

UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA REDUCIR LAS PARADAS INESPERADAS DE LAS MÁQUINAS PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL MOLDE DE SELLADO EN LA EMPRESA SEPREMAC SAC LIMA 2023”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

**Autor:**

Jorge Armando Pardo Ballena

Asesor:

Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez  
<https://orcid.org/0000-0002-1289-1221>

Lima - Perú

## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis Pardo

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>blog.comparasoftware.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>trituradoramovil.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.upa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad TecMilenio</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>blog.infraspeak.com</b> Fuente de Internet	

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi familia por ser el motivo de este logro, a ellos mi eterno agradecimiento

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por este logro

A mi familia

A mi asesor la Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez por el apoyo y orientación

Al Sr. De la Cruz Sotelo Richard. Representante legal de la empresa Sepremac S.A.C por la confianza y apoyo brindado para la materialización del presente trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>INFORME DE SIMILITUD.....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.1. Antecedentes de la Empresa .....	16
1.1.1. <i>Misión</i> .....	16
1.1.2. <i>Visión</i> .....	16
1.1.3. <i>Valores</i> .....	16
1.1.4. <i>Política Negativa al Trabajo Inseguro</i> .....	17
1.1.5. <i>Política de Alcohol y Droga</i> .....	17
1.1.6. <i>Política de Puerta Abiertas</i> .....	17
1.1.7. <i>Organigrama</i> .....	18
1.1.8. <i>Clientes</i> .....	18
1.1.9. <i>Actividades especializadas</i> .....	19
1.2. Realidad Problemática .....	19
1.2.1. <i>Formulación del Problema</i> .....	21
1.2.2. <i>Problemas específicos</i> .....	21
1.3. Justificación.....	21
1.4. Formulación de los Objetivos.....	21
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1. Antecedentes de Trabajo de Investigación.....	23
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i> .....	23
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i> .....	26
2.2. Contexto Actual del sector .....	28
2.3. Bases Teóricas .....	30
2.3.1. <i>Evolución del Mantenimiento</i> .....	30
2.3.2. <i>Definición Mantenimiento Preventivo</i> .....	30
2.3.3. <i>Objetivos del Mantenimiento Preventivo</i> .....	31
2.3.4. <i>Estrategias de Mantenimiento</i> .....	31
2.4. Tipos de Mantenimiento.....	33
2.4.1. <i>Mantenimiento correctivo</i> .....	34

2.4.2.	Mantenimiento Preventivo .....	35
2.4.3.	Mantenimiento Predictivo .....	37
2.4.4.	Mantenimiento Overhaul o cero horas .....	38
	<i>Los tiempos de intervención podrían ser largos, dependiendo del activo en cuestión .....</i>	<i>39</i>
	<i>Necesita de profesionales especializados en el equipo al que se le aplicará el mantenimiento (López, 2022).....</i>	<i>39</i>
2.4.5.	Mantenimiento en Uso.....	39
2.5.	Indicadores de Mantenimiento .....	40
2.5.1.	Indicador MTBF (Tiempo promedio entre fallas).....	40
2.5.2.	Indicador MTTR (Tiempo medio para reparar).....	40
2.5.3.	Indicador Backlog .....	41
2.5.4.	Indicador CPMV.....	41
2.5.5.	Indicador CMUP .....	42
2.5.6.	Indicador CMF.....	42
2.5.7.	Indicador OEE – Overall Equipment Effectiveness .....	42
2.6.	Orden de Trabajo .....	44
2.7.	Cronograma .....	44
2.8.	Proceso de Fabricación .....	44
2.9.	Diagrama de Gantt.....	44
2.10.	Lista de chequeo o Checklist .....	45
2.11.	Limitaciones .....	45
<b>CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>		<b>46</b>
3.1.	Contexto general.....	46
3.2.	Diagrama de Fabricación de un Molde de Sellado.....	53
3.3.	Data Recopilada de la fabricación de un Molde de Sellado en los últimos 3 años .....	54
3.4.	Data Recopilada de los Tiempos Promedios (horas) de un Molde de Sellado en los últimos 3 años.....	56
3.5.	Gráficas de paradas y Horas detenidas por eventos NO programados en el año 2021 .....	61
3.6.	Gráficas de paradas y Horas detenidas por eventos NO programados en el año 2022 .....	64
3.7.	Gráficas de paradas y horas detenidas por evento NO programados en el año 2023 .....	67
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>		<b>70</b>
4.1	Diagnostico Actual del proceso de fabricación del molde de Sellado en la empresa Sepremac S.AC.....	70
4.2	Costos producidos por las paradas inesperadas.....	75
4.3	Propuesta de Plan de Mantenimiento.....	79
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>94</b>
<b>5.1 CONCLUSIONES .....</b>		<b>94</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES.....</b>		<b>96</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>97</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Clientes Principales.....	17
Tabla N°2: Producción Anual del Molde de Sellado.....	52
Tabla N°3: Tiempos Promedios(horas) de un Molde de Sellado en los 3 últimos .....	54
Tabla N°4: Cantidad de veces que se para la fresadora por eventos No programados en el año 2021 en la fabricación de los Moldes de Sellado.....	56
Tabla N°5: Promedio Anual de Cantidad de veces y Total de Horas que se detiene la fresadora por eventos No programados en el año 2021 en la fabricación de los Moldes de Sellado.....	56
Tabla N°6: Cantidad de veces que se para la fresadora por eventos No programados en el año 2022 en la fabricación de los Moldes de Sellado.....	57
Tabla N°7: Promedio Anual de Cantidad de veces y Total de Horas que se detiene la fresadora por eventos No programados en el año 2022 en la fabricación de los Moldes de Sellado.....	57
Tabla N°8: Cantidad de veces que se para la fresadora por eventos No programados en el año 2023 en la fabricación de los Moldes de Sellado.....	58
Tabla N°9: Promedio Anual de Cantidad de veces y Total de Horas que se detiene la fresadora por eventos No programados en el año 2023 en la fabricación de los Moldes de Sellado.....	58
Tabla N°10: Cuadro General de fallas más continuas en Sepremac S.A.C.....	72
Tabla N°11: Cuadro General de Costos fijos por mes de la empresa Sepremac S.A.C.....	73
Tabla N°12: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en el año 2021.....	74
Tabla N°13: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en el año 2022.....	75
Tabla N°14: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en el periodo enero a agosto 2023.....	76

