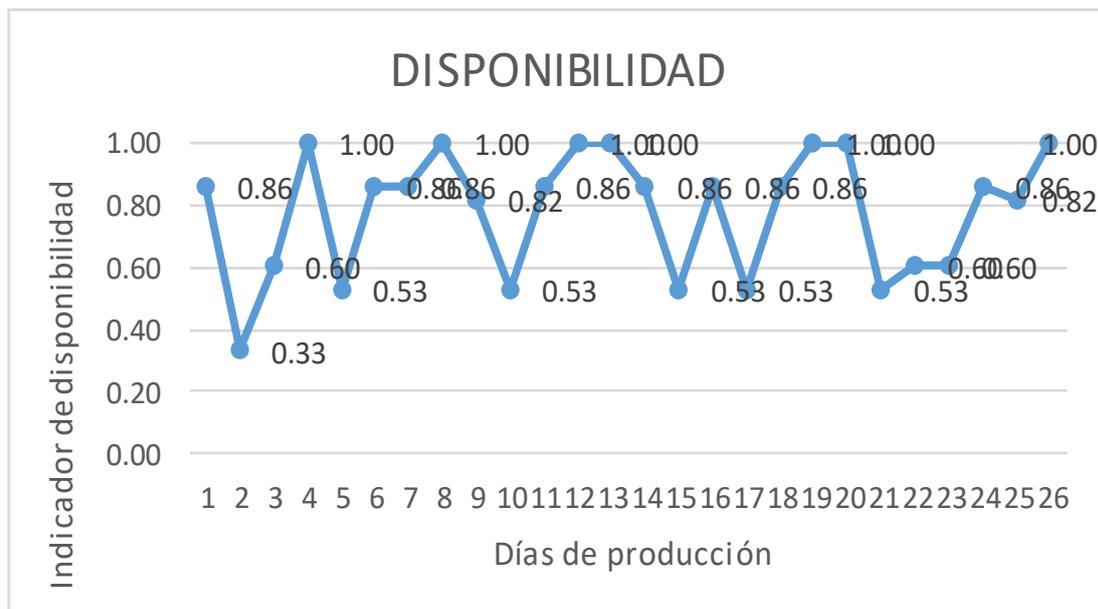
tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación. Los datos fueron obtenidos dentro de las 8 horas diarias de programación de la máquina, de lunes a sábados y correspondiente al mes de agosto del 2021. No se contabilizan los datos de los días domingos y feriados.

Tabla 10. Ficha de disponibilidad

		Fecha de registro			
		Indicador: Índice de Disponibilidad			
		$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$			
Área de la empresa	Producción	TMEF: Tiempo medio entre fallas			
Proceso/operación	Creación de engranaje	TMDR: Tiempo medio de reparación			
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Fecha: 02/08/2021			
ago-21					
Fecha	DIA	TIEMPO PROGRAMADO (Horas)	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (Horas)	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas)	DISPONIBILIDAD (%)
02/08/2021	1	8	7	1.1	0.86
03/08/2021	2	8	2	4.0	0.33
04/08/2021	3	8	3.5	2.3	0.60
05/08/2021	4	8	0	0.0	1.00
06/08/2021	5	8	3	2.7	0.53
07/08/2021	6	8	7	1.1	0.86
09/08/2021	7	8	7	1.1	0.86
10/08/2021	8	8	0	0.0	1.00
11/08/2021	9	8	6	1.3	0.82
12/08/2021	10	8	3	2.7	0.53
13/08/2021	11	8	7	1.1	0.86
14/08/2021	12	8	0	0.0	1.00
16/08/2021	13	8	0	0.0	1.00
17/08/2021	14	8	7	1.1	0.86
18/08/2021	15	8	3	2.7	0.53
19/08/2021	16	8	7	1.1	0.86
20/08/2021	17	8	3	2.7	0.53
21/08/2021	18	8	7	1.1	0.86
23/08/2021	19	8	0	0.0	1.00
24/08/2021	20	8	0	0.0	1.00
25/08/2021	21	8	3	2.7	0.53
26/08/2021	22	8	3.5	2.3	0.60
27/08/2021	23	8	3.5	2.3	0.60
28/08/2021	24	8	7	1.1	0.86
29/08/2021	25	8	6	1.3	0.82
31/08/2021	26	8	0	0.0	1.00
		208	95.5	36.0	

Fuente. Elaboración propia

Figura 15. Disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis se puede observar que, en el mes de agosto del 2021, el tiempo medio entre fallas tiene un total de 95.5 horas y el tiempo medio de reparación tiene 36 horas.

Disponibilidad

Disponibilidad Agosto 2021
$D = \frac{95.5}{95.5 + 36} = 0.72 \%$

Podemos decir que la disponibilidad de la máquina fresadora en el mes de agosto del 2021 es del 72 %.

Siguiendo con el trabajo de investigación para llevar acabo el análisis actual en el área de producción. Se alistan los cuadros de pre-test de las variables de estudio a utilizar, la cual pasaremos a la variable dependiente.

## PRODUCTIVIDAD

### Eficiencia (Pre-test)

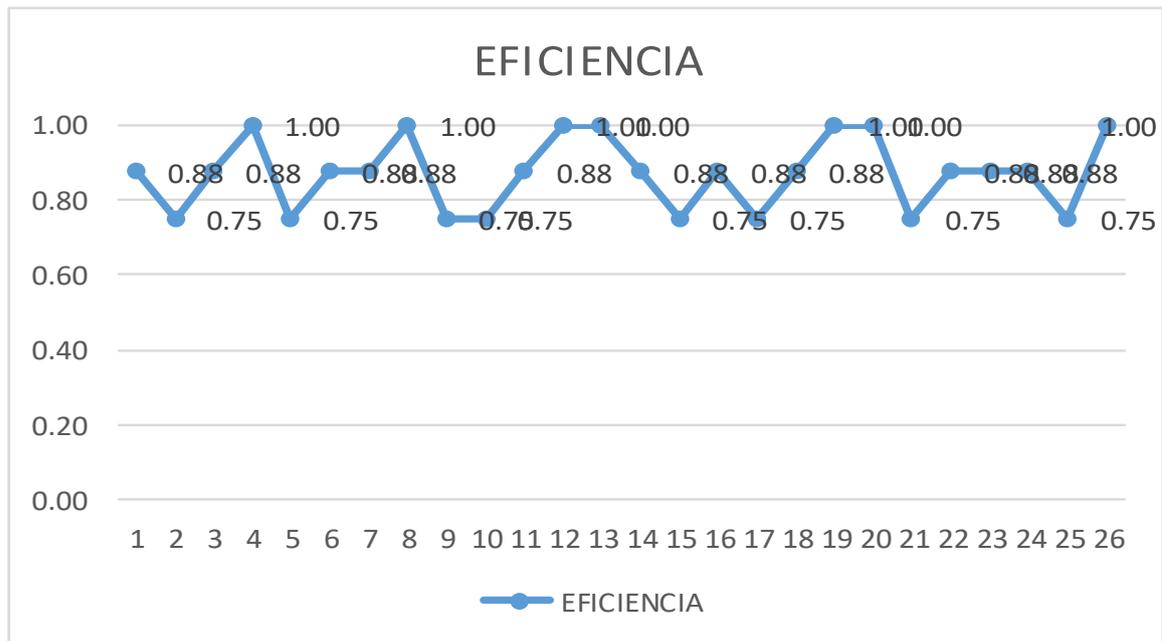
Con la ayuda de la ficha de recolección de datos evaluaremos la eficiencia de la máquina, primero anotaremos el tiempo real de producción de la máquina y lo dividimos con el tiempo programado de la máquina. Los datos fueron obtenidos dentro de las 8 horas diarias de programación de la máquina, de lunes a sábados y correspondiente al mes de agosto del 2021. No se contabilizan los datos de los días domingos y feriados.

Tabla 11. Ficha de registro de eficiencia

				Fecha de registro		
Área de la empresa				Indicador: Índice de Eficiencia		
Proceso/operación				$EF = \frac{TDPM}{TPM}$		
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro				TDPM: Tiempo real de producción de máquina TP: Tiempo programado de máquina		
				Fecha: 02/08/2021		
FECHA	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO (horas)	TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN (horas)	PRODUCCIÓN PROGRAMADA	PRODUCCIÓN REAL	EFICIENCIA
02/08/2021	1	8	7	120	105	0.88
03/08/2021	2	8	6	120	90	0.75
04/08/2021	3	8	7	120	105	0.88
05/08/2021	4	8	8	120	120	1.00
06/08/2021	5	8	6	120	90	0.75
07/08/2021	6	8	7	120	105	0.88
09/08/2021	7	8	7	120	105	0.88
10/08/2021	8	8	8	120	120	1.00
11/08/2021	9	8	6	120	90	0.75
12/08/2021	10	8	6	120	90	0.75
13/08/2021	11	8	7	120	105	0.88
14/08/2021	12	8	8	120	120	1.00
16/08/2021	13	8	8	120	120	1.00
17/08/2021	14	8	7	120	105	0.88
18/08/2021	15	8	6	120	90	0.75
19/08/2021	16	8	7	120	105	0.88
20/08/2021	17	8	6	120	90	0.75
21/08/2021	18	8	7	120	105	0.88
23/08/2021	19	8	8	120	120	1.00
24/08/2021	20	8	8	120	120	1.00
25/08/2021	21	8	6	120	90	0.75
26/08/2021	22	8	7	120	105	0.88
27/08/2021	23	8	7	120	105	0.88
28/08/2021	24	8	7	120	105	0.88
29/08/2021	25	8	6	120	90	0.75
31/08/2021	26	8	8	120	120	1.00
		208	181			

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Eficiencia



Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis podemos observar que en el mes de agosto del 2021 la máquina fresadora tuvo un tiempo programado de 208 horas y una programación real de 181 horas.

Eficiencia

Eficiencia Agosto 2021
$EF = \frac{181}{208} = 0.87$

Se puede decir que en el mes de agosto del 2021 la máquina fresadora tiene una eficiencia de 0.87 equivalente al 87 %.

### EFICACIA

Continuando con el trabajo de investigación analizaremos la eficacia con la ficha de recolección de datos. Primero recolectamos los datos del número de piezas producidas por la máquina y lo dividimos con el número de piezas planificadas. Los datos fueron obtenidos dentro de las 8 horas diarias de programación de la

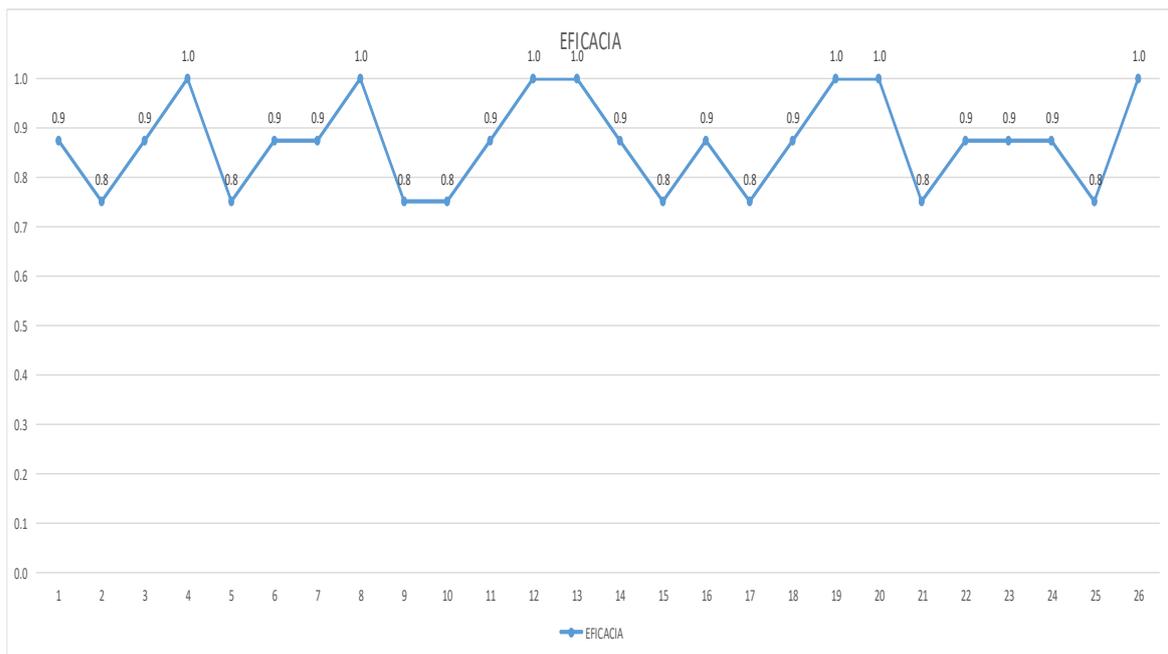
máquina, de lunes a sábados y correspondiente al mes de agosto del 2021. No se contabilizan los datos de los días domingos y feriados.

Tabla 12. Ficha de registro de eficacia

				Fecha de registro		
				Indicador: Índice de Eficacia		
				$E = \frac{PP}{PPL}$		
Área de la empresa		Producción		PP: Piezas producidas		
Proceso/operación		Creación de engranaje				
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro				PPL: Piezas planificadas		
				Fecha: 02/08/2021		
FECHA	DIA	TIEMPO PROGRAMADO (horas)	TIEMPO DE PRODUCCIÓN (horas)	PIEZAS PLANIFICADAS	PIEZAS PRODUCIDAS	EFICACIA
02/08/2021	1	8	7	120	105	0.9
03/08/2021	2	8	6	120	90	0.8
04/08/2021	3	8	7	120	105	0.9
05/08/2021	4	8	8	120	120	1.0
06/08/2021	5	8	6	120	90	0.8
07/08/2021	6	8	7	120	105	0.9
09/08/2021	7	8	7	120	105	0.9
10/08/2021	8	8	8	120	120	1.0
11/08/2021	9	8	6	120	90	0.8
12/08/2021	10	8	6	120	90	0.8
13/08/2021	11	8	7	120	105	0.9
14/08/2021	12	8	8	120	120	1.0
16/08/2021	13	8	8	120	120	1.0
17/08/2021	14	8	7	120	105	0.9
18/08/2021	15	8	6	120	90	0.8
19/08/2021	16	8	7	120	105	0.9
20/08/2021	17	8	6	120	90	0.8
21/08/2021	18	8	7	120	105	0.9
23/08/2021	19	8	8	120	120	1.0
24/08/2021	20	8	8	120	120	1.0
25/08/2021	21	8	6	120	90	0.8
26/08/2021	22	8	7	120	105	0.9
27/08/2021	23	8	7	120	105	0.9
28/08/2021	24	8	7	120	105	0.9
29/08/2021	25	8	6	120	90	0.8
31/08/2021	26	8	8	120	120	1.0
				3120	2715	

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Eficacia



Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis podemos observar que en el mes de agosto del 2021 la máquina fresadora tuvo 3120 piezas programadas y 2715 piezas producidas.

Eficacia

Eficacia Agosto 2021
$E = \frac{2715}{3120} = 0.87$

Se puede decir que en el mes de agosto del 2021 la máquina fresadora tiene una eficiencia del 0.87 equivalente al 87 %.

### Productividad (Pre-Test)

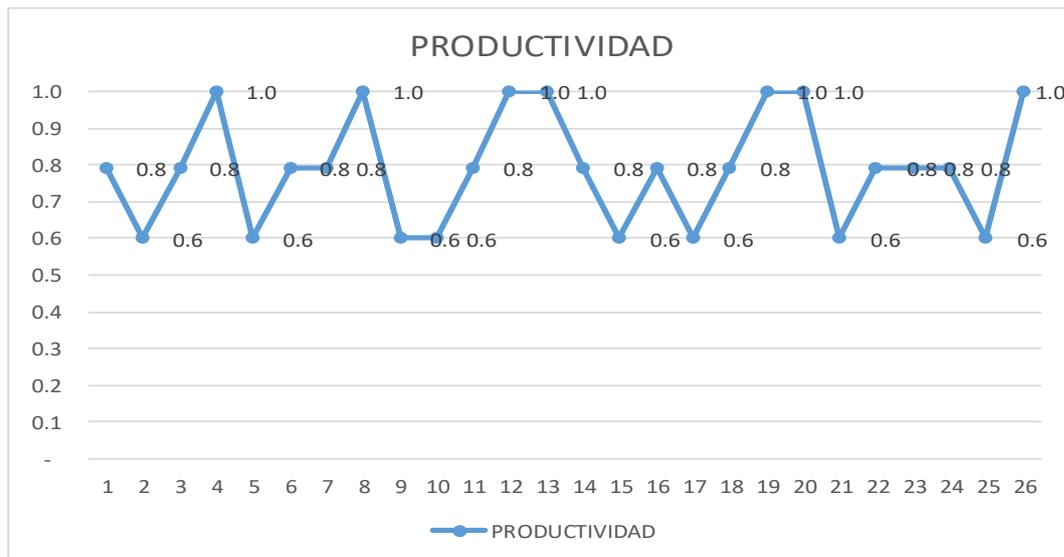
Siguiendo con nuestro trabajo de investigación analizaremos la productividad del área de producción, tomaremos los datos de la eficiencia y eficacia del mes de agosto del 2021, luego lo multiplicaremos para obtener la productividad de la empresa.

Tabla 13. Ficha de registro de productividad

			Fecha de registro	
			Indicador: Índice de Productividad	
			$P = EF * E$	
Área de la empresa		Producción	EF: Eficiencia	
Proceso/operación		Creación de engranaje		
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro			E: Eficacia	
			Fecha: 02/08/2021	
FECHA	DIA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
02/08/2021	1	0.875	0.88	0.77
03/08/2021	2	0.75	0.75	0.56
04/08/2021	3	0.875	0.88	0.77
05/08/2021	4	1.00	1.00	1.00
06/08/2021	5	0.75	0.75	0.56
07/08/2021	6	0.875	0.88	0.77
09/08/2021	7	0.875	0.88	0.77
10/08/2021	8	1.00	1.00	1.00
11/08/2021	9	0.75	0.75	0.56
12/08/2021	10	0.75	0.75	0.56
13/08/2021	11	0.875	0.88	0.77
14/08/2021	12	1.00	1.00	1.00
16/08/2021	13	1.00	1.00	1.00
17/08/2021	14	0.875	0.88	0.77
18/08/2021	15	0.75	0.75	0.56
19/08/2021	16	0.875	0.88	0.77
20/08/2021	17	0.75	0.75	0.56
21/08/2021	18	0.875	0.88	0.77
23/08/2021	19	1.00	1.00	1.00
24/08/2021	20	1.00	1.00	1.00
25/08/2021	21	0.75	0.75	0.56
26/08/2021	22	0.875	0.88	0.77
27/08/2021	23	0.875	0.88	0.77
28/08/2021	24	0.875	0.88	0.77
29/08/2021	25	0.75	0.75	0.56
31/08/2021	26	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Productividad



Fuente: *Elaboración propia*

Productividad Agosto 2021	
Eficiencia	0.87
Eficacia	0.87
<i>Productividad = 0.87 * 0.87 = 0.76</i>	

Podemos decir que la productividad de la máquina fresadora en el mes de agosto del 2021 es del 0.76 que equivale a 76 %.

### 3.5.4 Desarrollo de la propuesta

#### Presupuesto del proyecto

En el siguiente cuadro muestra el costo del desarrollo del trabajo de investigación, con un valor de s/. 2750. Dichos gastos serán asumidos por la empresa Metalmecánica AJL.

Tabla 14. Presupuesto de la implementación

Cantidad	Recursos	Costo Unitario (s/ .)	Monto Total (s/ .)
1	Jefe y supervisor de mantenimiento	1000	1000
1	Técnico de mantenimiento	500	500
2	Maleta de herramientas	350	700
	Insumos	500	500
	Artículos de oficina	50	50
TOTAL		2400	2750

Fuente: *Elaboración propia*

#### Implementación de la propuesta

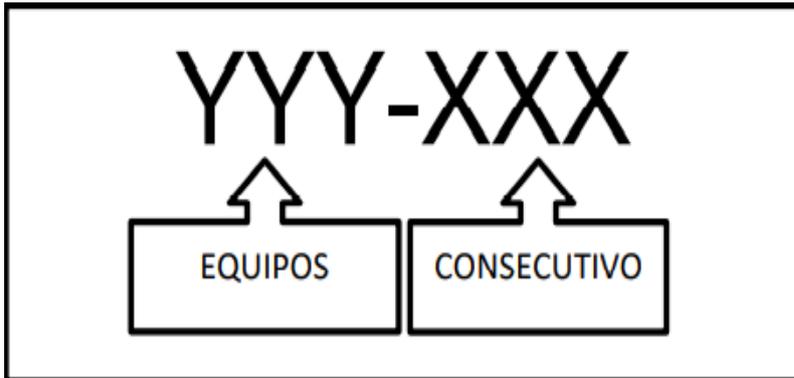
Para la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Metalmecánica AJL necesitaremos hacerlo en dos etapas, que son planeación y control. Por otro lado, la empresa no cuenta con documentación o registro alguno de la realización de mantenimiento preventivo, por ello se procede a realizar lo siguiente:

##### Primera etapa: Planeación

##### a. Codificación de máquinas y/o equipos

En la empresa se procedió a codificar las máquinas y/o equipos para que pueda ser fácil identificarlas. Se codificará de forma alfanumérica y con las tres primeras letras de la máquina, se empezará con la codificación 001.

Figura 19. Nomenclatura alfanumérica para equipos



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realizó la codificación de las máquinas y equipos que cuenta la empresa Metalmecánica AJL.

Tabla 15. Codificación de máquinas y equipos

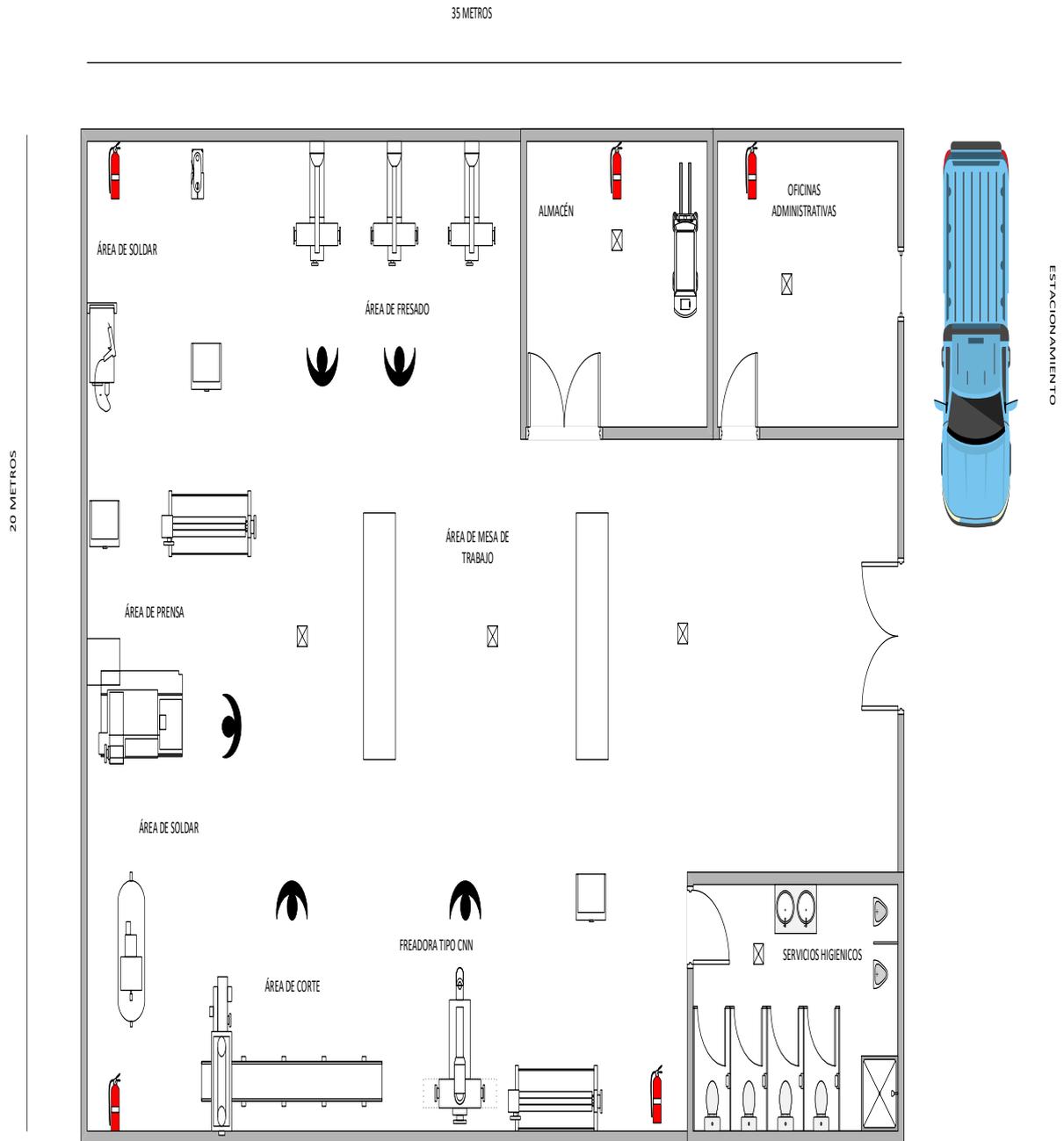
CÓDIGO DEL EQUIPO O MÁQUINA	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO O MÁQUINA
MFA001	Máquina Fresadora Universal
MFA002	Máquina Fresadora Horizontal
MFA003	Máquina Fresadora Horizontal
MSE001	Máquina Soldadura Eléctrica
PHI001	Prensa Hidráulica
MT001	Máquina Taladradora
C001	Compresora
MSM001	Máquina Sierra Mecánica
PM001	Prensa Manual
T001	Torno
PLE001	Plegadora
CIM001	Cizalla Mecánica
ESB001	Esmeril de Banco

Fuente: Elaboración propia

## b. Layout de la empresa

Se realizó un layout de la empresa Metalmecánica AJL para una mejor distribución de las máquinas y equipos de la empresa.

Figura 20. Layout de la empresa Metalmecánica AJL



Fuente: Elaboración propia.

## Inventario de máquinas y equipos

Se realizó el inventario de las máquinas para tener un control de los mismos, así como también ver su operatividad y poder tomar decisiones de reemplazo.

Tabla 16. Inventario de máquinas y equipos

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA	MARCA	MODELO
MFA001	Máquina Fresadora Universal	CHINA	CD machinery	X6232B
MFA002	Máquina Fresadora Horizontal	CHINA	CD machinery	X6232B
MFA003	Máquina Fresadora Horizontal	CHINA	CD machinery	X6232B
MSE001	Máquina Soldadura Eléctrica	NACIONAL	LINCOLN	225C
PHI001	Prensa Hidráulica	CHINA	L&B	YB32
MT001	Máquina Taladradora	CHINA	WEISS	VM25L
C001	Compresora	NACIONAL	EDIPEA	GA-11AL
MSM001	Máquina Sierra Mecánica	CHINA	UNI-TECH	G5018WA
T001	Torno	USA	WHITE EAGLE	CM6241
PLE001	Plegadora	CHINA	LIMING	BENDING
CIM001	Cizalla Mecánica	USA	BORUI	QC11Y/K
ESB001	Esmeril de Banco	USA	FIXTEC	FBG20001

Fuente: Elaboración propia

## Fichas Técnicas

Se ha elaborado las fichas técnicas de los equipos de la empresa Metalmecánica AJL para que se pueda desarrollar el mantenimiento preventivo. Las fichas cuentan con información detallada como nombre, código, marca, pesa, etc. Ver del anexo 13 hasta el 22.

Tabla 17. Ficha técnica de máquina fresadora

		<b>MÁQUINA FRESADORA</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		
DESCRIPCIÓN:	FRESADORA UNIVERSAL	
CÓDIGO:	MFA001	
MARCA	CD MACHINERY	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	2327 X 1792 X 2000 mm	
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	VERDE	
MODELO	X6232B	
USO	ACTIVO	
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>
PESO:	3500 Kg.	<p>Una fresadora es una máquina herramienta para realizar trabajos mecanizados por arranque de viruta, mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte, denominada fresa. Mediante el fresado se pueden mecanizar los más diversos materiales, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras, de dentado, etc.</p>
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	60 Sets/Month	
ROTACIÓN DEL MOTOR	1420 R/min	
POTENCIA DEL MOTOR DE CABEZA	3 Kw	
BOMBA DE AGUA V.R	3 L/min	
MOTOR PRINCIPAL	960 R/min	
PASOS DE V. AVANCE	18	
POTENCIA MOTOR PRINCIPAL	7.5 Kw	

Fuente: Elaboración propia

### e. Herramientas y equipos

Se implementó en la empresa Metalmecánica AJL dos cajas de herramientas con la finalidad de darles a los operarios la facilidad de hacer el mantenimiento diario de las máquinas.

Tabla 18. Herramientas implementadas

CAJA DE HERRAMIENTAS		
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	CANTIDAD
0001	Juego de llaves mixtas Stanley	2
0002	Llave francesa 6 pulgadas	2
0003	Llave francesa Stanley 24	2
0004	Martillo de goma	2
0005	Alicate punta larga	2
0006	Alicate pico de loro	2
0007	Alicate universal	2
0008	Martillo uña	2
0009	Juego de dados Stanley	2

Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Caja de Herramientas y aceite



Fuente: Elaboración propia

Se implementó la compra mensual de overol descartable para realizar el trabajo de mantenimiento preventivo, ya que las actividades a realizar necesitan de ropa especial. También los insumos consumibles que se necesitaran comprar mensualmente para realizar las actividades de mantenimiento programadas.

Tabla 19. Consumibles mensuales

CONSUMIBLES MENSUALES	
Descripción	Cantidad
Aceite SHC 630/ 946ML	4
Grasa de litio	4
Trapo	15
Guantes	2
brocha	2
Overol Descartable	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Overol desechable y guantes



Fuente: Elaboración propia

#### **f. Tareas de mantenimiento correctivo**

- Mantenimiento realizado por el técnico: Se realizó el mantenimiento correctivo a la maquina fresadora la cual está compuesta por las siguientes actividades:

##### Inspección:

1. Inspección exterior e interior de la máquina,
2. Inspección del aceite para una adecuada lubricación interna de la máquina.
3. Inspección del juego de husillo porta fresa para un adecuado trabajo.
4. Inspección de la tensión de las correas para verificar la potencia de la máquina.
5. Inspecciones de las conexiones eléctricas.
6. Inspección del eje central para ver la calibración.
7. Inspección del motor.

##### Acciones:

1. Se realizó la limpieza completa de la máquina fresadora ya que no había una adecuada higiene.
2. Se cambió el aceite ya que se encontraba con imperfecciones que dañaban la maquina fresadora.
3. Se calibró el juego de husillo para un correcto funcionamiento de la mesa de trabajo.
4. Se cambió las correas ya que se encontraban desgastadas, perjudicando la potencia del motor.
5. Se cambió fusibles que se encontraban quemados.
6. Engrase del eje central de la maquina fresadora.
7. Cambio de rodamientos del motor principal y prueba de bobinado.

Figura 23. Inspección de piezas de la máquina fresadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Cambio de piezas de la máquina fresadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Inspección de funcionamiento de la máquina fresadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Inspección de piezas de la máquina fresadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Limpieza de piezas de la máquina fresadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Cambio de piezas de la máquina fresadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Orden de trabajo del mantenimiento

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO										
ORDEN DE TRABAJO										
PRODUCCIÓN				MANTENIMIENTO						
Sección	Producción			Tipo de Mantenimiento	Especialidad	Estado de la Maquina				
Maquina	Fresadora JM-2			Correctivo	Mécanico	Detenida	X			
Prioridad	Urgente	X	3	Programado	Eléctrico	Trabajando				
	1		4	Otro	Otro					
	2		5							
Descripción del trabajo			Trabajo Realizado			Repuestos y Materiales				
1- Limpieza Total de la maquina se procedió a retirar las virutas y refrigerante.			1- Se realizó la limpieza de restos solidos con aire a presión			1- Lubricante Mobil SHC 625				
2- Cambio de aceite			2- Se cambió el aceite y refri- gerante.			2- Grasa lítico				
3- Se ajustó el juego del husillo falta grasas.			3- Calibración del husillo			3- Refrigerante				
4- Inspección de los guía			4- rectificación de los guía			4- Arandela de presión 1/2				
5- verificar la tensión de los carmas			5- Se cambió correa			5- Arandela plana 1/2				
6- Inspección de las masas eléctricas.			6- Cambio de fusibles de la maquina			6- Perno tipo cubo H5-H64				
7- Inspección de eje central			7- Se engrasa al eje central			7- Kit de Herramientas				
8- Inspección de motor			8- Se realizó prueba de bobinado al motor			8- Multímetros				
						9- Cinta aislante 3M				
Solicitado por: ALESSANDRO JUAN CHAVEZ GONZ			Solicitado por: ALESSANDRO JUAN CHAVEZ GONZ			Solicitado por: ALESSANDRO JUAN CHAVEZ GONZ				
Jefe de Sección:			Jefe de Sección:			Jefe de Sección:				
Fecha:	05-10-21		Fecha:	05-10-21		Fecha:	05-10-21			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Repuestos y materiales

Nº	REPUESTOS Y MATERIALES
1	Lubricante Mobil SHC630
2	Grasa lítico
3	Refrigerante
4	Arandela de presión 1/2
5	Arandela plana 1/2
6	Perno tipo cubo H5-H64
7	Cinta aislante 3M
8	Rodamientos

Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Aceite y Lubricantes



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Rodamientos y arandelas



Fuente: Elaboración propia

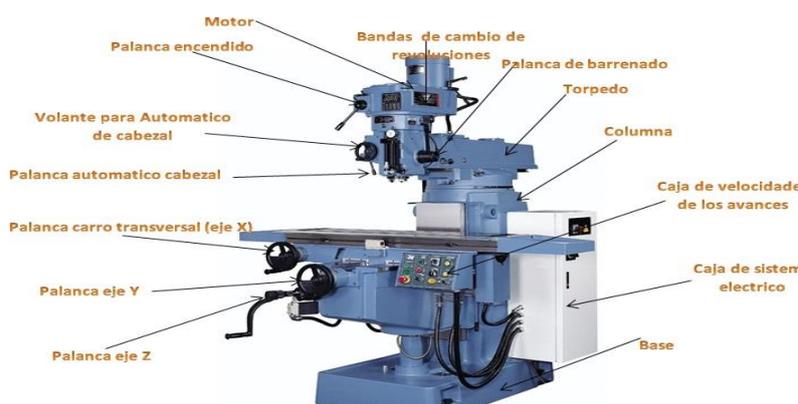
- Mantenimiento realizado por los operarios: Se dispuso que los operarios de la empresa Metalmecánica AJL contribuyan con el mantenimiento básico que necesitan las máquinas y de designo que uno de ellos sea el encargado con su operario, es por ello que se creó un check list diario para que se apoyen con las tareas e inspecciones.

Tabla 21. Encargados del mantenimiento

Apellidos y Nombres	Cargo
Alejandro Gambo Torre	Jefe de mantenimiento
Juan Ramírez Quispe	Operario mecánico

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Check list diario

		LISTA DE CHEQUEO DIARIO DE MÁQUINA FRESADORA		DÍA	
				PÁGINA	1
REALIZADO POR:		FIRMA DEL RESPONSABLE DEL CHEQUEO:		CÓDIGO	011
FECHA:		AREA: PRODUCCIÓN	MÁQUINA: MFA001	VERSIÓN	011
MARQUE CON UNA X EL ESTADO		S= SATISFACTORIO D= DEFICIENTE		NA= NO APLICA A= AUSENTE	
ACTIVIDAD O INSPECCIÓN	ESTADO				DESCRIPCION DEL PROBLEMA
	S	D	A	NA	
Limpieza de virutas y refrigerante					
Limpieza de mesa y bruñidas					
Limpiar filtro de bomba de refrigerante					
Aplicar grasa o aceite a guías					
Limpiar guías de deslizamiento					
Limpiar manchas de aceite					
Inspección del juego de husillo					
Inspección de las guías de la ménsula					
Inspección de las conexiones					
Inspección de la tensión de correas					
Inspección de la transmisión					
Inspección de motor					
Inspección de las carcasas de protección de las poleas, engranajes y cardanes.					
Inspección de la mesa de trabajo					
Inspección de interruptores controladores					
Inspección de equipos de protección					
Inspección de herramientas					
OBSERVACIÓN:					
					

Fuente: Elaboración propia

### g. Codificación de actividades

Se dividió las actividades de mantenimiento de acuerdo a su característica, las cuales son actividades de lubricación, eléctricas y mecánicas. Cada actividad cuenta con un código único para evitar confusiones y agilizar las actividades.

Tabla 23. Actividades de lubricación

Actividades de Lubricación	
Actividad	Código
Engrase de reductores de velocidad	L001
Engrase de Husillo de Transmisión	L002
Lubricación de Barras y guías Deslizables	L003
Lubricación de Tornillo Tuerca	L004
Lubricación de caja de velocidad	L005
Lubricación de resorte de accionamiento	L006

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Actividades eléctricas

Actividades eléctricas	
Actividad	Código
Revisión de conexines de motor	E001
Revisión del contactor principal	E002
Revisión del Standby on	E003
Revisión del Standby off	E004
Revisión del fusible de control	E005
Revisión del Switch Puerta motor	E006
Revisión del sistema de paro de emergencia	E007
Revisión del tablero de control	E008
Revisión del sistema de pulso izquierdo y derecho	E009

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Actividades mecánicas

Actividades Mecánicas	
Actividad	Código
Limpieza de máquina	M001
Mantenimiento de guías y husillo	M002
Inspección de mesa de trabajo	M003
Inspección del motor principal	M004
Inspección controles hidráulicos	M005
Calibración de máquina	M006
Mantenimiento de motor principal	M007

Fuente: Elaboración propia

### h. Plan de mantenimiento:

Se elaboró con la ayuda del técnico encargado en el mantenimiento de la máquina fresadora, de realizar el mantenimiento un plan de mantenimiento anual, la cual están divididas por actividades diarias, semanales, mensuales, bimestral y anual

Tabla 26. Planificación anual de mantenimiento preventivo

		PLANIFICACIÓN ANUAL DE ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																															
		FREZADORA MODELO : UNIVERSAL																																															
		FRECUENCIA	Tiempo de la acción (min)	sep-21				oct-21				nov-21				dic-21				ene-22				feb-22				mar-22				abr-22				may-22				jun-22				jul-22				ago-22	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
ACTIVIDADES DE LUBRICACIÓN	Engrase de reductores de velocidad	SEMANAL	30	S				S				S				S				S				S				S				S				S				S				S					
	Engrase de Husillo de Transmisión	SEMANAL	60	S				S				S				S				S				S				S				S				S				S									
	Lubricación de Barras y guías Deslizables	SEMANAL	60	S				S				S				S				S				S				S				S				S				S									
	Lubricación de Tornillo Tuerca	SEMANAL	60	S				S				S				S				S				S				S				S				S				S									
	Lubricación de caja de velocidad	SEMANAL	60	S				S				S				S				S				S				S				S				S				S									
	Lubricación de resorte de accionamiento	SEMANAL	30	S				S				S				S				S				S				S				S				S				S									
ACTIVIDADES ELÉCTRICAS	Revisión de conexiones de motor	MENSUAL	60			M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
	Revisión del contactor principal	MENSUAL	60			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Revisión del Standby on	MENSUAL	30			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Revisión del Standby off	MENSUAL	30			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Revisión del fusible de control	MENSUAL	60			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Revisión del Switch Puerta motor	MENSUAL	60			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Revisión del sistema de paro de emergencia	MENSUAL	60			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Revisión del tablero de control	MENSUAL	60			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
	Revisión del sistema de pulso izquierdo y derecho	MENSUAL	60			M				M				M				M				M				M				M				M				M											
ACTIVIDADES MECÁNICAS	Limpieza de máquina	DIARIO	60	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D						
	Mantenimiento de guías y husillo	SEMANAL	60		S				S				S				S				S				S				S				S				S				S								
	Inspección de mesa de trabajo	SEMANAL	30		S				S				S				S				S				S				S				S				S												
	Inspección del motor principal	BIMESTRAL	30							B								B																B															
	Inspección controles hidráulicos	MENSUAL	30		M				M				M				M				M				M				M				M				M												
	Calibración de máquina	SEMESTRAL	-	SE																		SE																											
	Mantenimiento de motor principal	ANUAL	-	A																																													

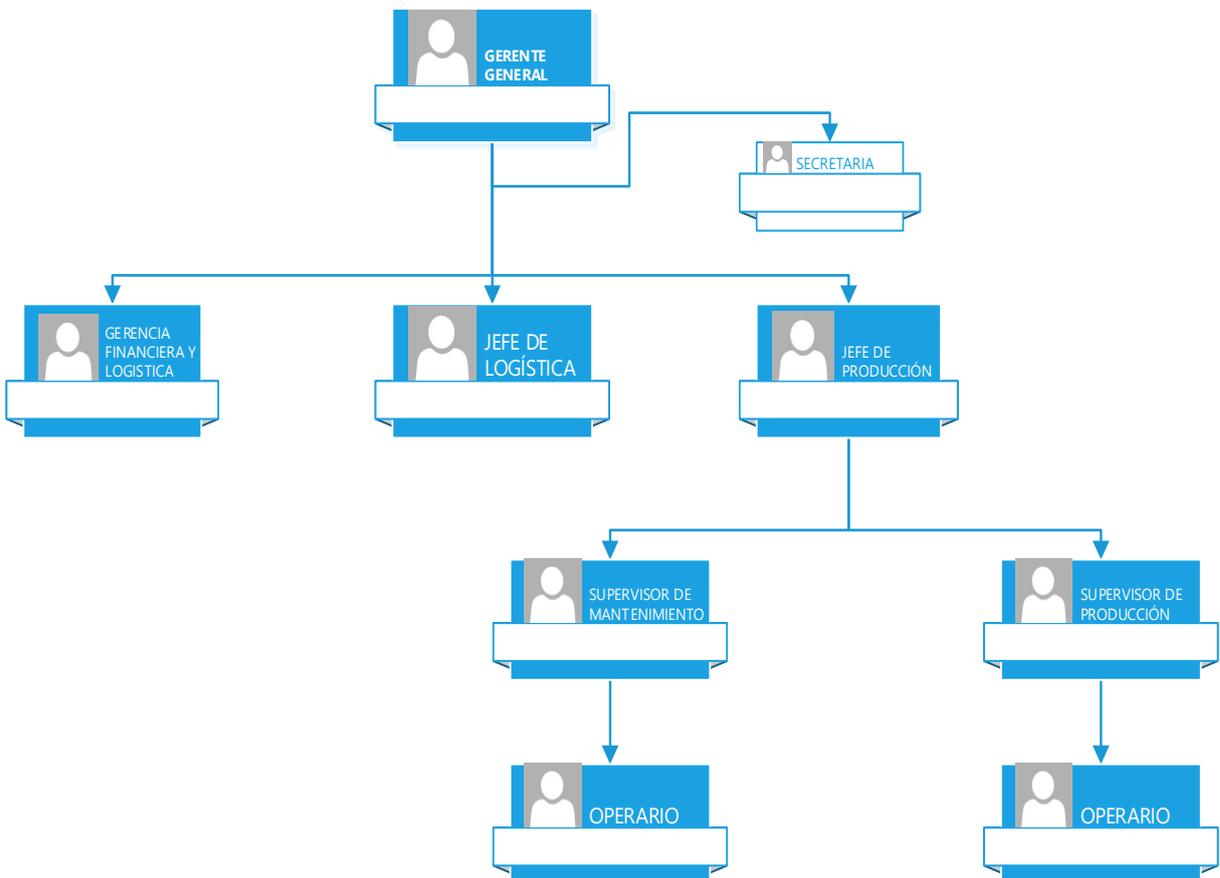
Fuente: Elaboración propia

LEYENDA	
DIARIO	D
SEMANAL	S
MENSUAL	M
ANUAL	A
SEMESTRAL	SE
BIMESTRAL	B

### i. Organigrama para mantenimiento preventivo

Se actualizó el organigrama de la empresa Metalmecánica AJL donde se incluye al mantenimiento preventivo.