Tabla N°15 Cuadro General de promedios de fallas mensuales en la empresa Sepremac S.A.C desde el año 2021 al 2023 para la producción del molde de Sellado.....	77
Tabla N°16: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en Setiembre 2023.....	78
Tabla N°17: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en octubre 2023.....	79
Tabla N°18: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en noviembre 2023.....	80
Tabla N°19: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en diciembre 2023.....	81
Tabla N°20: Cuadro General del MTBF y MTTR para el año 2021 en la producción del molde de Sellado.....	82
Tabla N°21: Cuadro General del MTBF y MTTR para el año 2022 en la producción del molde de Sellado.....	83
Tabla N°22: Cuadro General del MTBF y MTTR para el año 2023 (enero – Agosto) en la producción del molde de Sellado.....	84
Tabla N°23: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de septiembre 2023 en la producción del molde de Sellado.....	85
Tabla N°24: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de octubre 2023 en la producción del molde de Sellado.....	86
Tabla N°25: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de noviembre 2023 en la producción del molde de Sellado.....	87
Tabla N°26: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de diciembre 2023 (Quincena) en la producción del molde de Sellado.....	88
Tabla N°27: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de diciembre 2023 (Quincena) en la producción del molde de Sellado.....	89
Tabla N°28: Cuadro General de resultados de las variaciones porcentuales del MTBF y MTTR de Sepremac S.A.C en la producción del molde de Sellado.....	90
Tabla N°29: Cuadro General de resultados de las variaciones porcentuales de los costos mensuales de Sepremac S.A.C en la producción del molde de Sellado.....	91



## INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Organigrama Sepremac S.A.C .....	17
Figura N°2: Estructura de pasos para el desarrollo del diagrama de Gantt en Sepremac S.A.C. ....	45
Figura N°3: Layout de Sepremac S.A.C.....	46
Figura N°4: Layout de Sepremac S.A.C.....	46
Figura N°5: Sepremac S.A.C.....	47
Figura N°6: Fresadora N°1 Sepremac S.A.C.....	47
Figura N°7: Fresadora N°1 Sepremac S.A.C .....	47
Figura N°8: Molde de Sellado de Sepremac S.A.C.....	48
Figura N°9: Molde de Sellado.....	48
Figura N°10: Calibración del Molde de Sellado.....	48
Figura N°11: Descentrado por problemas en el Motor eje.....	49
Figura N°12: Carros de desplazamiento.....	49
Figura N°13: Acción correctiva a la Bomba de Aceite.....	49
Figura N°14: Cambio de retén por fuga de aceite.....	49
Figura N°15: Acción correctiva de cambio de aceite.....	49
Figura N°16: Orden de Trabajo de corrección de los carros de Desplazamiento.....	50
Figura N°17: Orden de Trabajo de cambio de empaquetadura.....	50
Figura N°18: Diagrama de Fabricación del Molde de Sellado.....	51
Figura N°19: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento.....	68
Figura N°20: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento de las fajas incorrectamente templados.....	69
Figura N°21: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento del cambio de empaque y etenes.....	69
Figura N°22: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento correctivo del cabezal principal.....	70
Figura N°23: Mantenimiento correctivo del cabezal principal.....	70

Figura N°24: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento correctivo por fuga de aceite en el cabezal.....	70
Figura N°25: Mantenimiento correctivo por fuga de aceite en el cabezal.....	70
Figura N°26: Tablero de ubicación de Ordenes de trabajo para los mantenimientos de las máquinas.....	71
Figura N°27: Supervisor de Producción.....	71