Figura 32. Organigrama actualizado de la empresa



Fuente: Elaboración propia

### i. Orden de trabajo

Se implementó un formato de orden de trabajo en la empresa Metalmecánica AJL para que pueda ejecutar el mantenimiento requerido por la máquina. En este caso se le aplicó a la máquina fresadora el mantenimiento correctivo ya que presentaba constantes fallos que perjudicaban la producción.

Tabla 27. Formato orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO				
				
Descripción				Código de actividad
Hora inicio		Hora fin		
Código del equipo				Fecha
Personal encargado del mantenimiento				
Operador		Nombre		
Jefe				
Operario				
Contratista				
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO				
PROCEDIMIENTO				
Tiempo aproximado			60 minutos	
Observaciones:				

Fuente: Elaboración propia

## k. Capacitación

Para que el personal tenga en cuenta de los beneficios de la aplicación del mantenimiento preventivo se realizó una capacitación para el personal apoyado con el mecánico que realizó el mantenimiento correctivo de la máquina. Los puntos a tratar fueron:

1. ¿Qué es el mantenimiento preventivo?
2. La importancia y beneficio del mantenimiento preventivo
3. La importancia de usar los EPPS durante el mantenimiento
4. Explicación de las actividades de mantenimiento
5. Explicación de la planificación anual de las actividades de mantenimiento
6. Uso de las ordenes de trabajo

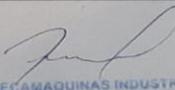
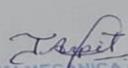
La capacitación fue realizado el día 02 de octubre del 2021 a las 6:00 pm para no afectar el tiempo de producción de la empresa Metalmecánica Ajl.

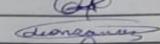
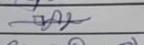
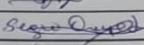
Figura 33. Capacitación del personal



Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Acta de capacitación

MECÁNICAS INDUSTRIALES		ACTA DE CAPACITACIÓN			
Código	Versión	001	Fecha	02-10-21	Pág. 1 de 2
Capacitación dirigida por:		Fecha de la capacitación		Acta N°	
ALEXANDRO SLEW CHANCAN CORREA		02-10-2021		001	
		Lugar	Duración	1 Hora	
Objetivo de la capacitación: Objetivo de la capacitación: Que el personal tenga en conocimiento la importancia del mantenimiento preventivo y sobre el procedimiento a seguir para las actividades de mantenimiento preventivo.					
Temas tratados	1. ¿Qué es el mantenimiento preventivo?				
	2. La importancia y beneficio del mantenimiento preventivo				
	3. La importancia de usar los EPPS durante el mantenimiento				
	4. Explicación de las actividades de mantenimiento				
	5. Explicación de la planificación anual de las actividades de mantenimiento				
	6. Uso de las ordenes de trabajo				
Conclusiones: Los Trabajadores no tenían conocimientos del mantenimiento preventivo se le recomienda hacer una capacitación mensual.					
 MECÁNICAS INDUSTRIALES ALEJANDRO SLEW CHANCAN CORREA 07443120			 MECÁNICA AJL SRL Jonathan Arpi Torre 40117412		

MECÁNICAS INDUSTRIALES		ACTA DE CAPACITACIÓN			
Versión	001	Fecha	02-10-21	Pág. 2 de 2	
Nombre y Apellidos		ÁREA	DNI	Firma	
Alejandro Gamba Torre		Producción	7198432		
Juan Ramirez Quispe		Producción	4056711		
Jonathan Arpi Torre		Producción	40117412		
Juan Arpi Lopez		Producción	70994213		
Sergio Quispe Luna		Producción	42024223		
Jose Navarro Pandoza		Producción	41041214		
Felipe Quispe Aguirre		Producción	40132615		
Humberto Lopez Soza		Producción	70984351		

Fuente: Elaboración propia

## Tareas de mantenimiento preventivo

Se realizó el mantenimiento preventivo a la maquina fresadora la cual está compuesta por las actividades programadas.

1. Se procedió a realizar las actividades de lubricación a la máquina fresadora, estas actividades previenen que la máquina ocasione desgastes internos. También se ayuda a que la máquina tenga un buen rendimiento.

Figura 35. Engrase de la máquina y lubricación de sus componentes



2. En cuanto a las actividades eléctricas que conforma el mantenimiento preventivo, pasamos a realizar las revisiones de la parte eléctrica de la máquina y también la parte del tablero de mando. Esto es necesario para que la maquina no genere cortos circuitos o falle determinados controladores de la máquina.

Figura 36. Inspección de las conexiones eléctricas y cambio de cables



3. En cuanto a las actividades mecánicas que se realizaron en el mantenimiento preventivo, pasamos a realizar la limpieza de la máquina, así como también las inspecciones mecánicas y calibraciones.

Figura 37. Limpieza de la máquina y cambio de piezas



## Segunda etapa: Control

Para el control respectivo se hará a través de los reportes de trabajo los cuales son las ordenes de trabajo de las máquinas, el encargado de la revisión es el supervisor de mantenimiento que validara toda la información con su firma.

Registro de las ordenes de trabajo: Para el registro de las ordenes de trabajo se implementó un programa en Excel VBA para consolidar información. El supervisor de mantenimiento una vez que corrobora la información como cantidad de tiempo de mantenimiento, repuestos utilizados, materiales, etc. Se encargará de llenar la información al programa.

Figura 35. Programa para el control del mantenimiento

The screenshot shows a software window titled "FICHA DE MANTENIMIENTO" (Maintenance Card). It contains the following information:

- Máquina:** FRESADORA
- Marca:** MACHINE
- Modelo:** XB3262
- Fabricante:** CHINA
- Código:** MFA001
- Observaciones de máquina:** NINGUNA
- Fecha:** 24/09/2021
- Hora:** 04:33 pm
- Responsable:** JUAN
- Insumos:** NINGUNO
- Descripción:** CAMBIO DE ACEITE
- Observaciones:** NINGUNA

At the bottom, there are fields for "Hecho por:" and "Autorizado por:". A green box on the right side of the form contains the text "Mantenimiento Preventivo" and "Ya fue realizado". There are also icons for printing and a back arrow.





	MANUAL DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
	Versión	1	Código	MN001	Página 1
	Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Aprobado por:		



## MANUAL DE LAS ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### FRESADORA UNIVERSAL

	MANUAL DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
	Versión	1	Código	MN001	Página 2
	Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Aprobado por:		

## Introducción

Las empresas por mucho tiempo ha considerado el mantenimiento preventivo como un gasto, y solo aplica en mantenimiento correctivo cuando una máquina tiene una parada por fallo, pero hoy en día el mantenimiento preventivo se ha convertido en una necesidad de toda empresa ya que la su función es asegurar la producción programada de toda empresa y la vida útil de toda máquina. El mantenimiento preventivo se ejecuta de forma programada y planificada con el propósito de no tener paradas no programadas y seguir produciendo.

La empresa Metalmecánica Ajl no es ajeno a este problema por lo que se ha visto necesario contar con un manual de mantenimiento preventivo que facilite la acción planificada y eficiente del mantenimiento, donde encontraremos las especificaciones técnicas, las partes, las actividades de mantenimiento a seguir y cada cuanto tiempo se realizan, con el fin de conseguir que el personal encargado del mantenimiento no pierda tiempo en búsqueda de información y en operaciones innecesarias.

	MANUAL DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
	Versión	1	Código	MN001	Página 3
	Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Aprobado por:		

## 1. PROPÓSITO

Establecer por escrito los procedimientos a seguir, de las actividades de mantenimiento, requeridos por la máquina fresadora universal, constituyendo así un documento necesario para llevar a cabo la gestión de mantenimiento que permita alargar la vida útil de la máquina.

## 2. ALCANCE

Este manual de mantenimiento está dirigido a los líderes y operarios de la empresa Metalmecánica Ajl, de esta manera podrán realizar las actividades de mantenimiento.

## 4. Responsables

Los líderes son los encargados de dirigir el mantenimiento preventivo, se pondrá en primer lugar al supervisor de mantenimiento seguido de los operarios o futuros investigadores.

Figura 2. Organigrama



Fuente: Elaboración propia

	MANUAL DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
	Versión	1	Código	MN001	Página 4
	Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Aprobado por:		

## 5 ACTIVIDADES

Las actividades contenidas en este manual corresponden los procedimientos que describen los pasos para realizar las rutinas o tareas de mantenimiento de algún equipo en específico, conteniendo las herramientas, repuestos y recursos necesarios para ejecutar las tareas con el propósito de estandarizar los procedimientos que sirvan de guía para el mantenimiento de los equipos en la empresa. Cada actividad incluida en este manual contiene su respectivo código y descripción para ayudar a ubicarlas rápidamente, también contiene un objetivo que nos indica cual es la finalidad de la actividad, y un alcance que nos muestra donde comienza y donde termina dicha actividad, los materiales, repuestos y herramientas necesarios para llevar a cabo dicha actividad. Asimismo, en todas las actividades se toca el tema de la seguridad, mencionando las precauciones que se deben tomar (con respecto al equipo) antes de comenzar la práctica y los equipos de protección personal que debe utilizar el personal, todo esto para resguardar la integridad física del trabajador mientras realiza el mantenimiento a los equipos.

Figura 36. Actividades de mantenimiento mecánicas, eléctricas y de lubricación

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Engrase de reductores de velocidad	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	L001	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Grasa Litio			
Trapo			
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad			
Apagar máquina y desconectarla			
Retirar tapa de entrada			
Aplicar grasa de forma uniforme			
Encender máquina			
Verificar funcionamiento 1 minuto	30 minutos		
Tiempo aproximado			
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Engrase de Husillo de Transmisión	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	L002	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Grasa Litio			
Trapo			
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad			
Apagar máquina y desconectarla			
Retirar tapa de entrada			
Aplicar grasa de forma uniforme			
Encender máquina			
Verificar funcionamiento 1 minuto	60 minutos		
Tiempo aproximado			
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Lubricación de Barras y guías Deslizables	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	L003	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Grasa Litio			
Trapo			
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad			
Apagar máquina y desconectarla			
Retirar protector y funda			
Aplicar grasa de forma uniforme			
Encender máquina			
Verificar funcionamiento 1 minuto	60 minutos		
Tiempo aproximado			
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Revisión de conexiones de motor	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	E001	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Trapo			
Multímetro			
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad			
Apagar máquina y desconectarla			
Retirar carcasa de motor			
Medir tensión y estado de cables			
Ver fusibles			
Encender máquina			
Tiempo aproximado	60 minutos		
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Revisión del contactor principal	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	E02	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Trapo	Cinta 3M		
Multímetro			
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad			
Apagar máquina y desconectarla			
Medir tensión y voltaje			
Retirar contactor y limpiar			
Colocar contactor			
Encender máquina			
Tiempo aproximado	60 minutos		
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Revisión del Standby on	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	E03	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Trapo	Cinta 3M		
Multímetro	Alicate de corte		
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad	Prender máquina		
Apagar máquina y desconectarla			
Retirar tapa del pulsador	Hacer prueba de funcionamiento de pulsador		
Medir voltaje de entrada y salida			
Ver estado de fistate			
Colocar tapa del pulsador			
Tiempo aproximado	30 minutos		
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Limpieza de máquina	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	M001	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Trapo	Compresora		
Escobilla	Quita grasa		
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad	Usar quita grasa en la mesa y máquina		
Apagar máquina y desconectarla	Aplicar aire a presión a la mesa		
Limpiar mesa con escobilla			
Retirar rebaba de la máquina			
Utilizar trapo y limpiar máquina			
Aplicar aire a presión a la máquina			
Tiempo aproximado	60 minutos		
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Mantenimiento de guías y husillos	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	M002	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Trapo	Compresora		
Brocha	Quita grasa		
Guantes	Grasa de litio		
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad	Aplicar grasa de litio a guías		
Apagar máquina y desconectarla			
Limpiar guías y husillo con trapo			
Retirar restos sólidos con brocha o trapo			
Aplicar quita grasa de ser necesario			
Aplicar grasa de litio en el husillo			
Tiempo aproximado	60 minutos		
Observaciones:			

MA Metalmecánica A11 S.r.l.			
Descripción	Inspección mesa de trabajo	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	M003	
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Trapo	Compresora		
Brocha	Quita grasa		
Guantes	Grasa de litio		
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad	Apagar máquina y desconectarla		
Limpiar mordazas con trapo o brocha			
Retirar restos sólidos			
Revisar piezas de sujeción de mesa			
Aplicar grasa de litio a guías			
Tiempo aproximado	30 minutos		
Observaciones:			

Fuente: Elaboración propia

Figura 37. Actividades de mantenimiento mecánicas, eléctricas y de lubricación

ORDEN DE TRABAJO			
			
Descripción	Lubricación de Tornillo Tuercas	Código de actividad	
Hora inicio	Hora fin	Fecha	LOPS
Código del equipo	MFA001	Fecha	
Personal encargado del mantenimiento			
Operador	Nombre		
Jefe			
Operario			
Contratista			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
Grasa Litto			
Trapo			
Guantes			
Juego de llaves			
Alicate Universal			
Desarmador			
PROCEDIMIENTO			
Usar EEP's de seguridad			
Apagar máquina y desconectarla			
Retirar carcasa			
Aplicar grasa de forma uniforme			
Encender máquina			
Verificar funcionamiento 1 minuto			
Tiempo aproximado	60 minutos		
Observaciones:			

Elaboración propia

### 3.5.6 Postest

Tiempo medio entre fallos (pos-test)

Tabla 29. Tiempo medio entre fallos (post-test)

		Fecha de registro			
		Indicador: Índice de tiempo medio entre fallos			
		$TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$			
Área de la empresa	Producción	TP: Tiempo programado de máquina			
Proceso/operación	Creación de engranaje	TR: Tiempo de reparación			
Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		NP: Número de paradas			
		Fecha: 01/09/2021			
01/09/2021					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA(HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	N° DE PARADAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (HORAS)
01/09/2021	1	8	0	0	0
02/09/2021	2	8	0	0	0
03/09/2021	3	8	0	0	0
04/09/2021	4	8	0	0	0
06/09/2021	5	8	0	0	0
07/09/2021	6	8	0	0	0
08/09/2021	7	8	1	1	7
09/09/2021	8	8	0	0	0
10/09/2021	9	8	0	0	0
11/09/2021	10	8	0	0	0
13/09/2021	11	8	0	0	0
14/09/2021	12	8	0	0	0
15/09/2021	13	8	0	0	0
16/09/2021	14	8	1	1	7
17/09/2021	15	8	0	0	0
18/09/2021	16	8	0	0	0
20/09/2021	17	8	0	0	0
21/09/2021	18	8	0	0	0
22/09/2021	19	8	0	0	0
23/09/2021	20	8	0	0	0
24/09/2021	21	8	0	0	0
25/09/2021	22	8	0	0	0
27/09/2021	23	8	0	0	0
28/09/2021	24	8	1	1	7
29/09/2021	25	8	0	0	0
30/09/2021	26	8	0	0	0
		208	3	3	

Fuente: Elaboración propia

Se realizó La toma de datos en la ficha de tiempo medio entre fallos luego de haber implementado el mantenimiento preventivo. Los datos fueron recolectados dentro de las 8 horas laborables, en el mes de septiembre sin contar domingos y feriados. Podemos observar que el tiempo programado de la máquina es de 208 horas, el tiempo de reparación es de 3 horas y tiene 3 paradas.

Tiempo medio entre fallos:

Tiempo medio entre fallos Septiembre 2021
$TMEF = \frac{208 - 3}{3} = 68.3 \text{ Horas}$

Esto quiere decir que la máquina fresadora para que falle o vuelva a fallar tiene que pasar 68.3 horas en promedio.

### **Tiempo medio de reparación (Post-Test)**

Tabla: Índice de tiempo medio de reparación (post-test)

Se realizó la toma de datos en la ficha de tiempo medio de reparación luego de haber implementado el mantenimiento preventivo. Los datos fueron recolectados dentro de las 8 horas laborables, en el mes de septiembre sin contar domingos y feriados. Podemos observar que el tiempo programado de la máquina es de 208 horas, el tiempo de reparación es de 3 horas y tiene 3 paradas.

Tabla 30. Tiempo medio de reparación (post-test)

		Fecha de registro			
		Indicador: Índice de tiempo medio de reparación			
		$TMDR = \frac{TR}{NP}$			
Área de la empresa	Producción	TR: Tiempo de reparación			
Proceso/operación	Creación de engranaje	NP: Número de paradas			
Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		Fecha: 01/09/2021			
01/09/2021					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA (HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	N° DE PARADAS	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)
01/09/2021	1	8	0	0	0
02/09/2021	2	8	0	0	0
03/09/2021	3	8	0	0	0
04/09/2021	4	8	0	0	0
06/09/2021	5	8	0	0	0
07/09/2021	6	8	0	0	0
08/09/2021	7	8	1	1	1
09/09/2021	8	8	0	0	0
10/09/2021	9	8	0	0	0
11/09/2021	10	8	0	0	0
13/09/2021	11	8	0	0	0
14/09/2021	12	8	0	0	0
15/09/2021	13	8	0	0	0
16/09/2021	14	8	1	1	1
17/09/2021	15	8	0	0	0
18/09/2021	16	8	0	0	0
20/09/2021	17	8	0	0	0
21/09/2021	18	8	0	0	0
22/09/2021	19	8	0	0	0
23/09/2021	20	8	0	0	0
24/09/2021	21	8	0	0	0
25/09/2021	22	8	0	0	0
27/09/2021	23	8	0	0	0
28/09/2021	24	8	1	1	1
29/09/2021	25	8	0	0	0
30/09/2021	26	8	0	0	0
		208	3	3	

Fuente: Elaboración propia

Tiempo medio de reparación:

Tiempo medio de reparación Septiembre 2021
$TMDR = \frac{3}{3} = 1 \text{ Hora}$

Se llegó a la conclusión que la máquina fresadora se demora 1 hora en promedio ser reparada.

### Disponibilidad (Post-test)

Se realizó la toma de datos en la ficha de disponibilidad luego de haber implementado el mantenimiento preventivo. Los datos fueron recolectados dentro de las 8 horas laborables, en el mes de septiembre sin contar domingos y feriados.

Tabla 31. Disponibilidad (Post-test)

 		Fecha de registro			
		Indicador: Índice de Disponibilidad			
		$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$			
Área de la empresa	Producción	TMEF: Tiempo medio entre fallas			
Proceso/operación	Creación de engranaje	TMDR: Tiempo medio de reparación			
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Fecha: 01/09/2021			
ago-21					
Fecha	DIA	TIEMPO PROGRAMADO (Horas)	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (Horas)	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas)	DISPONIBILIDAD (%)
01/09/2021	1	8	0	0	1.00
02/09/2021	2	8	0	0	1.00
03/09/2021	3	8	0	0	1.00
04/09/2021	4	8	0	0	1.00
06/09/2021	5	8	0	0	1.00
07/09/2021	6	8	0	0	1.00
08/09/2021	7	8	7	1	0.88
09/09/2021	8	8	0	0	1.00
10/09/2021	9	8	0	0	1.00
11/09/2021	10	8	0	0	1.00
13/09/2021	11	8	0	0	1.00
14/09/2021	12	8	0	0	1.00
15/09/2021	13	8	0	0	1.00
16/09/2021	14	8	7	1	0.88
17/09/2021	15	8	0	0	1.00
18/09/2021	16	8	0	0	1.00
20/09/2021	17	8	0	0	1.00
21/09/2021	18	8	0	0	1.00
22/09/2021	19	8	0	0	1.00
23/09/2021	20	8	0	0	1.00
24/09/2021	21	8	0	0	1.00
25/09/2021	22	8	0	0	1.00
27/09/2021	23	8	0	0	1.00
28/09/2021	24	8	7	1	0.88
29/09/2021	25	8	0	0	1.00
30/09/2021	26	8	0	0	1.00

Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis de la ficha de registro de disponibilidad podemos observar que los días donde no hay tiempo medio entre fallos y tiempo medio de reparación la disponibilidad es de 1. Esto significa que la máquina fresadora a estado disponible al 100% porque no ha fallado durante la producción de 8 horas diarias.

### **Disponibilidad del mes de septiembre del 2021**

Para hallar la disponibilidad del mes de septiembre del 2021 obtenemos los datos obtenidos del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación del mes de septiembre del 2021.

Disponibilidad Septiembre 2021
$D = \frac{68.3}{68.3 + 1} = 0.98$

Podemos decir que la disponibilidad de la máquina fresadora en el mes de septiembre del 2021 es de 0.98, que representa el 98 %.

### **Productividad**

#### **Eficiencia (Post-Test)**

Con la ayuda de la ficha de recolección de datos evaluaremos la eficacia de la máquina, primero anotaremos el tiempo real de producción de la máquina y lo dividimos con el tiempo programado de la máquina. Los datos fueron obtenidos dentro de las 8 horas diarias de programación de la máquina, de lunes a sábados y correspondiente al mes de septiembre del 2021. No se contabilizan los datos de los días domingos y feriados.

Tabla 32. Eficiencia (Post-test)

				Fecha de registro		
				Indicador: Índice de Eficiencia		
				$EF = \frac{TDPM}{TPM}$		
Área de la empresa		Producción		TDPM: Tiempo real de producción de máquina		
Proceso/operación		Creación de engranaje				
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro				TP: Tiempo programado de máquina		
				Fecha: 01/09/2021		
FECHA	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO (horas)	TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN (horas)	PRODUCCIÓN PROGRAMADA	PRODUCCIÓN REAL	EFICIENCIA
01/09/2021	1	8	8	120	120	1.00
02/09/2021	2	8	8	120	120	1.00
03/09/2021	3	8	8	120	120	1.00
04/09/2021	4	8	8	120	120	1.00
06/09/2021	5	8	8	120	120	1.00
07/09/2021	6	8	8	120	120	1.00
08/09/2021	7	8	7	120	105	0.88
09/09/2021	8	8	8	120	120	1.00
10/09/2021	9	8	8	120	120	1.00
11/09/2021	10	8	8	120	120	1.00
13/09/2021	11	8	8	120	120	1.00
14/09/2021	12	8	8	120	120	1.00
15/09/2021	13	8	8	120	120	1.00
16/09/2021	14	8	7	120	105	0.88
17/09/2021	15	8	8	120	120	1.00
18/09/2021	16	8	8	120	120	1.00
20/09/2021	17	8	8	120	120	1.00
21/09/2021	18	8	8	120	120	1.00
22/09/2021	19	8	8	120	120	1.00
23/09/2021	20	8	8	120	120	1.00
24/09/2021	21	8	8	120	120	1.00
25/09/2021	22	8	8	120	120	1.00
27/09/2021	23	8	7	120	105	0.88
28/09/2021	24	8	8	120	120	1.00
29/09/2021	25	8	8	120	120	1.00
30/09/2021	26	8	8	120	120	1.00
		208	205			

Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis podemos decir que la máquina fresadora en el mes de septiembre del 2021 tiene programado 208 horas y el tiempo de producción real es de 205 horas.

Eficiencia

Eficiencia Septiembre 2021

$$EF = \frac{205}{208} = 0.98$$

Podemos decir que la máquina fresadora en el mes de septiembre del 2021 tiene una eficacia del 0.98 que equivale el 98 %.

Eficacia (Post-Test)

Con la ayuda de la ficha de recolección de datos evaluaremos la eficacia de la máquina, primero anotaremos el tiempo real de producción de la máquina y lo dividimos con el tiempo programado de la máquina. Los datos fueron obtenidos dentro de las 8 horas diarias de programación de la máquina, de lunes a sábados y correspondiente al mes de septiembre del 2021. No se contabilizan los datos de los días domingos y feriados.

Tabla 33. Eficacia (Post-test)

				Fecha de registro		
				Indicador: Índice de Eficacia		
				$E = \frac{PP}{PPL}$		
Área de la empresa		Producción		PP: Piezas producidas		
Proceso/operación		Creación de engranaje		PPL: Piezas planificadas		
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro				Fecha: 01/09/2021		
FECHA	DIA	TIEMPO PROGRAMADO (horas)	TIEMPO DE PRODUCCIÓN (horas)	PIEZAS PLANIFICADAS	PIEZAS PRODUCIDAS	EFICACIA
01/09/2021	1	8	8	120	120	1.0
02/09/2021	2	8	8	120	120	1.0
03/09/2021	3	8	8	120	120	1.0
04/09/2021	4	8	8	120	120	1.0
06/09/2021	5	8	8	120	120	1.0
07/09/2021	6	8	8	120	120	1.0
08/09/2021	7	8	7	120	105	0.9
09/09/2021	8	8	8	120	120	1.0
10/09/2021	9	8	8	120	120	1.0
11/09/2021	10	8	8	120	120	1.0
13/09/2021	11	8	8	120	120	1.0
14/09/2021	12	8	8	120	120	1.0
15/09/2021	13	8	8	120	120	1.0
16/09/2021	14	8	7	120	105	0.9
17/09/2021	15	8	8	120	120	1.0
18/09/2021	16	8	8	120	120	1.0
20/09/2021	17	8	8	120	120	1.0
21/09/2021	18	8	8	120	120	1.0
22/09/2021	19	8	8	120	120	1.0
23/09/2021	20	8	8	120	120	1.0
24/09/2021	21	8	8	120	120	1.0
25/09/2021	22	8	8	120	120	1.0
27/09/2021	23	8	7	120	105	0.9
28/09/2021	24	8	8	120	120	1.0
29/09/2021	25	8	8	120	120	1.0
30/09/2021	26	8	8	120	120	1.0
				3120	3075	

Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis podemos decir que la máquina fresadora en el mes de septiembre del 2021 tiene una producción de 3120 piezas planificadas y 3070 piezas producidas.

Eficacia

Eficacia Septiembre 2021
$E = \frac{3075}{3120} = 0.98$

Podemos decir que la máquina fresadora en el mes de septiembre del 2021 tiene una eficacia del 0.98 que equivale el 98 %.

**Productividad (Post-Test)**

Siguiendo con nuestro trabajo de investigación analizaremos la productividad del área de producción, tomaremos los datos de la eficiencia y eficacia del mes de septiembre del 2021, luego lo multiplicaremos para obtener la productividad de la empresa.

Productividad Septiembre 2021	
Eficiencia	0.98
Eficacia	0.98
<i>Productividad = 0.98 * 0.98 = 0.96</i>	

*Tabla. Cuadro de productividad*

*Fuente: Elaboración propia*

Podemos decir que la productividad de la máquina fresadora en el mes de septiembre del 2021 es del 0.96 que equivale a 96 %.

Tabla 34. Productividad (Post-test)

			Ficha de registro	
			Indicador de productividad	
			$P = EF * E$	
Área de la empresa: Producción			EF: Eficiencia	
Proceso/operación: Creación de engranaje			E: Eficacia	
Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro			Fecha: 01/08/2021	
FECHA	DIA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
01/09/2021	1	1.00	1.0	1.00
02/09/2021	2	1.00	1.0	1.0
03/09/2021	3	1.00	1.0	1.0
04/09/2021	4	1.00	1.0	1.0
06/09/2021	5	1.00	1.0	1.0
07/09/2021	6	1.00	1.0	1.0
08/09/2021	7	0.88	0.9	0.8
09/09/2021	8	1.00	1.0	1.0
10/09/2021	9	1.00	1.0	1.0
11/09/2021	10	1.00	1.0	1.0
13/09/2021	11	1.00	1.0	1.0
14/09/2021	12	1.00	1.0	1.0
15/09/2021	13	1.00	1.0	1.0
16/09/2021	14	0.88	0.9	0.8
17/09/2021	15	1.00	1.0	1.0
18/09/2021	16	1.00	1.0	1.0
20/09/2021	17	1.00	1.0	1.0
21/09/2021	18	1.00	1.0	1.0
22/09/2021	19	1.00	1.0	1.0
23/09/2021	20	1.00	1.0	1.0
24/09/2021	21	1.00	1.0	1.0
25/09/2021	22	1.00	1.0	1.0
27/09/2021	23	0.88	0.9	0.8
28/09/2021	24	1.00	1.0	1.0
29/09/2021	25	1.00	1.0	1.0
30/09/2021	26	1.00	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.7 Análisis comparativo

En nuestro análisis comparativo del trabajo de investigación veremos la diferencia diaria o de cada día de la toma de datos antes y después de la implementación del mantenimiento productivo.

Tiempo medio entre fallos

Tabla 35. Comparativo de tiempo medio entre fallas

		Fecha de registro						Fecha de registro			
		Indicador: Índice de tiempo medio entre fallos						Indicador: Índice de tiempo medio entre fallos			
		$TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$						$TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$			
Área de la empresa	Producción	TP: Tiempo programado de máquina				Área de la empresa	Producción	TP: Tiempo programado de máquina			
Proceso/operación	Creación de engranaje	TR: Tiempo de reparación				Proceso/operación	Creación de engranaje	TR: Tiempo de reparación			
Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		NP: Número de paradas				Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		NP: Número de paradas			
		Fecha: 02/08/2021						Fecha: 01/09/2021			
01/08/2021						01/09/2021					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA (HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	N° DE PARADAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (HORAS)	Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA (HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	N° DE PARADAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (HORAS)
02/08/2021	1	8	1	1	7	01/09/2021	1	8	0	0	0
03/08/2021	2	8	2	3	2	02/09/2021	2	8	0	0	0
04/08/2021	3	8	1	2	3.5	03/09/2021	3	8	0	0	0
05/08/2021	4	8	0	0	0	04/09/2021	4	8	0	0	0
06/08/2021	5	8	2	2	3	06/09/2021	5	8	0	0	0
07/08/2021	6	8	1	1	7	07/09/2021	6	8	0	0	0
09/08/2021	7	8	1	1	7	08/09/2021	7	8	1	1	7
10/08/2021	8	8	0	0	0	09/09/2021	8	8	0	0	0
11/08/2021	9	8	2	1	6	10/09/2021	9	8	0	0	0
12/08/2021	10	8	2	2	3	11/09/2021	10	8	0	0	0
13/08/2021	11	8	1	1	7	13/09/2021	11	8	0	0	0
14/08/2021	12	8	0	0	0	14/09/2021	12	8	0	0	0
16/08/2021	13	8	0	0	0	15/09/2021	13	8	0	0	0
17/08/2021	14	8	1	1	7	16/09/2021	14	8	1	1	7
18/08/2021	15	8	2	2	3	17/09/2021	15	8	0	0	0
19/08/2021	16	8	1	1	7	18/09/2021	16	8	0	0	0
20/08/2021	17	8	2	2	3	20/09/2021	17	8	0	0	0
21/08/2021	18	8	1	1	7	21/09/2021	18	8	0	0	0
23/08/2021	19	8	0	0	0	22/09/2021	19	8	0	0	0
24/08/2021	20	8	0	0	0	23/09/2021	20	8	0	0	0
25/08/2021	21	8	2	2	3	24/09/2021	21	8	0	0	0
26/08/2021	22	8	1	2	3.5	25/09/2021	22	8	0	0	0
27/08/2021	23	8	1	2	3.5	27/09/2021	23	8	0	0	0
28/08/2021	24	8	1	1	7	28/09/2021	24	8	1	1	7
29/08/2021	25	8	2	1	6	29/09/2021	25	8	0	0	0
31/08/2021	26	8	0	0	0	30/09/2021	26	8	0	0	0

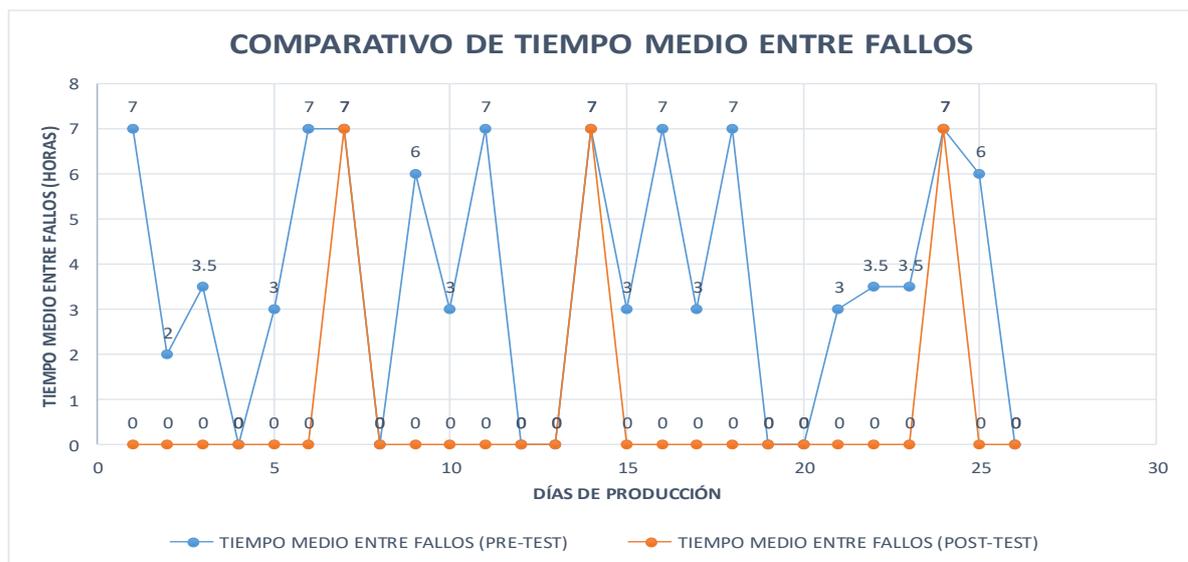
Fuente: Elaboración propia

Podemos ver que en la toma de datos del pre-test en los días 1,6,7,11,14,16,18 y 24 tenemos un tiempo de 7 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que la máquina pasada las 7 horas sufre un problema que interrumpe la producción. Los días 3, 22 y 23 tenemos un tiempo de 3.5 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que pasada las 3.5 horas la máquina sufre un problema que interrumpe la producción. Luego podemos ver que los días 4, 8, 12, 13, 19, 20 y 26

tenemos un tiempo de 0 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que estos días la máquina no ha tenido problemas que interrumpan la producción. Después podemos ver que los días 5, 10, 15, 17 y 21 tenemos un tiempo de 3 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que pasada las 3 horas la máquina sufre un problema que interrumpe la producción. Luego podemos ver que el día 2 tenemos un tiempo de 2 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que cada 2 horas la máquina sufre un problema que interrumpe la producción. Por último podemos ver que los días 9 y 25 tenemos un tiempo de 6 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que cada 2 horas la máquina sufre un problema que interrumpe la producción.

Luego de la mejora implementada en el trabajo de investigación podemos ver que en el post-test los días 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25 y 26 presentan 0 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que estos días la máquina no ha tenido problemas que interrumpan la producción. Por último, los días 7, 14 y 24 tenemos un tiempo de 7 horas de tiempo medio entre fallos, lo que significa que cada 7 horas la máquina sufre un problema que interrumpe la producción.

Figura 38. Cuadro comparativo de tiempo medio entre fallos



Fuente: Elaboración propia

### Conclusión.

Podemos ver en el comparativo que en el mes de agosto hay más días con horas de tiempo medio entre fallos y que en el mes de septiembre hay menos horas con tiempo medio entre fallos, lo que quiere decir que después de la mejora la máquina ha tenido menos fallas y más horas de producción.