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico N°1: Producción Anual del año 2021.....	51
Gráfico N°2: Producción Anual del año 2022.....	52
Gráfico N°3: Producción Anual del año 2023.....	52
Gráfico N°4: Tiempo Promedio de Fabricación de un molde de Sellado 2021.....	53
Gráfico N°5: Tiempo Promedio de Fabricación de un molde de Sellado 2022.....	54
Gráfico N°6: Tiempo Promedio de Fabricación de un molde de Sellado 2023.....	54
Gráfico N°7: N ° de Paradas en el Año 2021.....	58
Gráfico N°8: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021.....	58
Gráfico N°9: N ° de Paradas en el Año 2021.....	58
Gráfico N°10: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021.....	58
Gráfico N°11: N ° de Paradas en el Año 2021.....	58
Gráfico N°12: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021.....	58
Gráfico N°13: N ° de Paradas en el Año 2021.....	59
Gráfico N°14: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021.....	59
Gráfico N°15: N ° de Paradas en el Año 2021.....	59
Gráfico N°16: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021.....	59
Gráfico N°17: N° de Paradas en el Año 2021.....	59
Gráfico N°18: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021.....	59
Gráfico N°19: N° de Paradas en el Año 2021.....	60
Gráfico N°20: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021.....	60
Gráfico N°21: N° de Paradas en el Año 2022.....	61
Gráfico N°22: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022.....	61
Gráfico N°23: N° de Paradas en el Año 2022.....	61
Gráfico N°24: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022.....	61
Gráfico N°25: N° de Paradas en el Año 2022.....	61
Gráfico N°26: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022.....	61

Gráfico N°27: N° de Paradas en el Año 2022.....	62
Gráfico N°28: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022.....	62
Gráfico N°29: N° de Paradas en el Año 2022.....	62
Gráfico N°30: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022.....	62
Gráfico N°31: N° de Paradas en el Año 2022.....	62
Gráfico N°32: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022.....	62
Gráfico N°33: N° de Paradas en el Año 2022.....	63
Gráfico N°34: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022.....	63
Gráfico N°35: N° de Paradas en el Año 2023.....	64
Gráfico N°36: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023.....	64
Gráfico N°37: N° de Paradas en el Año 2023.....	64
Gráfico N°38: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023.....	64
Gráfico N°39: N° de Paradas en el Año 2023.....	64
Gráfico N°40: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023.....	64
Gráfico N°41: N° de Paradas en el Año 2023.....	65
Gráfico N°42: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023.....	65
Gráfico N°43: N° de Paradas en el Año 2023.....	65
Gráfico N°44: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023.....	65
Gráfico N°45: N° de Paradas en el Año 2023.....	65
Gráfico N°46: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023.....	65
Gráfico N°47: N° de Paradas en el Año 2023.....	66
Gráfico N°48: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023.....	66
Gráfico N°49: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de septiembre 2023.....	78
Gráfico N°50: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de octubre 2023.....	79
Gráfico N°51: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de noviembre 2023.....	80

Gráfico N°52: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de diciembre 2023.....	81
Gráfico N°53: Variación del tiempo medio entre Fallas 2021.....	82
Gráfico N°54: Variación del tiempo medio para Reparar 2021.....	82
Gráfico N°55: Variación del tiempo medio entre Fallas 2022.....	83
Gráfico N°56: Variación del tiempo medio para Reparar 2022.....	83
Gráfico N°57: Variación del tiempo medio entre Fallas 2023.....	84
Gráfico N°58: Variación del tiempo medio para Reparar 2023.....	84
Gráfico N°59: Variación del tiempo medio entre Fallas, septiembre 2023.....	85
Gráfico N°60: Variación del tiempo medio para Reparar, septiembre 2023.....	85
Gráfico N°61: Variación del tiempo medio entre Fallas, octubre 2023.....	86
Gráfico N°62: Variación del tiempo medio para Reparar, octubre 2023.....	86
Gráfico N°63: Variación del tiempo medio entre Fallas, noviembre 2023.....	87
Gráfico N°64: Variación del tiempo medio para Reparar, noviembre 2023.....	87
Gráfico N°65: Variación del tiempo medio entre Fallas, diciembre 2023 (Quincena).....	88
Gráfico N°66: Variación del tiempo medio para Reparar, diciembre 2023 (Quincena).....	89
Gráfico N°67: Variación del tiempo medio entre fallas (MTBF) del 2021 al 2023.....	90
Gráfico N°68: Variación del tiempo medio entre fallas (MTTR) del 2021 al 2023.....	90
Gráfico N°69: Variaciones porcentuales de los costos mensuales de Sepremac S.A.C en la producción del molde de Sellado.....	91

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N°1: $MTBF = \text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo de Inactividad} / N^{\circ} \text{ de Paradas}$ .....	39
Ecuación N°2: $MTTR = \text{Tiempo Total de Reparación} / N^{\circ} \text{ de Paradas}$ .....	39
Ecuación N°3: $\text{Backlog} = \text{Tiempo de ejecución de tareas pendientes} / \text{Capacidad laboral total por semana}$ .....	40
Ecuación N°4: $CPMV = (\text{Costo total de mantenimiento} / \text{Valor de compra de un activo nuevo}) * 100\%$ .....	40
Ecuación N°5: $CMPU = \text{Costo de mantenimiento} / \text{Unidades Totales producidas}$ .....	40
Ecuación N°6: $CMF = (\text{Costo de Total de mantenimiento} / \text{Ventas Brutas}) * 100\%$ .....	41
Ecuación N°7: $OEE = (\text{Disponibilidad}) * (\text{Calidad}) * (\text{Rendimiento})$ .....	41
Ecuación N°8: $\text{Disponibilidad (\%)} = (\text{Tiempo en Producción} / \text{Tiempo programado para producir}) * 100\%$ .....	42
Ecuación N°9: $\text{Calidad (\%)} = (\text{Cantidad de productos buenos} / \text{Cantidad total producida}) * 100\%$ .....	42
Ecuación N°10: $\text{Rendimiento (\%)} = (\text{Cantidad de producción real} / \text{Cantidad de producción teórica}) 100\%$ .....	42

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se realizó la propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para reducir los costos y las paradas inesperadas de las máquinas fresadoras en el proceso de fabricación del molde de Sellado de la empresa Sepremac S.A.C, lima 2023. Esta investigación se inició con el fin de mejorar la producción en la fabricación de moldes de sellado. Por ello se realizó un análisis de las máquinas industriales (Fresadoras y taladro Banco), basándonos en las órdenes de compra las que nos permitieron implementar un control estadístico y actualizado a la realidad situacional de la empresa en cuanto a la cantidad de paradas inesperadas, perdidas en horas y costos. Lo que nos llevó a aplicar un cronograma de mantenimiento preventivo a las fallas que se presentan de manera continua en las máquinas y que serán representados por un diagrama de Gantt, el objetivo de este trabajo es contar con una mejor disponibilidad de las máquinas industriales, reducir las paradas inesperadas, disminución en los costos y con ello mejorar continuidad del proceso de producción en la fabricación de los moldes de sellado, logrando ello con la aplicación del método del diagrama de Gantt, indicadores de Gestión y ratios porcentuales. La empresa en la actualidad ha logrado reducir para el mes de septiembre un 57.2% de las paradas inesperadas en relación al mes anterior, 6.8% para octubre 7.3% para noviembre y con la expectativa gerencial de cerrar el año con un 7% como promedio mensual de paros NO programados. Asimismo, en los costos se obtuvo respectivamente una reducción de 60.8%, 11.5%, 20.4% para los mismos meses expuestos y con la expectativa de cierre anual del 15%. Por lo escrito se concluye la importancia de la operatividad de las máquinas para la continuidad de la producción y tener un plan de mantenimiento preventivo para el análisis estadístico mediante gráficos, promedios, indicadores de mantenimiento como el MTBF, MTTR y ratios que permitan dar un mayor soporte en la toma de decisiones en la empresa.

Palabras Claves: MTBF, MTTR, Diagrama de Gantt, Mantenimiento preventivo, órdenes de compra.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes de la Empresa**

La empresa *Sepremac S.A.C* especializada en Fabricación de productos elaborados a base de metal N.C.P, fue creada y fundada el 24 de enero del 2017 por el Señor De la Cruz Sotelo Richard, quien ostenta también la representación legal. La compañía tiene 6 años de experiencia en la comercialización, mantenimiento y fabricación de todo tipo de maquinaria industrial, alimentaria, pesquera, minería, repuestos y accesorios en general, satisfaciendo así, los requerimientos de sus clientes. Su capital humano posee valores y conocimientos para el desarrollo de sus labores y están provistos de un lugar de trabajo seguro y saludable. La política de cero accidentes ha permitido continuar mejorando la eficiencia de las operaciones y calidad de los servicios de fabricación. Es importante destacar que la organización ha formado un equipo competente y dispuestos a las exigencias de la mejora continua a lo que son sometidos los procesos de fabricación que rige el mercado, distintivos que afianzan la permanencia y continuidad en el rubro. Sumado a lo anterior, las actividades cuentan con un plan de mantenimiento preventivo e indicadores Kpi's que están en constante mejora y desarrollo, así como, un procedimiento de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente que rige los Proyectos donde se participa.

#### **1.1.1. Misión**

Somos una empresa dedicada a la comercialización, mantenimiento y fabricación de todo tipo de maquinaria industrial, alimentaria, pesquera, minera, repuestos y accesorios del sector Metalmecánica, buscando satisfacer los requerimientos y expectativas de nuestro cliente brindando un servicio de calidad.

#### **1.1.2. Visión**

Ser una de las empresas líder en la comercialización, mantenimiento y fabricación de todo tipo de maquinaria industrial en el sector de Metalmecánica a nivel nacional, por medio de un excelente servicio de calidad y satisfacción a nuestros clientes.