## Tiempo medio de reparación

Tabla 36. Comparativo de tiempo medio de reparación

 		Fecha de registro			
		Indicador: Índice de tiempo medio de reparación			
		$TMDR = \frac{TR}{NP}$			
Área de la empresa	Producción	TR: Tiempo de reparación			
Proceso/operación	Creación de engranaje	NP: Número de paradas			
Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		Fecha: 02/08/2021			
01/08/2021					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA (HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	N° DE PARADAS	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)
02/08/2021	1	8	1	1	1
03/08/2021	2	8	2	3	0.7
04/08/2021	3	8	1	2	0.5
05/08/2021	4	8	0	0	0
06/08/2021	5	8	2	2	1
07/08/2021	6	8	1	1	1
09/08/2021	7	8	1	1	1
10/08/2021	8	8	0	0	0
11/08/2021	9	8	2	1	2
12/08/2021	10	8	2	2	1
13/08/2021	11	8	1	1	1
14/08/2021	12	8	0	0	0
16/08/2021	13	8	0	0	0
17/08/2021	14	8	1	1	1
18/08/2021	15	8	2	2	1
19/08/2021	16	8	1	1	1
20/08/2021	17	8	2	2	1
21/08/2021	18	8	1	1	1
23/08/2021	19	8	0	0	0
24/08/2021	20	8	0	0	0
25/08/2021	21	8	2	2	1
26/08/2021	22	8	1	2	0.5
27/08/2021	23	8	1	2	0.5
28/08/2021	24	8	1	1	1
29/08/2021	25	8	2	1	2
31/08/2021	26	8	0	0	0

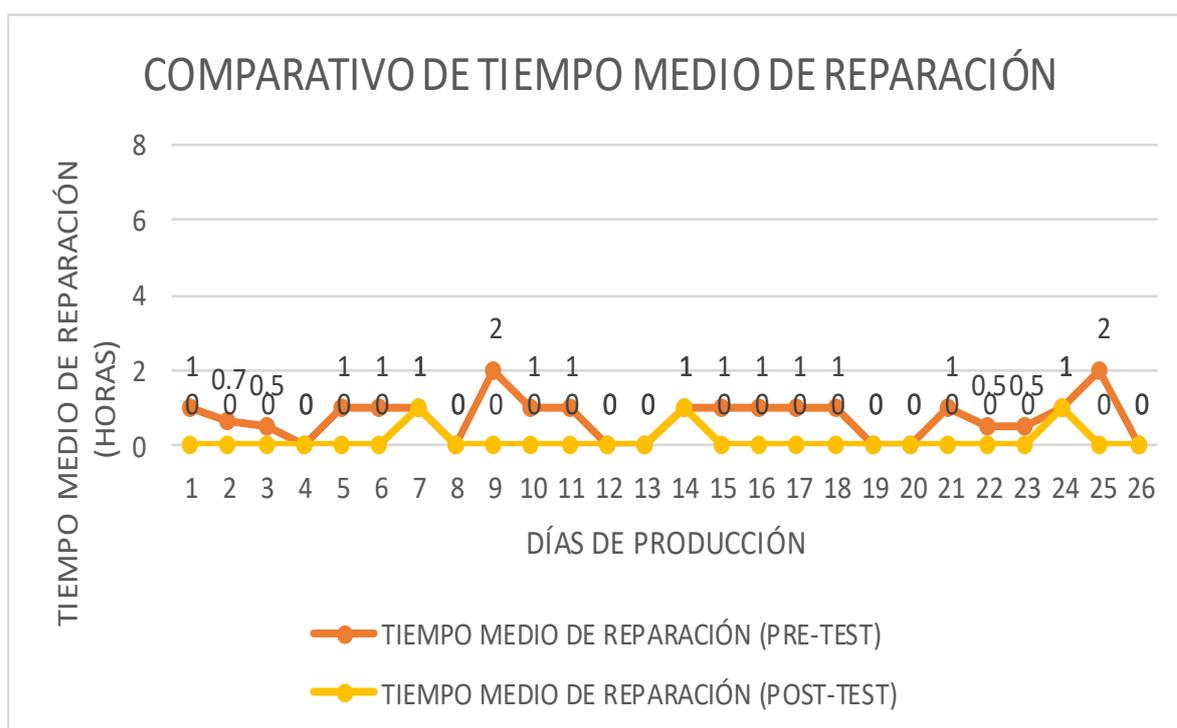
  

 		Fecha de registro			
		Indicador: Índice de tiempo medio de reparación			
		$TMDR = \frac{TR}{NP}$			
Área de la empresa	Producción	TR: Tiempo de reparación			
Proceso/operación	Creación de engranaje	NP: Número de paradas			
Elaborado por: Esquivel Torre, Miguel Ramiro		Fecha: 01/09/2021			
01/09/2021					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO DE MÁQUINA (HORAS)	TIEMPO DE REPARACIÓN (HORAS)	N° DE PARADAS	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (HORAS)
01/09/2021	1	8	0	0	0
02/09/2021	2	8	0	0	0
03/09/2021	3	8	0	0	0
04/09/2021	4	8	0	0	0
06/09/2021	5	8	0	0	0
07/09/2021	6	8	0	0	0
08/09/2021	7	8	1	1	1
09/09/2021	8	8	0	0	0
10/09/2021	9	8	0	0	0
11/09/2021	10	8	0	0	0
13/09/2021	11	8	0	0	0
14/09/2021	12	8	0	0	0
15/09/2021	13	8	0	0	0
16/09/2021	14	8	1	1	1
17/09/2021	15	8	0	0	0
18/09/2021	16	8	0	0	0
20/09/2021	17	8	0	0	0
21/09/2021	18	8	0	0	0
22/09/2021	19	8	0	0	0
23/09/2021	20	8	0	0	0
24/09/2021	21	8	0	0	0
25/09/2021	22	8	0	0	0
27/09/2021	23	8	0	0	0
28/09/2021	24	8	1	1	1
29/09/2021	25	8	0	0	0
30/09/2021	26	8	0	0	0

Fuente. Elaboración propia

Podemos ver que en la toma de datos en el pre-test los días 1, 5, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 21 y 24 teneos un tiempo de 1 hora de tiempo medio de reparación lo que significa que esos días se demora 1 hora en promedio reparar la máquina en cada parada. Los días 3, 22 y 23 teneos un tiempo de 0.5 horas de tiempo medio de reparación lo que significa que esos días se demora 0.5 hora en promedio reparar la máquina en cada parada. Luego Los días 9 y 25 teneos un tiempo de 2 horas de tiempo medio de reparación lo que significa que esos días se demora 2 hora en promedio reparar la máquina en cada parada. Por ultimo en el día 2 teneos un tiempo de 0.7 hora de tiempo medio de reparación lo que significa que esos días se demora 0.7 horas en promedio reparar la máquina en cada parada.

Figura 39. Comparativo de tiempo medio de reparación



Fuente. Elaboración propia

### Conclusión

Podemos decir que en el comparativo del tiempo medio de reparación hay una mejora después de la aplicación del mantenimiento preventivo. Ya que hay menos paradas y horas de reparación a comparación del mes de agosto.

Disponibilidad

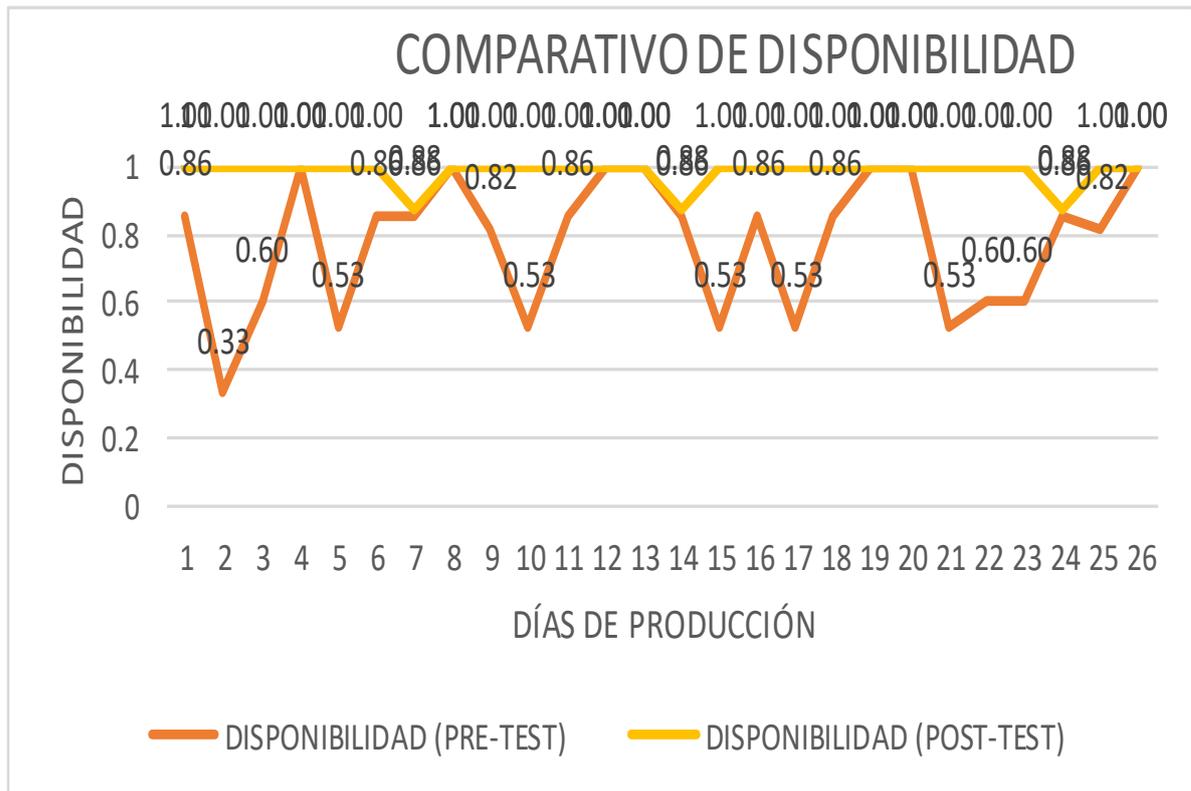
Tabla 37. Comparativo de disponibilidad

		Fecha de registro						Fecha de registro			
		Indicador: Índice de Disponibilidad						Indicador: Índice de Disponibilidad			
		$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$						$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$			
Área de la empresa	Producción	TMEF: Tiempo medio entre fallas				Área de la empresa	Producción	TMEF: Tiempo medio entre fallas			
Proceso/operación	Creación de engranaje	TMDR: Tiempo medio de reparación				Proceso/operación	Creación de engranaje	TMDR: Tiempo medio de reparación			
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Fecha: 02/08/2021				Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		Fecha: 01/09/2021			
ago-21						sep-21					
Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO (Horas)	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (Horas)	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas)	DISPONIBILIDAD (%)	Fecha	DÍA	TIEMPO PROGRAMADO (Horas)	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (Horas)	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas)	DISPONIBILIDAD (%)
02/08/2021	1	8	7	1.1	0.86	01/09/2021	1	8	0	0	1.00
03/08/2021	2	8	2	4.0	0.33	02/09/2021	2	8	0	0	1.00
04/08/2021	3	8	3.5	2.3	0.60	03/09/2021	3	8	0	0	1.00
05/08/2021	4	8	0	0.0	1.00	04/09/2021	4	8	0	0	1.00
06/08/2021	5	8	3	2.7	0.53	06/09/2021	5	8	0	0	1.00
07/08/2021	6	8	7	1.1	0.86	07/09/2021	6	8	0	0	1.00
09/08/2021	7	8	7	1.1	0.86	08/09/2021	7	8	7	1	0.88
10/08/2021	8	8	0	0.0	1.00	09/09/2021	8	8	0	0	1.00
11/08/2021	9	8	6	1.3	0.82	10/09/2021	9	8	0	0	1.00
12/08/2021	10	8	3	2.7	0.53	11/09/2021	10	8	0	0	1.00
13/08/2021	11	8	7	1.1	0.86	13/09/2021	11	8	0	0	1.00
14/08/2021	12	8	0	0.0	1.00	14/09/2021	12	8	0	0	1.00
16/08/2021	13	8	0	0.0	1.00	15/09/2021	13	8	0	0	1.00
17/08/2021	14	8	7	1.1	0.86	16/09/2021	14	8	7	1	0.88
18/08/2021	15	8	3	2.7	0.53	17/09/2021	15	8	0	0	1.00
19/08/2021	16	8	7	1.1	0.86	18/09/2021	16	8	0	0	1.00
20/08/2021	17	8	3	2.7	0.53	20/09/2021	17	8	0	0	1.00
21/08/2021	18	8	7	1.1	0.86	21/09/2021	18	8	0	0	1.00
23/08/2021	19	8	0	0.0	1.00	22/09/2021	19	8	0	0	1.00
24/08/2021	20	8	0	0.0	1.00	23/09/2021	20	8	0	0	1.00
25/08/2021	21	8	3	2.7	0.53	24/09/2021	21	8	0	0	1.00
26/08/2021	22	8	3.5	2.3	0.60	25/09/2021	22	8	0	0	1.00
27/08/2021	23	8	3.5	2.3	0.60	27/09/2021	23	8	0	0	1.00
28/08/2021	24	8	7	1.1	0.86	28/09/2021	24	8	7	1	0.88
29/08/2021	25	8	6	1.3	0.82	29/09/2021	25	8	0	0	1.00
31/08/2021	26	8	0	0.0	1.00	30/09/2021	26	8	0	0	1.00

Fuente. Elaboración propia

Podemos ver que en el mes de agosto donde se aplicó el pre-tes, hay días donde la disponibilidad es baja como los días 2, 5, 10, 15, 17, 21, 22 y 23 son los días justamente donde hay menos horas en tiempo medio entre fallas, se puede ver que la disponibilidad de la máquina no muy constante y esto afecta a la producción diaria de la máquina. A comparación del mes de septiembre donde la disponibilidad llega los días 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25 y 26 a 1 que es su valor máximo. Donde también hay menos horas de tiempo medio entre fallos y número de paradas.

Figura 40. comparativo de disponibilidad



Fuente. Elaboración propia

### Conclusión

Podemos decir que luego de la mejora la disponibilidad de la máquina aumentó ya que hay más días con 1 % de disponibilidad a comparación del mes de agosto donde hay menos días. Se puede ver también que hay menos horas en tiempo medio entre fallos ya que al tener una disponibilidad de 1 % no hay tiempo de reparación, por lo tanto, el tiempo de producción de la maquina aumenta.

## Eficiencia

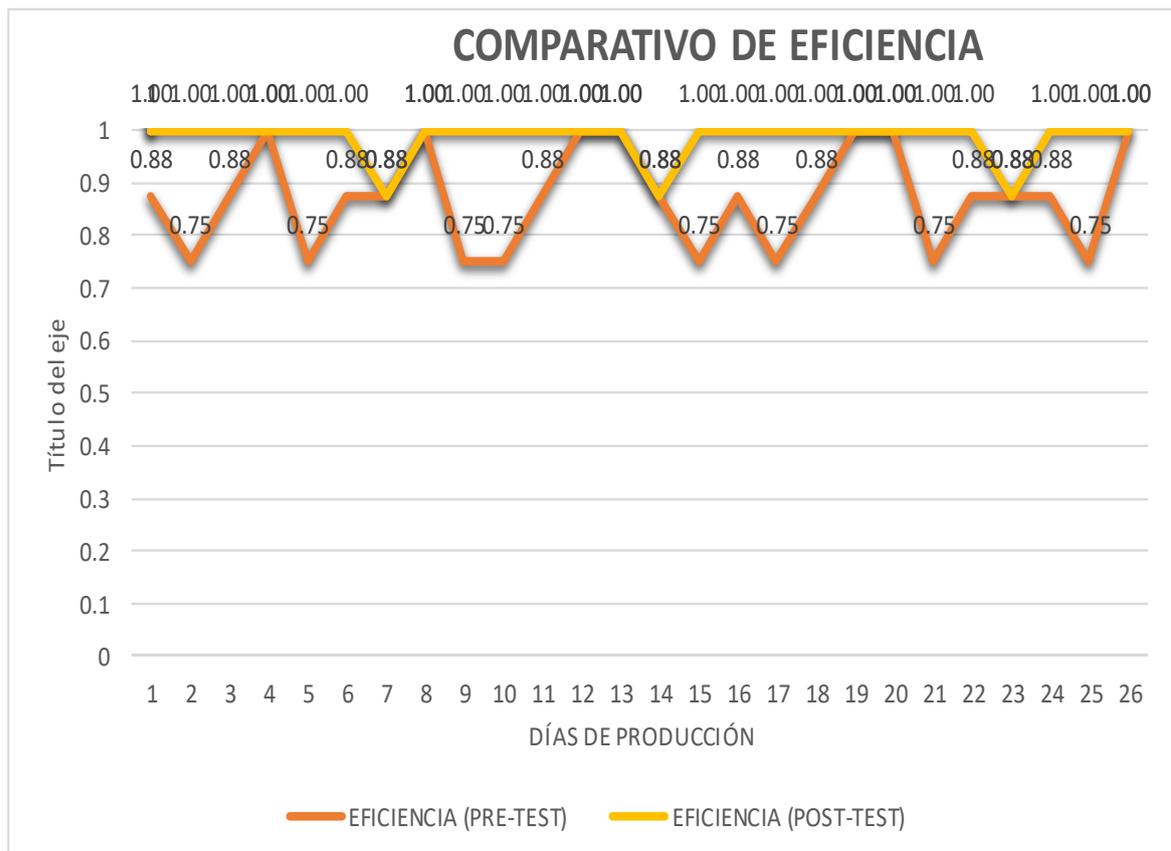
Tabla 38. Comparativo de eficiencia

		Fecha de registro							Fecha de registro				
		Indicador: Índice de Eficiencia							Indicador: Índice de Eficiencia				
		$EF = \frac{TDPM}{TPM}$							$EF = \frac{TDPM}{TPM}$				
Área de la empresa	Producción	TDPM: Tiempo real de producción de máquina					Área de la empresa	Producción	TDPM: Tiempo real de producción de máquina				
Proceso/operación	Creación de engranaje						Proceso/operación	Creación de engranaje					
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		TP: Tiempo programado de máquina					Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro		TP: Tiempo programado de máquina				
		Fecha: 02/08/2021							Fecha: 01/09/2021				
FECHA	DÍA	TIEMPO PROGRAMA DO (horas)	TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN N (horas)	PRODUCCIÓN N PROGRAMA DA	PRODUCCIÓN N REAL	EFICIENCIA	FECHA	DÍA	TIEMPO PROGRAMA DO (horas)	TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN N (horas)	PRODUCCIÓN PROGRAMADA	PRODUCCIÓN REAL	EFICIENCIA
02/08/2021	1	8	7	120	105	0.88	01/09/2021	1	8	8	120	120	1.00
03/08/2021	2	8	6	120	90	0.75	02/09/2021	2	8	8	120	120	1.00
04/08/2021	3	8	7	120	105	0.88	03/09/2021	3	8	8	120	120	1.00
05/08/2021	4	8	8	120	120	1.00	04/09/2021	4	8	8	120	120	1.00
06/08/2021	5	8	6	120	90	0.75	06/09/2021	5	8	8	120	120	1.00
07/08/2021	6	8	7	120	105	0.88	07/09/2021	6	8	8	120	120	1.00
09/08/2021	7	8	7	120	105	0.88	08/09/2021	7	8	7	120	105	0.88
10/08/2021	8	8	8	120	120	1.00	09/09/2021	8	8	8	120	120	1.00
11/08/2021	9	8	6	120	90	0.75	10/09/2021	9	8	8	120	120	1.00
12/08/2021	10	8	6	120	90	0.75	11/09/2021	10	8	8	120	120	1.00
13/08/2021	11	8	7	120	105	0.88	13/09/2021	11	8	8	120	120	1.00
14/08/2021	12	8	8	120	120	1.00	14/09/2021	12	8	8	120	120	1.00
16/08/2021	13	8	8	120	120	1.00	15/09/2021	13	8	8	120	120	1.00
17/08/2021	14	8	7	120	105	0.88	16/09/2021	14	8	7	120	105	0.88
18/08/2021	15	8	6	120	90	0.75	17/09/2021	15	8	8	120	120	1.00
19/08/2021	16	8	7	120	105	0.88	18/09/2021	16	8	8	120	120	1.00
20/08/2021	17	8	6	120	90	0.75	20/09/2021	17	8	8	120	120	1.00
21/08/2021	18	8	7	120	105	0.88	21/09/2021	18	8	8	120	120	1.00
23/08/2021	19	8	8	120	120	1.00	22/09/2021	19	8	8	120	120	1.00
24/08/2021	20	8	8	120	120	1.00	23/09/2021	20	8	8	120	120	1.00
25/08/2021	21	8	6	120	90	0.75	24/09/2021	21	8	8	120	120	1.00
26/08/2021	22	8	7	120	105	0.88	25/09/2021	22	8	8	120	120	1.00
27/08/2021	23	8	7	120	105	0.88	27/09/2021	23	8	7	120	105	0.88
28/08/2021	24	8	7	120	105	0.88	28/09/2021	24	8	8	120	120	1.00
29/08/2021	25	8	6	120	90	0.75	29/09/2021	25	8	8	120	120	1.00
31/08/2021	26	8	8	120	120	1.00	30/09/2021	26	8	8	120	120	1.00

Fuente. Elaboración propia

En cuanto a la eficiencia podemos ver en el mes de agosto, donde se aplicó el pre-test, que los días 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24 y 25 no llega la eficacia al valor máximo que es el 1. El motivo es que esos días la máquina no está en funcionamiento las 8 horas de producción programada, la máquina falla y genera paradas no programadas. Después de la aplicación de la mejora podemos ver que los días 7, 14 y 23 no llega al valor 1 en eficacia, los demás días del mes de septiembre podemos ver que la eficacia llega al 1 de eficacia. Podemos ver que la mejora ayudo a la máquina a que pueda cumplir su tiempo de producción programada.

Figura 41. Comparativo de eficiencia



Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

Podemos ver que la eficacia, luego de la mejora, llega a su valor máximo en casi todo el mes de septiembre a comparación del mes de agosto. Esto quiere decir que la máquina ha cumplido con su tiempo de programación en casi todo el mes de septiembre.

## Eficacia

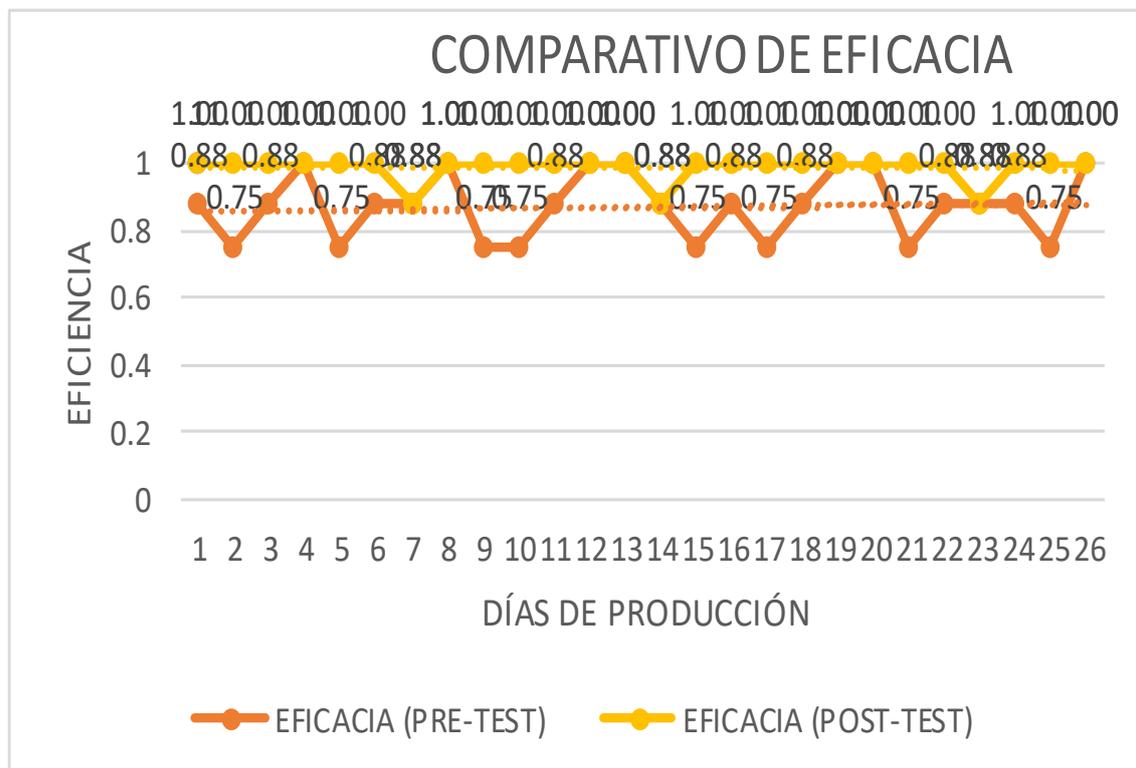
Tabla 39. Comparativo de eficacia

				Fecha de registro							Fecha de registro		
				Indicador: Índice de Eficacia							Indicador: Índice de Eficacia		
				$E = \frac{PP}{PPL}$							$E = \frac{PP}{PPL}$		
Área de la empresa		Producción		PP: Piezas producidas			Área de la empresa		Producción		PP: Piezas producidas		
Proceso/operación		Creación de engranaje		PPL: Piezas planificadas			Proceso/operación		Creación de engranaje		PPL: Piezas planificadas		
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro							Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro						
				Fecha: 02/08/2021							Fecha: 01/09/2021		
FECHA	DIA	TIEMPO PROGRAMADO (horas)	TIEMPO DE PRODUCCIÓN (horas)	PIEZAS PLANIFICADAS	PIEZAS PRODUCIDAS	EFICACIA	FECHA	DIA	TIEMPO PROGRAMADO (horas)	TIEMPO DE PRODUCCIÓN (horas)	PIEZAS PLANIFICADAS	PIEZAS PRODUCIDAS	EFICACIA
02/08/2021	1	8	7	120	105	0.88	01/09/2021	1	8	8	120	120	1.00
03/08/2021	2	8	6	120	90	0.75	02/09/2021	2	8	8	120	120	1.00
04/08/2021	3	8	7	120	105	0.88	03/09/2021	3	8	8	120	120	1.00
05/08/2021	4	8	8	120	120	1.00	04/09/2021	4	8	8	120	120	1.00
06/08/2021	5	8	6	120	90	0.75	06/09/2021	5	8	8	120	120	1.00
07/08/2021	6	8	7	120	105	0.88	07/09/2021	6	8	8	120	120	1.00
09/08/2021	7	8	7	120	105	0.88	08/09/2021	7	8	7	120	105	0.88
10/08/2021	8	8	8	120	120	1.00	09/09/2021	8	8	8	120	120	1.00
11/08/2021	9	8	6	120	90	0.75	10/09/2021	9	8	8	120	120	1.00
12/08/2021	10	8	6	120	90	0.75	11/09/2021	10	8	8	120	120	1.00
13/08/2021	11	8	7	120	105	0.88	13/09/2021	11	8	8	120	120	1.00
14/08/2021	12	8	8	120	120	1.00	14/09/2021	12	8	8	120	120	1.00
16/08/2021	13	8	8	120	120	1.00	15/09/2021	13	8	8	120	120	1.00
17/08/2021	14	8	7	120	105	0.88	16/09/2021	14	8	7	120	105	0.88
18/08/2021	15	8	6	120	90	0.75	17/09/2021	15	8	8	120	120	1.00
19/08/2021	16	8	7	120	105	0.88	18/09/2021	16	8	8	120	120	1.00
20/08/2021	17	8	6	120	90	0.75	20/09/2021	17	8	8	120	120	1.00
21/08/2021	18	8	7	120	105	0.88	21/09/2021	18	8	8	120	120	1.00
23/08/2021	19	8	8	120	120	1.00	22/09/2021	19	8	8	120	120	1.00
24/08/2021	20	8	8	120	120	1.00	23/09/2021	20	8	8	120	120	1.00
25/08/2021	21	8	6	120	90	0.75	24/09/2021	21	8	8	120	120	1.00
26/08/2021	22	8	7	120	105	0.88	25/09/2021	22	8	8	120	120	1.00
27/08/2021	23	8	7	120	105	0.88	27/09/2021	23	8	7	120	105	0.88
28/08/2021	24	8	7	120	105	0.88	28/09/2021	24	8	8	120	120	1.00
29/08/2021	25	8	6	120	90	0.75	29/09/2021	25	8	8	120	120	1.00
31/08/2021	26	8	8	120	120	1.00	30/09/2021	26	8	8	120	120	1.00

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la eficacia podemos ver en el mes de agosto, donde se aplicó el pre-test, que los días 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24 y 25 no llega la eficacia al valor máximo que es el 1. El motivo es que esos días la producción diaria de las piezas no llega a la producción planificada diaria, por ejemplo, el día 2 la producción planificada fue de 120 piezas y solo se pudo hacer 90 piezas. Después de la aplicación de la mejora podemos ver que los días 7, 14 y 23 no llega al valor 1 en eficiencia, los demás días del mes de septiembre podemos ver que la eficiencia llega al 1 de su valor máximo. Podemos ver que la mejora ayudo a que la máquina pueda cumplir con su producción programada casi todo el mes de septiembre.

Figura 42. Comparativo de eficacia



Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

Podemos decir que la eficiencia mejoró gracias a la mejora ya que gracias a ello se pudo cumplir con casi toda la producción programada. A comparación del mes de agosto donde casi todos los días no se pudo llegar a la producción de piezas programadas.

## Productividad

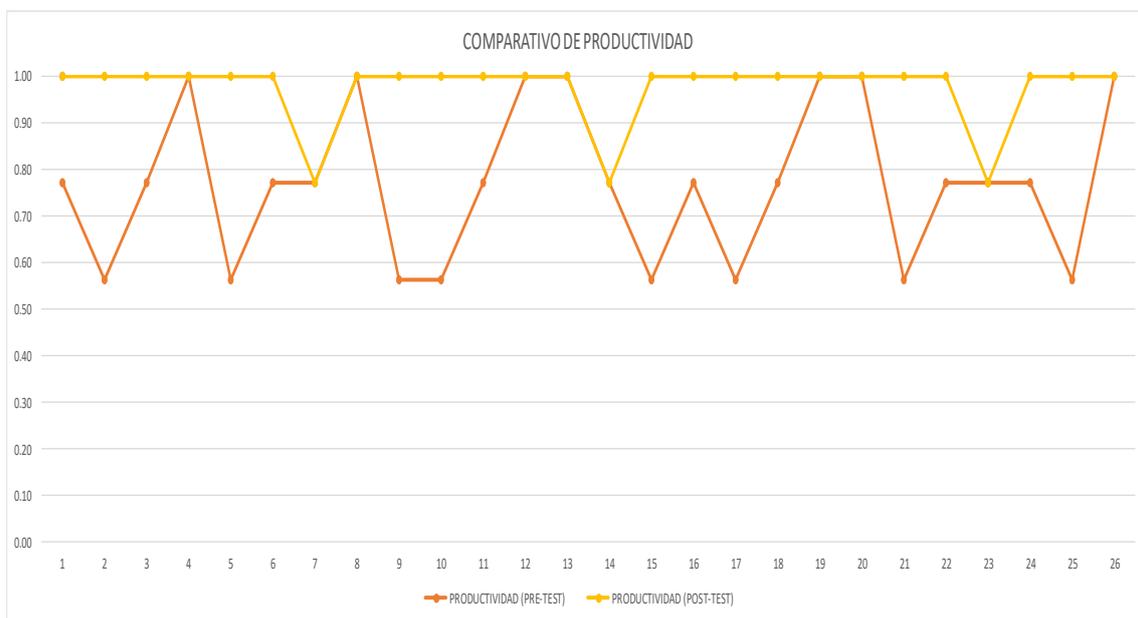
Tabla 40. Comparativo de productividad

			Fecha de registro					Fecha de registro	
			Indicador: Índice de Productividad					Indicador: Índice de Productividad	
			$P = EF * E$					$P = EF * E$	
Área de la empresa		Producción	EF: Eficiencia		Área de la empresa		Producción	EF: Eficiencia	
Proceso/operación		Creación de engranaje			Proceso/operación		Creación de engranaje		
Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro			E: Eficacia		Elaborado por: Esquivel Torre Miguel Ramiro			E: Eficacia	
			Fecha: 02/08/2021					Fecha: 01/09/2021	
FECHA	DIA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD	FECHA	DIA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
02/08/2021	1	0.875	0.88	0.77	02/08/2021	1	1.00	1.00	1.00
03/08/2021	2	0.75	0.75	0.56	03/08/2021	2	1.00	1.00	1.00
04/08/2021	3	0.875	0.88	0.77	04/08/2021	3	1.00	1.00	1.00
05/08/2021	4	1.00	1.00	1.00	05/08/2021	4	1.00	1.00	1.00
06/08/2021	5	0.75	0.75	0.56	06/08/2021	5	1.00	1.00	1.00
07/08/2021	6	0.875	0.88	0.77	07/08/2021	6	1.00	1.00	1.00
09/08/2021	7	0.875	0.88	0.77	09/08/2021	7	0.88	0.88	0.77
10/08/2021	8	1.00	1.00	1.00	10/08/2021	8	1.00	1.00	1.00
11/08/2021	9	0.75	0.75	0.56	11/08/2021	9	1.00	1.00	1.00
12/08/2021	10	0.75	0.75	0.56	12/08/2021	10	1.00	1.00	1.00
13/08/2021	11	0.875	0.88	0.77	13/08/2021	11	1.00	1.00	1.00
14/08/2021	12	1.00	1.00	1.00	14/08/2021	12	1.00	1.00	1.00
16/08/2021	13	1.00	1.00	1.00	16/08/2021	13	1.00	1.00	1.00
17/08/2021	14	0.875	0.88	0.77	17/08/2021	14	0.88	0.88	0.77
18/08/2021	15	0.75	0.75	0.56	18/08/2021	15	1.00	1.00	1.00
19/08/2021	16	0.875	0.88	0.77	19/08/2021	16	1.00	1.00	1.00
20/08/2021	17	0.75	0.75	0.56	20/08/2021	17	1.00	1.00	1.00
21/08/2021	18	0.875	0.88	0.77	21/08/2021	18	1.00	1.00	1.00
23/08/2021	19	1.00	1.00	1.00	23/08/2021	19	1.00	1.00	1.00
24/08/2021	20	1.00	1.00	1.00	24/08/2021	20	1.00	1.00	1.00
25/08/2021	21	0.75	0.75	0.56	25/08/2021	21	1.00	1.00	1.00
26/08/2021	22	0.875	0.88	0.77	26/08/2021	22	1.00	1.00	1.00
27/08/2021	23	0.875	0.88	0.77	27/08/2021	23	0.88	0.88	0.77
28/08/2021	24	0.875	0.88	0.77	28/08/2021	24	1.00	1.00	1.00
29/08/2021	25	0.75	0.75	0.56	29/08/2021	25	1.00	1.00	1.00
31/08/2021	26	1.00	1.00	1.00	31/08/2021	26	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la productividad podemos ver en el mes de agosto, donde se aplicó el pre-test, que los días 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24 y 25 no llega la productividad al valor máximo que es el 1. El motivo es que esos días la eficiencia y la eficacia de la empresa estaban con valores bajos. Después de la aplicación de la mejora podemos ver que los días 7, 14 y 23 no llega al valor 1 en productividad, los demás días del mes de septiembre podemos ver que la productividad llega al 1 de su valor máximo. Podemos ver que la mejora ayudó a que aumente la productividad a comparación del mes anterior.

Figura 43. Comparativo de productividad



Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

Podemos decir que la productividad mejoró gracias a la mejora ya que gracias a ello la productividad aumentó. A comparación del mes de agosto donde casi todos los días la productividad era baja.

### 3.5.8 Análisis económico

En cuanto al análisis económico financiero del trabajo de investigación podemos decir que está enfocado en la reducción de costos después de la implementación de la mejora. Se realizó el cálculo del VAN y TIR para corroborar que la inversión fue beneficiosa para la empresa, Metalmecánica AJL, desde el punto de vista económico.

En la tabla número 42 podemos ver a detalle el presupuesto que se necesitó para realizar la implementación de la mejora, la cual está dividido por los materiales que se necesitaron, los bienes y servicios y por último los útiles de oficina.

Tabla 41. Presupuesto de implementación

N°	Materiales	Costo total (S/.)
1	Maleta de herramientas	300
2	Manual de mantenimiento	300
3	Aceite	1500
4	Grasa de litio	1000
5	Trapo	150
6	Guantes	100
7	brocha	100
8	Arandela	40
9	Overol Descartable	180
<b>Total</b>		<b>3670</b>
N°	Bienes y servicios	Costo total (S/.)
1	Contratista (M.Correctivo)	1500
2	Capacitación	500
<b>Total</b>		<b>2000</b>
N°	Útiles de oficina	Costo total (S/.)
1	Hojas	50
2	Lapiceros	10
3	Engrampadores	30
4	Tinta	45
<b>Total</b>		<b>135</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 43 podemos observar el costo total del proyecto de mejora, la cual está dividido por la inversión tangible e intangible. El costo total de la implementación es de 12155 S/.

Tabla 42. Costo total de la implementación

<b>Inversiones tangibles</b>	<b>5805</b>
Materiales	3670
Bienes y servicios	2000
Útiles de oficina	135
<b>Inversiones intangibles</b>	<b>6350</b>
Servicio de agua y desague	350
Servicio de energía	1500
Viáticos y Asignaciones	2000
Otros gastos	2500
<b>Total</b>	<b>12155</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 44 podemos observar los gastos de mantenimiento que se realizaron antes y después de la mejora. En el pre-test los gastos están conformados por el mantenimiento correctivo, los consumibles y repuestos. Y en el post-test los gastos están conformados por el mantenimiento preventivo, consumibles y repuestos.

Tabla 44. Comparativo de gastos

<b>Gastos de mantenimiento (PRE-TEST)</b>	<b>4500</b>
Mantenimiento Correctivo	3500
Consumibles	500
Repuestos	500
<b>Gastos de mantenimiento (POST-TEST)</b>	<b>2000</b>
Mantenimiento Preventivo	1500
Consumibles	350
Repuestos	150

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Flujo de caja

En la tabla N° 45 podemos observar el flujo de caja proyectado en un periodo de 12 meses.

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>Gastos de mantenimiento (PRE-TEST)</b>		4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Mantenimiento Correctivo		3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Consumibles		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Repuestos		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Gastos de mantenimiento (POST-TEST)</b>		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Mantenimineto Preventivo		1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Consumibles		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Repuestos		150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
<b>Beneficio</b>		2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
<b>Inversiones tangibles</b>	5805												
Materiales	3670												
Bienes y servicios	2000												
Útiles de oficina	135												
<b>Inversiones intangibles</b>	6350												
Servicio de agua y desague	350												
Servicio de energia	1500												
Viáticos y Asignaciones	2000												
Otros gastos	2500												
<b>Totales Neto</b>	-PEN 12,155	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500	PEN 2,500
	-PEN 12,155	-PEN 9,655	-PEN 7,155	-PEN 4,655	-PEN 2,155	PEN 345	PEN 2,845	PEN 5,345	PEN 7,845	PEN 10,345	PEN 12,845	PEN 15,345	PEN 17,845

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 46 podemos ver el cálculo de VAN, la cual tiene un valor positivo de S/. 15113.76 y el TIR es de 18 % mayor a la tasa de interés del capital invertido que es del 15 %, lo que significa que el proyecto es rentable para la empresa. También es recuperable la inversión a partir del tercer mes, respecto al costo beneficio del proyecto es de 2.50, lo que significa que por cada sol invertido se obtendrá una ganancia de S/. 2.50.

Tabla 46. VAN, TIR y Beneficio/Costo

Cálculo del VAN	PEN 15,113.76
Costo de oportunidad (COK)	1.5%
Calculo del TIR	18%
Calculo del ratio Beneficio/Costo	2.5

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Método de análisis de datos

#### **Análisis descriptivo**

En nuestro trabajo de investigación utilizamos la estadística descriptiva para poder analizar los datos obtenidos en porcentajes, cuadros, diagramas, etc. Y de como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad en la empresa AJL, los resultados se expresan en un antes y un después de la aplicación del mantenimiento preventivo. Según Hernández Sampieri (2014) el análisis descriptivo “realiza análisis de estadística descriptiva para cada una de las variables de la matriz y luego para cada una de las variables del estudio, finalmente aplica cálculos estadísticos para probar sus hipótesis.” (p. 282).

#### **Análisis inferencial**

En nuestro trabajo de investigación utilizamos la estadística inferencial porque analizaremos la hipótesis general y las hipótesis específicas. Según Hernández Sampieri (2014) el análisis inferencial nos dice “Éstos no son calculados, porque no se recolectan datos de toda la población, pero pueden ser inferidos de los estadígrafos, de ahí el nombre de estadística inferencial.” (p. 299).

### 3.7 Aspectos éticos

Como investigador me comprometo a recoger información veraz para el trabajo de estudio, por lo cual toda fuente de información será citada con la norma ISO 690 y correctamente por los autores referentes, los datos recogidos fueron validados por la empresa y sobre todo se cuenta con autorización de la empresa metalmecánica AJL para que la tesis pueda ser publicada para fines académicos. La cual se encuentra en el anexo 6, se ha respetado al trabajador y sus datos han sido resguardados.

## IV. RESULTADOS

### Variable Dependiente (Productividad)

Análisis descriptivo de productividad

Se realizó un cuadro comparativo de la variable productividad de del antes y después de la mejora en la empresa metalmecánica Ajl.

Tabla 43. Descriptivo de la variable productividad

Descriptivos				
		Estadístico	Error típ.	
PRODUC_AN	Media	.7673	.03335	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	.6986	
		Límite superior	.8360	
	Media recortada al 5%	.7659		
	Mediana	.7700		
	Varianza	.029		
	Desv. típ.	.17005		
	Mínimo	.56		
	Máximo	1.00		
	Rango	.44		
	Amplitud intercuartil	.44		
	Asimetría	.149	.456	
	Curtosis	-1.249	.887	
	PRODUC_DE	Media	.9735	.01470
Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	.9432	
		Límite superior	1.0037	
Media recortada al 5%		.9833		
Mediana		1.0000		
Varianza		.006		
Desv. típ.		.07494		
Mínimo		.77		
Máximo		1.00		
Rango		.23		
Amplitud intercuartil		0.00		
Asimetría		-2.558	.456	
Curtosis		4.915	.887	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°43 se observa la comparativa de la variable productividad del antes y después de la aplicación del mantenimiento preventivo, donde se obtuvo una media en el pre-test de 0.76 y post-test 0.97 respectivamente. Así mismo la desviación fue de 0.17 en el pre-test y 0.07 en el post-test.

## Análisis descriptivo de eficacia

Se realizó un cuadro comparativo de la dimensión de eficacia del antes y después de la mejora en la empresa metalmecánica Ajl.

Tabla 44. Descriptivo de la dimensión eficacia

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
EFICACIA_AN	Media		.8723	.01899
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	.8332	
		Límite superior	.9114	
	Media recortada al 5%		.8720	
	Mediana		.8800	
	Varianza		.009	
	Desv. típ.		.09684	
	Mínimo		.75	
	Máximo		1.00	
	Rango		.25	
	Amplitud intercuartil		.25	
	Asimetría		-.003	.456
	Curtosis		-1.285	.887
	EFICACIA_DE	Media		.9862
Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	.9704	
		Límite superior	1.0019	
Media recortada al 5%		.9913		
Mediana		1.0000		
Varianza		.002		
Desv. típ.		.03910		
Mínimo		.88		
Máximo		1.00		
Rango		.12		
Amplitud intercuartil		0.00		
Asimetría		-2.558	.456	
Curtosis		4.915	.887	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°44 se observa la comparativa de la dimensión eficacia del antes y después de la aplicación del mantenimiento preventivo, donde se obtuvo una media en el pre-tes de 0.87 y post-tes 0.98 respectivamente. Así mismo la desviación fue de 0.09 en el pre-test y 0.03 en el post-tes.

## Análisis descriptivo de eficiencia

Se realizó un cuadro comparativo de la dimensión de eficiencia del antes y después de la mejora en la empresa metalmecánica Ajl.