#### **1.1.3. Valores**

Los valores de la Organización son:

- Honestidad
- Compromiso
- Integridad
- Puntualidad



#### **1.1.4. Política Negativa al Trabajo Inseguro**

SEPREMAC S.A.C reafirma su compromiso con los colaboradores como el más valioso capital de la empresa, en relación a ello todo colaborador que identifique un peligro potencial y riesgo a su seguridad y salud personal o a la de sus compañeros durante el desarrollo de su trabajo, está en pleno derecho a **NEGARSE A REALIZAR EL TRABAJO** hasta implementar los controles necesarios, siendo necesario para ello la comunicación clara y oportuna a sus superiores inmediatos, indicando las circunstancias del evento. En tal sentido el Supervisor Inmediato, tendrá que verificar las condiciones in situ y determinar los controles necesarios para la continuidad del trabajo.

#### **1.1.5. Política de Alcohol y Droga**

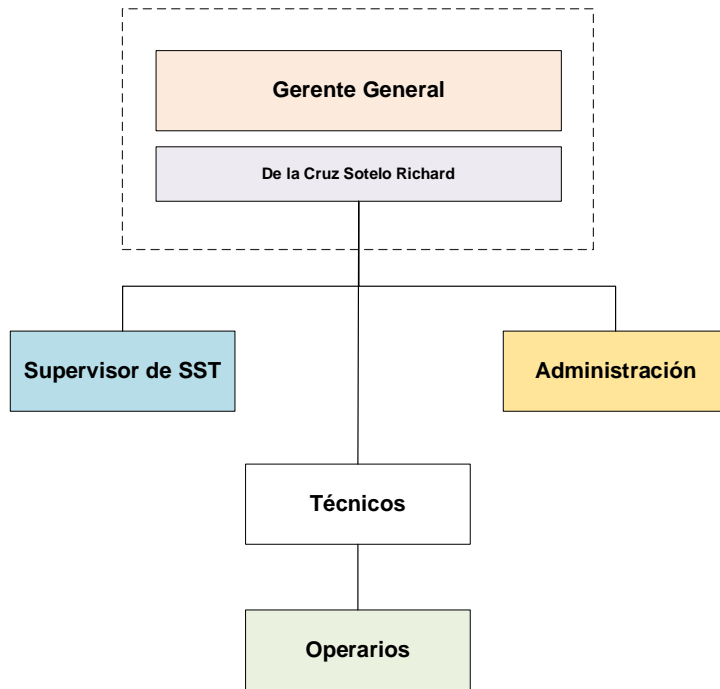
SEPREMAC S.A.C. incorpora su Política sobre el consumo de alcohol y drogas ilícitas dentro de sus instalaciones y durante la relación laboral. la organización es consciente que el uso habitual del alcohol y/o drogas afectan negativamente los estados de ánimo, retrasan los reflejos, limitan la capacidad para tomar decisiones y propician conductas fuera de control; así como accidentes en general. Por esto, está terminantemente prohibido presentarse a trabajar bajo la influencia del alcohol o drogas ilícitas, así como su uso, posesión, producción, venta o distribución en las instalaciones de SEPREMAC SAC. o cualquier otro lugar donde se realicen actividades. Por tal motivo nuestra política es "CERO ALCOHOL Y DROGAS". Así mismo el consumo de bebidas con alcohol y/o consumo de drogas en la vida privada, que trascienda públicamente en modo de altercados, accidentes o violencia familiar será considerado un comportamiento reprobable y por tanto contrario a las directrices de SEPREMAC S.A.C.

#### **1.1.6. Política de Puerta Abiertas**

SEPREMAC S.A.C. asume su compromiso con los colaboradores a quienes considera el capital más importante de la empresa; respetuosos del pleno derecho de los colaboradores en un ambiente productivo y equilibrado, invita a la alta dirección, gerencias, jefaturas y línea de mando a la atención de las consultas, sugerencias, reclamos y participación de los colaboradores que así lo soliciten; esta atención se realizará de forma directa, permitiendo la comunicación horizontal.

### 1.1.7. Organigrama

Figura N°1: Organigrama Sepremac S.A.C



Fuente: Sepremac S.A.C

### 1.1.8. Clientes

Nuestros 03 principales clientes se encuentran en el rubro de la industria alimentaria, industrial que son:

Tabla N°1: Clientes Principales

Cliente	Dirección legal	logo
La Calera S.A.C	Av. Los Horizontes Mz N Lt 7 Urb. Los Huertos de Villa , Chorrillos - Lima	
Prolan S.A.C	Chincha, Perú	
Indeco S.A.C	Av. Universitaria Sur N°. 583 (Altura cdra. 27 Av. Argentina) lima	

Fuente: Elaboración Propia

### 1.1.9. Actividades especializadas

- Comercialización
- Mantenimiento
- fabricación de todo tipo de maquinaria industrial, alimentaria, pesquera, minera entre otros, repuestos y accesorios del sector Metalmecánica.

### 1.2. Realidad Problemática

En el presente, el mantenimiento de máquinas ocupa un lugar importante en cualquier sector industrial y es un reto para la competitividad y productividad de las corporaciones. Hasta hoy, se ocupa en las operaciones de reparación o a la resolución de problemas con carácter correctivo. En la actualidad, el mantenimiento industrial es bastante más amplio cuyo resultado influye de forma importante en la productividad de las plantas industriales. Ahora bien, con gran frecuencia no se conocen los problemas, las metodologías y las herramientas de que se valen los profesionales del departamento de mantenimiento y producción. Estas herramientas están desarrollándose paulatinamente en los últimos años gracias a los avances en la ciencia y la tecnología y, las nuevas soluciones de gestión del mantenimiento industrial facilitan considerablemente el trabajo de las maquinarias en las operaciones, al mismo tiempo que permiten a los gestores mejorar la organización y la toma de decisiones. El departamento de mantenimiento es un factor clave en la durabilidad e los equipos dado que es un servicio esencial. (Sigma21, 2022)

La gestión del mantenimiento industrial está cambiando y los principales puntos críticos según las empresas europeas son el down time no planeado y el mantenimiento de emergencia (90%), el envejecimiento de la infraestructura y tecnología (88%), la conexión de activos modernos y el análisis de datos (76%), la obtención de datos de activos (40%), la conexión de activos antiguos y la obtención de datos (29%), los ciclos de mantenimiento (24%), la conexión de activos a lugares remotos (24%), el monitoreo de activos en tiempo real (22%) y la colaboración con proveedores (20%). Los desafíos que se enfrentaran en el futuro el mantenimiento es el envejecimiento de los equipos (67%). Otros desafíos incluyen: la falta de comprensión de nuevas opciones y tecnologías (37%), falta de recursos o personal (34%), falta de presupuesto (29%), falta de formación (28%), falta de apoyo de la administración (26%), falta de adhesión de los empleados (23%), mala planificación por no se seguir las indicaciones (20%), otras (2 %) y no aplicable. En la gestión industrial, las tres principales razones para subcontratar el mantenimiento son: la falta de tiempo o de mano de obra (48%), la falta de capacitación de los trabajadores existentes (41%) y el exceso de formación especializada (39%). (Infraspeak, 2022)

En el Perú, para enero del año 2020, el sector manufacturero no primario presentó un crecimiento en el aporte al PBI de 0.4%, sin embargo, para el mes de febrero, este indicador fue a -0.2%. Así mismo, en este sector, la actividad económica de fabricación de productos metálicos evidenció un indicador del aporte al crecimiento del PBI de -0.4%, lo que se traduce en una variación porcentual de -4.5%. Estos indicadores se agravaron con la pandemia, ya que entre el 50 y 55% de las industrias se paralizaron y el sector manufacturero se encuentra estrechamente relacionado a ellas al formar parte de su cadena productiva. Este contexto generó también que existan retrasos en las entregas de los pedidos, una situación que ya había sido estudiada por diversos autores. Estas entregas a destiempo se pueden medir con el indicador On Time Delivery (OTD), que es la relación entre el número de pedidos entregados a tiempo y el número total de pedidos. De esta manera, se puede estatuir la eficiencia de la empresa, en coherencia a las fechas pactadas en los contratos. (Delgado et al.,2022)

Sepremac S.A.C, fabrica molde de sellado en duraluminio, esto es una aleación de aluminio con cobre, manganeso y silicio que proporcionan propiedades como la alta resistencia a la tracción, elevada resistencia mecánica a temperatura ambiente, buena dureza de hasta 130 HB, alta resistencia a la fatiga y buena resistencia a la corrosión. El material pertenece a la familia de aleaciones ligeras, por lo que este molde de sellado tiene una forma particular, la cual se adhiere a los demás componentes a los cuales será sometida dicha pieza mecánica, sus dos orificios centrales de 62mm que es el diámetro del recipiente a sellar más la forma circular con vaciado en un lado que facilita el ingreso de la cuchilla cortante, hacen que se logre el envasado de alimentos de frutas en almíbar de la línea de producción de nuestros clientes del rubo de alimentos como: La Calera S.A.C y Prolan S.A.C.

Asimismo, en la actualidad la empresa esta presentado fallas en las máquinas fresadoras N°1 y N°2, utilizadas para el proceso de fabricación del molde de sellado, mermando los Kpí's del actual Sistema de Gestión de mantenimiento Preventivo y cuyos causales son: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar, fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes, alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión, fajas en mal estado e incorrectamente templadas, falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales, falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas y falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; finalmente la desalineación del cabezal vertical, para garantizar el planeado óptimo.

### **1.2.1. Formulación del Problema**

¿En qué medida la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo impacta sobre las paradas en las máquinas para el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- Cuál es la situación actual en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac SAC.?
- Cómo impacta las paradas de las máquinas en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac SAC.?
- ¿Cómo Impactaría la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac S.A.C.?