Tabla 45. Descriptivo de la dimensión eficiencia

Descriptivos				
		Estadístico	Error típ.	
EFICIEN_AN	Media	.8723	.01899	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	.8332	
		Límite superior	.9114	
	Media recortada al 5%	.8720		
	Mediana	.8800		
	Varianza	.009		
	Desv. típ.	.09684		
	Mínimo	.75		
	Máximo	1.00		
	Rango	.25		
	Amplitud intercuartil	.25		
	Asimetría	-.003	.456	
	Curtosis	-1.285	.887	
EFICIEN_DE	Media	.9862	.00767	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	.9704	
		Límite superior	1.0019	
	Media recortada al 5%	.9913		
	Mediana	1.0000		
	Varianza	.002		
	Desv. típ.	.03910		
	Mínimo	.88		
	Máximo	1.00		
	Rango	.12		
	Amplitud intercuartil	0.00		
	Asimetría	-2.558	.456	
	Curtosis	4.915	.887	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°45 se observa la comparativa de la dimensión eficiencia del antes y después de la aplicación del mantenimiento preventivo, donde se obtuvo una media en el pre-tes de 0.87 y post-tes 0.98 respectivamente. Así mismo la desviación fue de 0.09 en el pre-test y 0.03 en el post-tes.

## Análisis inferencial

### Análisis de la hipótesis general

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica Ajl, Lima 2021.

Se hace uso de la prueba de normalidad primero con el fin de identificar si los datos que tenemos son paramétricos o no paramétricos y teniendo en cuenta que los datos son en cantidad 26 se procederá usar el estadígrafo de Shapiro Wilk, para ello nos guiamos del siguiente criterio.

Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 46. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
PRODUC_AN	.811	26	.000
PRODUC_DE	.376	26	.000
a. Corrección de la significación de Lilliefors			

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°46 se puede verificar que la significancia de las productividades antes y después arrojan valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Es por ello que como queremos saber si la productividad ha mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

### Contrastación de la hipótesis general

Ho: La aplicación del mantenimiento preventivo no incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica Ajl, Lima 2021.

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica Ajl, Lima 2021.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 47. Prueba de la hipótesis general con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
PRODUC_AN	26	.7673	.17005	.56	1.00
PRODUC_DE	26	.9735	.07494	.77	1.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°47 ha quedado demostrado que la media de la productividad antes (0.7673) es menor que la media de la productividad después (0.9735), por consiguiente, no se cumple  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación del mantenimiento preventivo no incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica Ajl, Lima 2021, y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica Ajl, Lima 2021.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas productividades.

Regla de decisión:

Si  $pvalor \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $pvalor > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla 48. Prueba de Wilcoxon para la productividad

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
	PRODUC_DE - PRODUC_AN
Z	-3.619 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	.000
a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	
b. Basado en los rangos negativos.	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la productividad antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica Ajl, Lima 2021.

Análisis de la hipótesis específica

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica Ajl, Lima 2021.

Se hace uso de la prueba de normalidad primero con el fin de identificar si los datos que tenemos son paramétricos o no paramétricos y teniendo en cuenta que los datos son en cantidad 26 se procederá usar el estadígrafo de Shapiro Wilk, para ello nos guiamos del siguiente criterio.

Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	o	gl	Sig.
EFICIEN_AN	.811	26	.000
EFICIEN_DE	.376	26	.000

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° se puede verificar que la significancia de las productividades antes y después arrojan valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Es por ello que como queremos saber si la productividad ha mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis específica

Ho: La aplicación del mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Ea} \geq \mu_{Ed}$$

$$H_a: \mu_{Ea} < \mu_{Ed}$$

Tabla 49. Prueba de la hipótesis específica con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
EFICIEN_AN	26	.8723	.09684	.75	1.00
EFICIEN_DE	26	.9862	.03910	.88	1.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla ha quedado demostrado que la media de la eficiencia antes (0.8723) es menor que la media de la eficiencia después (0.9862), por consiguiente, no se cumple Ho:  $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación del mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021, y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas productividades.

Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla 50. Prueba de Wilcoxon para la eficiencia

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
	EFICIEN_DE - EFICIEN_AN
Z	-3.619 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	.000
a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	
b. Basado en los rangos negativos.	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la eficiencia antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.

Análisis de la hipótesis específica

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021

Se hace uso de la prueba de normalidad primero con el fin de identificar si los datos que tenemos son paramétricos o no paramétricos y teniendo en cuenta que los datos son en cantidad 26 se procederá usar el estadígrafo de Shapiro Wilk, para ello nos guiamos del siguiente criterio.

Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

## Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	o	gl	Sig.
EFICACIA_AN	.811	26	.000
EFICACIA_DE	.376	26	.000
a. Corrección de la significación de Lilliefors			

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° se puede verificar que la significancia de la eficacia antes y después arrojan valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Es por ello que como queremos saber si la productividad ha mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis específica

Ho: La aplicación del mantenimiento preventivo no incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021

Ha: La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{EFa} \geq \mu_{EFd}$$

$$H_a: \mu_{EFa} < \mu_{EFd}$$

Tabla 51. Prueba de la hipótesis específica con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
EFICACIA_AN	26	.8723	.09684	.75	1.00
EFICACIA_DE	26	.9862	.03910	.88	1.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla ha quedado demostrado que la media de la eficacia antes (0.8723) es menor que la media de la eficiencia después (0.9862), por consiguiente, no se

cumple  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación del mantenimiento preventivo no incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021, y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas productividades.

Regla de decisión:

Si  $pvalor \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $pvalor > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla 52. Prueba de Wilcoxon para la eficacia

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
	EFICACIA_DE - EFICACIA_AN
Z	-3.619 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	.000
a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	
b. Basado en los rangos negativos.	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la eficacia antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.

## V. DISCUSIÓN

Con respecto a la hipótesis general del trabajo de investigación podemos ver que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad. Cuya media de la productividad antes de la aplicación del mantenimiento era de 0.77 y después de la aplicación del mantenimiento preventivo fue de 0.97. En comparación con la tesis de Quiroz Edson y Ramírez Daniel (2020), en su tesis se comprueba que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis general. Y que la productividad antes de la mejora tenía un promedio de 0.58 y después de la mejora un 0.76. Se puede decir que en ambos casos la aplicación del mantenimiento preventivo mejoró la productividad de las empresas, teniendo en cuenta que son del mismo rubro.

Pero haciendo el análisis respectivo vemos que la productividad pudo mejorar aún más en la tesis de Quiroz Edson y Ramírez Daniel (2020), si en su implementación tomaba en cuenta el mantenimiento correctivo o tareas correctivas como otros autores lo llaman, ya que las máquinas necesitaban ser reparadas con urgencia, solo se dedicó a las tareas de mantenimiento preventivo que no solucionaban en primera instancia el problema a fondo de la máquina. Porque antes de cualquier gestión que se vaya a realizar a un equipo o máquina se debe de corregir las fallas presentes, creo que los datos pudieron ser mejores, ya que la máquina podría haber producido más piezas por hora y haber tenido más horas de producción. También que no hay un sistema de control donde se puedan registrar las órdenes de trabajo y un cronograma de capacitación que ayude a la empresa a poder mantener a su personal actualizado.

El autor Luis Mora (2009), en su libro clasifica el mantenimiento en 6 etapas y justamente en la primera etapa nos dice que una de las primeras acciones que se realizan siempre son de índole correctiva y que procuran corregir la falla o parada imprevista en forma prioritaria, cosa que estoy de acuerdo, ya que ayuda a mejorar la productividad de la máquina en primera instancia y te arroja resultados más favorables para la empresa. Podemos concluir que la teoría aprendida de la variable mantenimiento preventivo en ambos casos influyó en la mejora de la productividad,

mediante la implementación pudimos hacer mejoras que ayudaron a la empresa y atacar las problemáticas que afectan.

Siguiendo con la discusión del trabajo de investigación pasamos con la hipótesis específica, podemos ver que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia de la empresa Metalmecánica AJL, que tiene como hipótesis alternativa, la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción de la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021. En cuanto promedio podemos ver que antes de la aplicación del mantenimiento preventivo tenía un valor de 0.8723 y después de la mejora obtuvo un valor de 0.9862. De la misma manera Guido Salvatierra (2019), en su tesis se acepta su hipótesis específica, que el plan de mantenimiento preventivo incrementa la eficacia de la empresa metalmecánica AR&ML y se rechaza la hipótesis nula.

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis inferencial vemos que antes de la mejora obtuvo un valor de 0.60 y después de la mejora obtuvo un valor de 0.79. En ambos casos la aplicación del mantenimiento preventivo influyó de manera satisfactoria en la eficacia de la empresa, pero en este aspecto la tesis de Guido Salvatierra (2019) tuvo un resultado mucho mejor, esto se debe a que la implementación tuvo una duración de 6 meses y un post-tes de un año. Lo cual concuerdo con el autor, ya que el tiempo tomado para la implementación es proporcional al número de máquinas que se está estudiando, todas las máquinas de la empresa contaron con un plan de mantenimiento preventivo lo cual demanda mucho más tiempo organizarlas y por lo tanto se obtienen resultados mucho más satisfactorios para el aumento de la eficacia. Vemos que la producción es mucho mayor ya que las condiciones de la empresa así como equipos de la empresa son mejores. También considerando que la empresa contaba con un historial de fallas la cual facilitaron en hacer un mejor análisis.

También está el hecho que la empresa cuenta con un inventario de repuestos para cada máquina, esto ayuda a que se pueda reducir los tiempos de mantenimiento de las máquinas, ya que tienen un control de stock para cada repuesto. Además vemos que tiene un cronograma de capacitación, cosa que estoy a favor, ya que es muy importante seguir capacitando al personal para mantenerlos actualizados, sobre todo cuando aparecen casos atípicos en el mantenimiento preventivo cosa

que todo el personal tenga la información de como solucionarlo. Podemos decir que la teoría aprendida de la variable mantenimiento preventivo en ambos casos influyó en la mejora de la eficacia, mediante la implementación pudimos hacer mejoras que ayudaron a la empresa y atacar las problemáticas que afectan. Y que también las mejoras favorables en la empresa aumentan con el pasar del tiempo, ya que las maquinas o equipos están en constante chequeo de acuerdo al plan de mantenimiento preventivo realizado, esto ayuda a que aumente la eficacia de la máquina porque está en constante control.

El autor Humberto Gutiérrez (2010), en su libro nos dice que la eficiencia que busca optimizar los recursos y busca no desperdiciarlos, cosa que estoy de acuerdo ya que en ambos trabajos el tiempo es el recurso que se buscaba no desperdiciar ya que a mayor tiempo de producción de la máquina mayor sería la producción de la máquina.

Siguiendo con la discusión del trabajo de investigación pasamos con la última hipótesis específica, la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción de la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021. Podemos ver que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia de la empresa. Cuya media de la eficiencia antes de la aplicación del mantenimiento era de 0.8723 y después de la aplicación del mantenimiento preventivo fue de 0.9862, habiendo aumentado 0.1139 en la media.

Vemos que después de la mejora la máquina pudo trabajar por más tiempo, lo cual aporta a que aumente el número de piezas fabricadas. De la misma manera Guido Salvatierra (2019), en su tesis se aceptó la hipótesis específica que fue, el plan de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia de la empresa metalmecánica AR&ML, la cual tuvo como resultado una significancia, en su prueba de muestras relacionadas, de 0.00 en la eficacia. En cuanto a la media obtenida en el análisis inferencial vemos que antes de la mejora obtuvo un valor de 67.08 y después de la mejora obtuvo un valor de 79.42, lo que quiere decir que la media aumentó en 12.34. Se puede decir que en ambos casos la aplicación del mantenimiento preventivo influyó en la eficiencia de la empresa, teniendo en cuenta que son del mismo rubro.

La particularidad de su trabajo es que es una empresa mucho más grande y con un número de máquinas mucho mayor, también teniendo en cuenta que su etapa de pre-test y post-test es de un año cada uno, esto significa que la aplicación del mantenimiento preventivo puede ser aplicado en empresas pequeñas y grandes. La teoría aprendida de la variable mantenimiento preventivo en ambos casos influyó en la mejora de la eficiencia, mediante la implementación pudimos hacer mejoras que ayudaron a la empresa y atacar las problemáticas que afectan. Viendo los resultados y haciendo la comparativa de los mismos podemos decir que las hipótesis general y específicas fueron las correctas, ya que fueron comprobadas estadísticamente y también fueron comprobadas con otros investigadores que tenían como problemática la baja productividad y usaron el mantenimiento preventivo como solución al problema. También se tomó en cuenta que los trabajos sean del mismo rubro y así tener una respuesta más clara en la comparación de resultados.

El autor Luis Mora (2009), en su libro nos dice que la fabricación y el mantenimiento son actividades que van de la mano y se complementan, ya que gracias al mantenimiento la máquina se potencia y por lo tanto aumenta su productividad. Lo cual estoy de acuerdo, ya que según los resultados obtenidos después de la mejora podemos ver que la productividad aumentó significativamente. Antes de la implementación la máquina tenía una producción en el mes de agosto de 2715 piezas fabricadas y después de la mejora la producción aumentó a 3075 piezas. En cuanto a las horas podemos decir que antes de la mejora la máquina trabajó 181 horas en el mes de agosto y después de la mejora tuvo 205 horas en el mes siguiente.

El autor Humberto Gutiérrez (2010), en su libro nos dice que la eficacia es el cumplimiento de las actividades planeadas, cosa que estoy de acuerdo ya que cuando hablamos de eficacia en una empresa es simplemente el cumplimiento de objetivos trazados, si hablamos de una máquina mediremos la eficacia en función de las piezas que están planificadas y las que llegó a realizar.

## VI CONCLUSIONES

Siguiendo con el trabajo de investigación pasaremos a las conclusiones la cual está alineado con nuestros objetivos planteados.

1. Se determinó que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad de la empresa Metalmecánica AJL. Antes de la implementación de la mejora, la productividad tenía un promedio de 0.77 y después de la mejora la productividad tuvo un promedio de 0.97, este cambio se debió a que la herramienta mejoró la productividad de la máquina, aprovechando mejor los recursos que involucra a la producción y llegando a los objetivos de producción. El mantenimiento preventivo ayudó a que la máquina tenga un control en cuanto a su funcionamiento y componentes, también ayudó a que la empresa tenga un control de sus equipos y máquinas, así mismo poder contar con formatos que le puedan servir para tener un mejor control de las actividades de mantenimiento. Es por eso que se pudo cumplir con el objetivo general propuesto en nuestro trabajo de investigación.

2. Se determinó que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia de la empresa Metalmecánica AJL. Antes de la implementación de la mejora, la eficiencia tenía un promedio de 0.87 y después de la mejora la eficiencia tuvo un promedio de 0.98, este cambio se debió a que la herramienta optimizó los recursos, que en este caso sería el tiempo de producción de la máquina. La eficiencia nos permite optimizar recursos y no desperdiciarlos, antes de la mejora se desperdiciaba el tiempo de producción por la falla de la máquina, al llevar un control de la máquina y de la empresa, gracias al mantenimiento preventivo, se pudo lograr que la máquina pueda trabajar sus horas programadas. Es por eso que se pudo cumplir con nuestro primer objetivo planteado en nuestro trabajo de investigación.

3. Se determinó que la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia de la empresa Metalmecánica AJL. Antes de la implementación de la

mejora, la eficacia tenía un promedio de 0.87 y después de la mejora tuvo un promedio de 0.98, este cambio se debió a que la herramienta ayudó a que se pueda cumplir con los objetivos de producción de piezas de engranaje. La eficacia se centra en cumplir con los objetivos de producción propuestos, es por ello que gracias al mantenimiento preventivo se pudo aumentar la eficacia, ya que se pudo cumplir con el número de piezas planificadas en la empresa Metalmecánica AJL. Gracias al control que se le pudo hacer a la máquina para que no tenga paradas no programadas o mantenimientos no programados se pudo cumplir con casi toda la producción diaria y mensual de engranajes. También fue porque la máquina tuvo actividades de mantenimiento preventivo que ayudaron aún más con la disponibilidad de la máquina. Es por eso que se pudo cumplir con nuestro segundo objetivo planteado en nuestro trabajo de investigación.

## VII RECOMENDACIONES

Por último, en nuestro trabajo de investigación realizaremos las recomendaciones que permitirán seguir mejorando la productividad de la empresa Metalmecánica AJL. También le podrá ser útil a futuros investigadores o a empresas relacionadas al rubro metalmecánico.

1. Se recomienda que la empresa cumpla con las actividades programadas del mantenimiento preventivo, ya que las actividades establecidas contribuyen en la mejora de la productividad. También se le recomienda que el cronograma de mantenimiento pueda ser usado como ejemplo y se pueda hacer en todas las máquinas que tiene la empresa Metalmecánica AJL. Con esto la empresa tendría un mejor control de las máquinas, y va a aumentar la disponibilidad y la productividad de las máquinas.

2. Se recomienda que la empresa tenga un stock de repuestos con su respectivo inventario, ya que se podría ahorrar el tiempo en comprar cuando la máquina necesita de algún cambio de pieza. Esto ayudaría a que la máquina se pueda reparar en menos tiempo y por lo tanto pueda estar en funcionamiento mucho más antes. Por lo tanto, ayudaría a que la máquina aumente su eficiencia ya que aprovecharía a un más el recurso del tiempo trabajando sus horas de producción.

3. Se recomienda que la empresa cumpla con el cronograma de capacitación establecido por el técnico mecánico, ya que es necesario mantener a los trabajadores con información actualizada e implementar nuevas actividades de mantenimiento que permitan aún más a la máquina cumplir con el número de piezas de engranaje planificadas. También se le recomienda que todas las máquinas tengan un manual de mantenimiento preventivo y así el personal tenga un mejor conocimiento de las actividades que requiere cada una de las máquinas de la empresa Metalmecánica AJL.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTO MORA GUTIÉRREZ, 2009. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. ISBN 9781119130536.
- ALVAREZ V, P., CHULAS, L.R. y SANZIO, R., 2017. ÉTICA E INVESTIGACIÓN. Ceide, vol. 8, no. 2, pp. 28.
- ANDRÉS SEVILLA ARIAS, 2021. Productividad. [en línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>.
- ARIF-UZ-ZAMAN, K., 2018. Failure and maintenance information extraction methodology using multiple databases from Industry: A new data fusion approach. ,
- CHUQUIMBALQUI, E., 2018. Propuesta de mejora de un Plan de Mantenimiento Preventivo para incrementar en la Productividad del Área de Producción en la Empresa Metalmecánica S.A. Lima, 2018. Universidad César Vallejo, pp. 115.
- CONSTANTE, J., 2014. Mejoramiento de la producción de una planta embotelladora de cerveza súper lineal de cervecería nacional. , pp. 115.
- DÁVILA, M.P.D.L. y ESPINOZA, R.S., 2020. FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 01 Facultad de Ingeniería y Arquitectura. S.l.: s.n. ISBN 0000000344128.
- DELIA y GUSTAVO, [sin fecha]. Como hacer indicadores de calidad y Productividad En la empresa. S.l.: s.n. ISBN 9505530986.
- FEDELE, L. y CONTRIBUTIONS, 2011. Methodologies and Techniques for Advanced Maintenance. New York: s.n. ISBN 9780857291028.
- FIGUEROA, O., 2015. Definición de plan de mantenimiento óptimo para equipos críticos de una planta de laminación. , pp. 134.
- GARCÍA, S., 2012. Organización y Gestión del Mantenimiento de instalaciones. España, Valencia: Ediciones PMM Institute for Learning, pp. 1-96.
- GARRIDO, S.G., 2021. Renovetec. [en línea]. Disponible en: <http://mantenimiento.renovetec.com/organizacionygestion/138-mantenimiento-modificativo>.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, F.J., 2004. AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO E INDICADORES DE GESTIÓN. España: FUNDACIÓN CONFEMETAL EDITORIAL.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, F.J., 2010. Reducción de Costes y Mejora de Resultados en Mantenimiento - La gestión mediante indicadores. , pp. 331.
- HUMBERTO GUTIÉRREZ PULIDO, 2010. CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD. Tercera ed. México: s.n. ISBN 9786071503152.
- HUMBERTO GUTIÉRREZ PULIDO, 2014. CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD. Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ISBN 9786074813906.

- INDUSTRIAL, T. de mantenimiento, 2004. Tecnicas de mantenimiento industrial. Journal of Chemical Information and Modeling, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.
- INSTITUTE, B., 2021. ¿Qué es Mantenimiento Preventivo? [en línea]. Disponible en: <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/que-es-mantenimiento-preventivo-1133>.
- INTEGRAMARKETS, [sin fecha]. Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial. [en línea]. Disponible en: <https://infolibros.org/pdfview/4977-gestion-y-planificacion-del-mantenimiento-industrial-integramarkets/>.
- JORGE LOPEZ HERRERA, 2012. Libro Productividad Jorge Lopez Herrera.pdf. Estados Unidos: s.n.
- Mantenimiento Preventivo. [en línea], 2021. Disponible en: <https://mantenimiento.win/mantenimiento-preventivo/>.
- MESA, D., ORTIZ, Y. y PINZON, M., 2006. La Confiabilidad La Disponibilidad Y La Mantenibilidad Di-4830901. Scientia et Technica Año XII, no. 30, pp. 155-160.
- MORA RODRIGUEZ, L.A., 2009. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. S.l.: s.n. ISBN 9789586827690.
- NACIONES UNIDAS CEPAL, 2020. Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación. 2020. S.l.: s.n.
- NACIONES UNIDAS CEPAL, 2021. La paradoja de la recuperación en América Latina y el Caribe Crecimiento con persistentes problemas estructurales: desigualdad, pobreza, poca inversión y baja productividad. 2021. S.l.: s.n.
- ÑAUPAS, H. y PAITÁN, MARCELINO RAÚL VALDIVIA DUEÑAS, JESÚS JOSEFA PALACIOS VILELA, H.E.R.D., 2018. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796.
- NELSON OSWALDO SANDOVAL ROJAS, 2020. 3PM: Gestión de la Eficiencia y la Productividad. Un Modelo de gestión y management. [en línea]. Disponible en: [https://n3lsonsandoval.blogspot.com/2020/10/3pm-gestion-de-la-eficiencia-y-la.html?m=1&fbclid=IwAR1PyM\\_MRf-TDuwzhmB4ez-9uxo2py1zCEUCqqYvrhM4MY8hN\\_dMv0lqvq0](https://n3lsonsandoval.blogspot.com/2020/10/3pm-gestion-de-la-eficiencia-y-la.html?m=1&fbclid=IwAR1PyM_MRf-TDuwzhmB4ez-9uxo2py1zCEUCqqYvrhM4MY8hN_dMv0lqvq0).
- OJEDA, M.M. y BEHAR, R., 2012. Estadística, Productividad y Calidad. S.l.: s.n. ISBN 9706870571.
- PALMER, R.D.P., 2006. Maintenance Planning and Scheduling Handbook. Second Edi. New York: McGraw-Hill. ISBN 007150155X.
- PASTRANA, A., 2019. Propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), en la Planta envasadora de garrafón, sucursal Veracruz. S.l.: s.n. ISBN 5856420187.
- PERALTA SALVATIERRA, G., 2019. "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METALMECÁNICA AR&ML CONSTRUCTORES E.I.R.L., SAN JUAN DE

- LURIGANCHO, 2019" Universidad nacional del callao ip®. Univerdidad Nacional del Callao, pp. 161.
- PRANDO, R., 2016. Manual Gestión de Mantenimiento a la medida. 2016. S.l.: s.n. ISBN 84-8377-399-6.
- PROKOPENKO, J., 1989. La gestión de la productividad. S.l.: s.n. ISBN 1048-891x.
- QUIROZ DIAZ EDSON FELIPE, 2020. Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa metalmecánica ROKY S.R.L., San Martin de Porres, 2020.
- R. KEITH MOBLEY, 2004. MAINTENANCE FUNDAMENTALS. 2nd Editio. United States of America: s.n. ISBN 0750677988.
- RAFAEL DAVID ANGEL GASCA, 2014. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA AGROANGEL. , pp. 400.
- RELIABILITYWEB.COM, 2021. El cálculo de la Confiabilidad. [en línea]. Disponible en: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-calculo-de-la-confiabilidad/>.
- ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 6a edición. México: s.n. ISBN 9781456223960.
- SAMAR NÚÑEZ, R.B., 2020. Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en la empresa metales CAMACHO S.A.C., Los Olivos 2020. Perú.
- SAMPIERI, R., COLLADO, C. y LUCIO, P., 1996. Metodologia de la investigaci6n. S.l.: s.n. ISBN 9701057538.
- SANTIAGO GARCÍA GARRIDO, 2003. Organización y Gestión Integral de Mantenimineto. Ediciones. Madrid: s.n. ISBN 8479785489.
- SILVA, A., 2015. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de empaque de la línea quantum de la empresa Papeles Nacionales S.A. , pp. 94.
- TAVARES, L., 1999. Administración Moderna de Mantenimiento Lourival Augusto Tavares. Novo Polo Publication-Brasil, pp. 119-132.
- VIEDMA, C. de la P., 2012. Estadística descriptiva e inferencial y una introducción al método científico. Madrid: Editorial Complutense. ISBN 9786074813906.

## Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables

TIPO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Mantenimiento preventivo	El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento que consiste en prevenir el fallo, se basa en una rutina de situación de cambio de piezas o repuestos en un intervalo de tiempo esporádicos. (Sánchez, Pérez, Sancho, 2da edición 2007,p13)	Para efecto de la prevención de fallas de nuestras maquinas o equipos y con la finalidad que nos permita medir la variable, contamos con la dimensión de tiempo medio entre fallos y tiempo medio de reparación, la cual es necesario para poder tener una disponibilidad de las maquinas cada cierto tiempo con el fin de elevar el rendimiento de la producción.	Tiempo medio entre fallos	Índice de tiempo medio entre fallos $TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$ TP: Tiempo programado de máquina (h) TR: Tiempo de reparación (h) NP: Número de paradas	Razón
				Tiempo medio de reparación	Índice de tiempo medio de reparación $TMDR = \frac{TR}{NP}$ TR: Tiempo reparación (h) NP: Número de paradas	Razón
				Disponibilidad	Índice de cumplimiento de disponibilidad $D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$ TMEF: Tiempo medio entre fallos (h) TMDR: Tiempo medio de reparación (h)	Razón
DEPENDIENTE	Productividad	Según, Felsing (2002), En términos generales, la productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios. Podemos definirla como una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos y denota la eficiencia con la cual los recursos humanos, capital, tierra, etc. son usados para producir bienes y servicios en el mercado.	La productividad en la empresa sirve para que se pueda medir el rendimiento de la maquinaria, mano de obra y los procesos productivos. La cual será posible medir con los indicadores de eficiencia y eficacia.	Eficiencia	Índice de eficacia $E = \frac{TDPM}{TPM}$ TDPM: Tiempo real de producción de maquina (h) TP: Tiempo programado de máquina (h)	Razón
				Eficacia	Índice de eficiencia $EF = \frac{PP}{PPL}$ PP: Piezas producidas PPL: Piezas Planificadas	Razón

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿En qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo incrementará la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021?,	Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de producción, en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021	La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021	Variable Independiente Mantenimiento preventivo	Tipos de Investigación:  1. Por su enfoque: Cuantitativo 2. Por su finalidad: Aplicada 3. Por su nivel: Explicativo 4. Por su diseño: Cuasi experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		
¿En qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021?	Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.	La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021	Variable Dependiente:  Productividad	Población:  1. Población: Producción de engranajes fabricados 2. Muestra: Producción de 30 días (L-S) 3. Muestreo: No hay muestreo 4. Criterios: Días laborales de lunes a sábados por 8 horas diarias
¿En qué medida la aplicación del mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021?	Determinar como la aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.	La aplicación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia del área de producción en la empresa Metalmecánica AJL, Lima 2021.		

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 6. Carta de autorización de la empresa















## Anexo 13. Ficha técnica de máquina fresadora

		<b>MÁQUINA FRESADORA</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		
DESCRIPCIÓN:	FRESADORA UNIVERSAL	
CÓDIGO:	MFA002	
MARCA	CD MACHINERY	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	2327 X 1792 X 2000 mm	
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	VERDE	
MODELO	X6232B	
USO	ACTIVO	
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>		
PESO:	3500 Kg.	<p>La máquina fresadora es adecuada para procesar la plana, superficie inclinada, ranuras, ángulos, engranajes, etc.</p>
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	60 Sets/Month	
ROTACIÓN DEL MOTOR	1420 R/min	
POTENCIA DEL MOTOR DE CABEZA	3 Kw	
BOMBA DE AGUA V.R	3 L/min	
MOTOR PRINCIPAL	960 R/min	
PASOS DE V. AVANCE	18	
POTENCIA MOTOR PRINCIPAL	7.5 Kw	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 14. Ficha técnica de máquina fresadora

		<b>MÁQUINA FRESADORA</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	FRESADORA UNIVERSAL	
CÓDIGO:	MFA003	
MARCA	CD MACHINERY	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	2327 X 1792 X 2000 mm	
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	VERDE	
MODELO	X6232B	
USO	ACTIVO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
PESO:	3500 Kg.	<p>La máquina fresadora es adecuada para procesar la plana, superficie inclinada, ranuras, ángulos, engranajes, etc.</p>
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	60 Sets/Month	
ROTACIÓN DEL MOTOR	1420 R/min	
POTENCIA DEL MOTOR DE CABEZA	3 Kw	
BOMBA DE AGUA V.R	3 L/min	
MOTOR PRINCIPAL	960 R/min	
PASOS DE V. AVANCE	18	
POTENCIA MOTOR PRINCIPAL	7.5 Kw	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 15. Ficha técnica de máquina hidráulica

 <b>MA</b> Metalmecánica Aji S.r.l.		<b>MÁQUINA HIDRÁULICA</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	PRESA HIDRÁULICA	
CÓDIGO:	PHI001	
MARCA	L&B	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES		
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	VERDE	
MODELO	YB32	
USO	ACTIVO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		DESCRIPCIÓN
PESO:	3700 Kg.	Prensa, es una máquina empleada en la industria metalmecánica para comprimir distintos tipos de materiales, estructuras o piezas con el objeto de cortarlos o dotarlos de una forma determinada.
CAPACIDAD DEL MOTOR	7.5 KW	
ALTURA	3250 Mm	
FUERZA NOMINAL Y RETORNO	1000 Y 165 KN	
TAMAÑO MESA L-R Y F-B	690-630 Y 2500-1430	
F. ALIMENTACIÓN	PRESIÓN HIDRÁULICA	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 16. Ficha técnica de máquina taladradora

		<b>MÁQUINA TALADRADORA</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	TALADRADORA	
CÓDIGO:	MT001	
MARCA	WEISS	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	730X770x900mm	
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	VERDE	
MODELO	VM25L	
USO	ACTIVO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		DESCRIPCIÓN
PESO:	120 Kg.	Se denomina taladradora o taladro a la máquina o herramienta con la que se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo.
CAPACIDAD DEL MOTOR	1100 W	
DISTANCIA DE LA MANGUETA A LA MESA	320 mm	
ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL EJE	+90°	
GAMA DE VELOCIDAD DE HUSILLO	100-2250 r/min	
CARRERA DE LA MANGUETA	50 mm	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 17. Ficha técnica de máquina compresora

		<b>COMPRESORA</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	COMPRESORA	
CÓDIGO:	C001	
MARCA	ZIQI	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES		
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	AZUL	
MODELO	GA-11AL	
USO	PLOMO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		DESCRIPCIÓN
PESO:	280 Kg.	<p>La función principal es la de hacer aumentar la presión de un gas. Si bien lo más común es que el elemento que se comprima sea aire, en la industria existen otros tipos de compresores que trabajan con otros tipos de gases según la necesidad de cada caso.</p>
POTENCIA DEL MOTOR	3.7 KW	
FLUJO DE AIRE	0.55 m3	
MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO	7 bar	
C. PRODUCCIÓN	500 sets/Month	
ESTÁNDAR	CE/ISO9001	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 18. Ficha técnica de máquina sierra mecánica

 <b>MA</b> Metalmecánica Aji S.r.l.		<b>MÁQUINA SIERRA MECÁNICA</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	SIERRA MECÁNICA	
CÓDIGO:	MSM001	
MARCA	UNI-TECH	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	1250x450x1080mm	
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	AZUL	
MODELO	G5018WA	
USO	ACTIVO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		DESCRIPCIÓN
VOLTAJE:	220 V	La sierra mecánica es una herramienta que sirve para cortar madera u otros materiales. Según el material a cortar se utilizan diferentes tipos hojas de sierras.
POTENCIA DEL MOTOR	750 W	
RPM	1700	
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	1000 PCS/MONTH	
C. CORTE 90°	100 m redondo; 180x300, cuadrado	
C. CORTE 45°	110x180	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 19. Ficha técnica de máquina torno

		<h1>TORNO</h1>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	TORNO	
CÓDIGO:	T001	
MARCA	EFFORT	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	2070X926X1635mm	
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	VERDE	
MODELO	CD6241x1000MM	
USO	ACTIVO	
ALIMENTACIÓN BOMBA DE AGUA	120 W	<p>El torno es una máquina que hace girar las piezas, mientras que otras herramientas, realizan los cortes según las condiciones requeridas. Esto se conoce como mecanizar las piezas de forma geométrica.</p>
POTENCIA DEL MOTOR	QAD 2.2/3.3KW 3PH	
PESO	1350 /1550kg.	
CAVIDAD MANGUETA	52 mm	
RANGO V. HUSO	16 pasos 45-1800rpm	
ANCHO DE CAMA	250 mm	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 20. Ficha técnica de máquina plegadora

		<b>MÁQUINA PLEGADORA</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	PLEGADORA	
CÓDIGO:	PL001	
MARCA	LIMING	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	5800×1700×1500	
PROCEDENCIA	CHINA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	VERDE	
MODELO	BENDING	
USO	ACTIVO	
DESCRIPCIÓN		
POTENCIA TOTAL	9.42 KW	<p>Las plegadoras son máquinas diseñadas especialmente para el plegado de chapas; estas máquinas efectúan varios tipos de plegado: plegado a fondo y plegado al aire, teniendo en cuenta el espesor de la chapa.</p>
PESO	3000 Kg.	
VELOCIDAD DE CORTE	0,8 m/seg.	
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	SISTEMA HIDRÁULICO	
DEPÓSITO DE ACEITE	170 L	
TIPO DE HOJA	RUEDA DE CORTE	

## Anexo 21. Ficha técnica de máquina cizalla mecánica

		<b>CIZALLA MECÁNICA</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	CIZALLA	
CÓDIGO:	CIM001	
MARCA	BORUI	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	3690*1750*1680 Mm	
PROCEDENCIA	USA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	AZUL	
MODELO	QC11Y/K	
USO	ACTIVO	
		DESCRIPCIÓN
ALIMENTACIÓN MOTOR	7.5 Kw	La cizalla mecánica o el equipo de corte, adopta estructura de embrague en forma resistente con transmisión de engranajes abiertos.
ALTURA DE MESA	810 Mm	
LONGITUD DE HORA	3300 Mm	
DISTANCIA ENTRE COLUMNAS	3420 Mm	
TIEMPO DE CARRERA	14 min	
ANCHO DE CORTE	3200 Mn	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 22. Ficha técnica de esmeril de banco

		<b>ESMERIL DE BANCO</b>
DATOS DEL EQUIPO		
DESCRIPCIÓN:	ESMERIL	
CÓDIGO:	ESB001	
MARCA	FIXTEC	
POSEE MANUAL	SI	
DIMENSIONES	150*16*12.7	
PROCEDENCIA	USA	
FECHA DE INSTALACIÓN	2018	
COLOR	AZUL	
MODELO	FBG20001	
USO	ACTIVO	
DESCRIPCIÓN		
PESO	10.5 Kg.	<p>Máquina-herramienta concebida para llevar a cabo operaciones de mecanizado por abrasión mediante el empleo de unas muelas que desarrollan un movimiento de rotación accionadas por un motor eléctrico.</p>
50 Hz	2950 rpm	
60 Hz	3450 rpm	
Voltaje	220-240V ~ 50-60Hz	
DIÁMETRO DEL DISCO	150 mm	
TAMAÑO DEL MOLINILLO	∅200 mm x 20 mm x ∅16 mm	

Fuente: Elaboración propia.

# Anexo 23. Ficha de validación 1

## CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LA PRODUCTIVIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN		Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
VARIABLE INDEPENDIENTE:	Mantenimiento preventivo	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Índice de Tiempo medio entre fallos  $TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$	Leyenda: TMEF: Tiempo medio entre fallos (h) TP: Tiempo programado de máquina (h) TR: Tiempo de reparación (h) NP: Número de paradas	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Índice de Tiempo medio de reparación  $TMDR = \frac{TR}{NP}$	Leyenda: TMDR: Tiempo medio de reparación (h) TR: Tiempo de reparación (h) NP: Número de paradas	✓		✓		✓		
Dimensión 3: Índice de cumplimiento de disponibilidad  $D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$	Leyenda: D: Disponibilidad TMEF: Tiempo medio entre fallos (h) TMDR: Tiempo medio de reparación (h)	✓		✓		✓		
VARIABLE DEPENDIENTE:	Productividad	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Índice de Eficiencia  $EF = \frac{TDPM}{TPM}$	Leyenda: E: Eficiencia TDPM: Tiempo real de producción de máquina (h) TPM: Tiempo programado de máquina (h)	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Índice de Eficacia  $E = \frac{PP}{PPL}$	Leyenda: EF: Eficacia PP: Piezas producidas PPL: Piezas planificadas	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SIFICIENCIA \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ]    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Baldeon Montalvo Melanie Yunnete

DNI: 47460661

Especialidad del validador: Ing. Industrial/ Mg. en Administración de Empresas - MBA

...28....de.....noviembre.....del 2021

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

-----  
Firma del Experto Informante.

## Anexo 23. Ficha de validación 2

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LA PRODUCTIVIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN		Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
VARIABLE INDEPENDIENTE:	Mantenimiento preventivo	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Índice de Tiempo medio entre fallos  $TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$	Leyenda: TMEF: Tiempo medio entre fallos (h) TP: Tiempo programado de máquina (h) TR: Tiempo de reparación (h) NP: Número de paradas	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Índice de Tiempo medio de reparación  $TMDR = \frac{TR}{NP}$	Leyenda: TMDR: Tiempo medio de reparación (h) TR: Tiempo de reparación (h) NP: Número de paradas	✓		✓		✓		
Dimensión 3: Índice de cumplimiento de disponibilidad  $D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$	Leyenda: D: Disponibilidad TMEF: Tiempo medio entre fallos (h) TMDR: Tiempo medio de reparación (h)	✓		✓		✓		
VARIABLE DEPENDIENTE:	Productividad	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Índice de Eficiencia  $EF = \frac{TDPM}{TPM}$	Leyenda: E: Eficiencia TDPM: Tiempo real de producción de máquina (h) TPM: Tiempo programado de máquina (h)	✓		✓		✓		
Dimensión 2: Índice de Eficacia  $E = \frac{PP}{PPL}$	Leyenda: EF: Eficacia PP: Piezas producidas PPL: Piezas planificadas	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SIFICIENCIA \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ]    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. ROBERTO FARFAN MARTINEZ

DNI: 02617808

Especialidad del validador: Ing. Industrial/ MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

02....de.....Diciembre.....del 2021

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Firma del Experto Informante.

### Anexo 23. Ficha de validación 3



#### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LA PRODUCTIVIDAD

VARIABLE / DIMENSIÓN		Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	<b>Mantenimiento preventivo</b>							
Dimensión 1: Índice de Tiempo medio entre fallos	Leyenda: TMEF: Tiempo medio entre fallos (h) TP: Tiempo programado de máquina (h) TR: Tiempo de reparación (h) NP: Número de paradas	✓		✓		✓		
$TMEF = \frac{TP - TR}{NP}$								
Dimensión 2: Índice de Tiempo medio de reparación	Leyenda: TMDR: Tiempo medio de reparación (h) TR: Tiempo de reparación (h) NP: Número de paradas	✓		✓		✓		
$TMDR = \frac{TR}{NP}$								
Dimensión 3: Índice de cumplimiento de disponibilidad	Leyenda: D: Disponibilidad TMEF: Tiempo medio entre fallos (h) TMDR: Tiempo medio de reparación (h)	✓		✓		✓		
$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$								
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	<b>Productividad</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Índice de Eficiencia	Leyenda: E: Eficiencia TDPM: Tiempo real de producción de máquina (h) TPM: Tiempo programado de máquina (h)	✓		✓		✓		
$EF = \frac{TDPM}{TPM}$								
Dimensión 2: Índice de Eficacia	Leyenda: EF: Eficacia PP: Piezas producidas PPL: Piezas planificadas	✓		✓		✓		
$E = \frac{PP}{PPL}$								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad:      **Aplicable [ X ]**      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Delgado Montes, Mary Laura

Especialidad del validador: Ing. Industrial/ Mg. En ingeniería de la producción

2 de diciembre del 2021

<sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.

Mg. MARY LAURA DELGADO MONTES  
Región 20004 - INDUSTRIAL

Firma del Experto Informante.