### **1.3. Justificación**

En el proceso actual de fabricación de los moldes de sellado se presenta como promedio semanal 02 interrupciones no programadas en la manufactura, debido a paradas de las máquinas industriales denominadas Fresadora I y II a consecuencia de un inadecuado plan de mantenimiento preventivo, lo que han propiciado una pérdida de tiempo en la producción y entrega a tiempo del producto, motivo por el cual esta investigación propone una optimización del plan de mantenimiento preventivo actual, con el objetivo de mejorar la productividad de las máquinas, y con ello optimizar y entregar la producción de acuerdo al flujo de ventas establecido por la organización.

### **1.4. Formulación de los Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar en qué medida la propuesta del plan de mantenimiento preventivo impactaría sobre las paradas de las máquinas en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac S.A.C.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual del proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac SAC.?
- Obtener los costos que se generan cuando se presentan las paradas inesperadas en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac SAC.?

- Presentar una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para minimizar las paradas inesperadas de las máquinas en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac SAC.?

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de Trabajo de Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Valencia, 2023). En su tesis titulada “ Optimización del Mantenimiento Planeado en una Línea de Producción de Cilindros de uso doméstico de gas licuado de petróleo GLP”, presentada el 2023 en la Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, para obtener el título de Magister en Producción y Operaciones Industriales, busca como objetivo general optimizar el plan de mantenimiento planeado en la línea de envase de GLP, que permita disminuir el número de fallas, garantizando la disponibilidad de las máquinas, aplicada a una línea de Producción de Cilindros de uso doméstico de gas licuado de petróleo GLP, ubicada en Guayaquil ,Ecuador con el fin de Implementar la optimización.

Para ello, el autor en su investigación, indica que fue elaborado en base a la información recibida de la planta de producción para cilindros de uso doméstico de gas licuado de petróleo GLP y complementado con datos de obtenidos al aplicar técnicas de mantenimiento donde se muestra como mediante la implementación de la optimización se logra estimar y calcular mejoras en el proceso de envasado de cilindros de GLP. El estudio comienza con la recopilación de información a través de la verificación del plan de mantenimiento existentes, histórico de fallas, identificando equipos críticos, datos de producción, verificación del estado los equipos y su funcionalidad. Luego se analiza, procesa y compara para proponer medidas para introducir los conceptos de optimización del mantenimiento planeado para la mejora y el aumento de la productividad y la producción.

De igual forma concluye que es posible definir planes óptimos de mantenimiento enfocados en eliminar las causas de fallas, generando un incremento en la disponibilidad de equipos, reducción de fallas inesperadas y reducción de costos, sin hacer un análisis de la totalidad de funciones principales, secundarias y fallas funcionales que demanda un proceso RCM, reduciendo los tiempos de parada relacionados con mantenimiento.

(Zambrano, 2021). En su tesis titulada “ Optimización del Plan de Mantenimiento para el Sistema de Bombas principales en la estación de bombeo Rubiales para la empresa Oleoducto de los Llanos S.A”, presentada el 2021 Universidad de las Américas de la Facultad de Ingenierías Mecánica Bogotá, para obtener el título de Ingeniero Mecánico, busca como objetivo principal de este documento es elaborar una optimización del plan de mantenimiento del sistema de bombas principales ubicada en la estación de bombeo

Rubiales de la empresa ODL Con esto se logrará reducir los gastos de mantenimiento desarrollados en los equipos, con esto también se logra que las actividades de mantenimiento preventivo se realicen en los tiempos adecuados y reducir las paradas correctivas, también se desarrolla la gestión del mantenimiento para identificar las causas y efectos que representan las fallas generadas en los equipos.

Para ello, el autor en su investigación, indica que fue elaborado en base al desarrollo y alcance de los objetivos planteados, como primera medida se realiza un acercamiento a la empresa, con el fin de contextualizar los aspectos generales de esta, actividad económica, ubicación geográfica, operación, mapa de procesos y equipos, esto nos permite identificar el enfoque de la optimización. Posteriormente se realiza un diagnóstico del sistema donde resalta la criticidad que presenta cada equipo, actividades que se realizaron en el periodo estudiado y las fallas que se presentaron, se efectúa un primer acercamiento de los modos de falla y como se gestiona el mantenimiento para iniciar una orden o aviso de mantenimiento. Una vez realizado el diagnóstico se procede a optimizar generando un primer acercamiento a la codificación de los modos de falla esto permite establecer los efectos que estas generan y las consecuencias que causan, la aplicación de los indicadores de mantenimientos, teniendo un indicador de mantenimiento se puede cambiar la periodicidad de las actividades de mantenimiento sin afectar la operación y los equipos. Teniendo las actividades necesarias para el mantenimiento de los equipos se procede a realizar un inventario de repuestos mínimo necesario para llevar a cabo el plan de mantenimiento optimizado. El siguiente paso es realizar el estudio financiero para conocer cuál fue el beneficio económico que se generó con la optimización y por último se realiza un estudio ambiental con el fin de lograr una mejora en las actividades

De igual forma concluye Se determina que el PMO es una metodología que permite la mejora continua, cuando se enfoca en un área específica genera resultados rápidos y efectivos. Los pasos sugeridos en este documento logran enfocar el PMO en los equipos que requieren atención, la clasificación adecuada de los sistemas permite realizar un diagnóstico eficiente.

(Guaitarilla, 2019). En esta tesis titulada “Plan de mantenimiento preventivo para la máquina industrial de la empresa Fluoroplásticos S.A.S” presentada el 2019 Universidad Autónoma de Occidente de la Facultad de Ingeniería Mecánica Santiago de Cali, para obtener el título de Ingeniero Mecánico, el presente trabajo estableció un procedimiento de mantenimiento preventivo, con el fin de encontrar, corregir y prever fallas en los equipos de producción de la empresa Fluoroplásticos S.A.S. Esto con el fin, de garantizar una mayor



confiabilidad y disponibilidad en los equipos, reduciendo de este modo, paros inesperados o tiempos muerto en la máquina, para el objetivo, se realizó el diseño y estructuración de los respectivos instructivos y herramientas para su adecuada ejecución. En los cuales, se describe paso a paso como se debe realizar la inspección, evaluación y optimización de cada mantenimiento preventivo, Para llevar un control de este proceso, se implementó un cronograma el cual ilustra el porcentaje de cumplimiento anual de mantenimiento. Además, se determinaron los costos de mantenimiento para cada equipo de producción involucrado en el programa, junto con un análisis del costo-beneficio por su implementación. Esto, para resaltar la importancia que tiene un mantenimiento preventivo en procesos de producción industriales, el cual garantiza paros mínimos y un ahorro significativo en las utilidades netas de las empresas

(Córdoba et al; 2021). En la tesis Titulada “Propuesta de un Plan de mantenimiento de una máquina de inyección Eva 04 en una empresa de calzado plástico ubicada en la zona industrial – Yumbo”, presentada el 2021 Universidad Antonio José Camacho de la Facultad de Ingeniería Industrial, en este proyecto se realizó una propuesta piloto del plan de mantenimiento preventivo de la máquina de inyección EVA 04, con el fin de mejorar la producción en una empresa de fabricación de calzado plástico. Se realizó un análisis de todas las máquinas de inyección EVA que hacen parte de los activos de la empresa; basados en un estudio del estado del arte y el análisis de unas variables determinantes, se establece que la máquina inyectora EVA a la cual se le va a diseñar el plan de mantenimiento preventivo es la maquina 04. Además, se realizó un estudio de la situación actual de mantenimiento en la planta de producción, específicamente en las máquinas de inyección EVA, es decir descripción de procesos, inventario de máquinas de inyección, frecuencias de las acciones de mantenimiento. Al conocer los resultados con el estudio de bitácoras y base de datos de la máquina de inyección EVA 04 con un periodo de estudio determinado, desde febrero del año 2017 hasta febrero del año 2020, se logró identificar los sistemas y subsistemas que componen la máquina de inyección EVA 04, las fallas e intervenciones más frecuentes, el tiempo promedio que ocupa cada intervención y el intervalo de tiempo en meses y semanas entre cada intervención, se estableció el costo-beneficio teniendo en cuenta tres posibles escenarios si se ejecuta el plan de mantenimiento preventivo programado, por consiguiente, se propuso el cronograma de mantenimiento preventivo de la máquina de inyección EVA 04 y se complementó con un formato para diligenciar en cada mantenimiento realizado, una vez se ponga en marcha la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

(Molina et al; 2018). En la tesis Titulada “*Propuesta de un plan de gestión de mantenimiento preventivo total para los tornos de la empresa Torno Pineda de la ciudad de Estelí, en el segundo semestre 2017*”, presentada el 2018 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua la Facultad de Ingeniería Industrial, en este proyecto se realizó el trabajo investigativo tiene como finalidad la elaboración de una propuesta de un plan de gestión de mantenimiento preventivo total para los equipos tornos de la empresa Torno Pineda en la ciudad de Estelí, del segundo semestre 2017, para la cual se propondrá un manual de mantenimiento preventivo. Es necesario un análisis de criticidad del mantenimiento actual, así como el estudio de los manuales de los equipos que constituyen la línea del mantenimiento preventivo total. Utilizando las recomendaciones del fabricante sobre el mantenimiento adecuado de los equipos para su mejor funcionamiento. Bajo esa premisa se diseñó el programa con frecuencias calendario (uso del equipo), con el objetivo de realizar los instructivos. Estos pueden ser cambios ya sea de partes, reparaciones, ajustes, lubricantes a la maquinaria y equipos que se consideran importantes analizar en esta empresa. Se ha determinado el presupuesto de mantenimiento, siendo este antes del estudio de \$ 4, 757.9 (cuatro mil setecientos cincuenta y siete dólares con noventa centavos), y con la implementación de este plan de gestión de mantenimiento preventivo total, el presupuesto se redujo a \$ 1, 654.1 (Mil seiscientos cincuenta y cuatro dólares con diez centavos), equivalente al 8,3% del costo total del equipo.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

(Sanchez,201). El objetivo de la optimización de un plan de mantenimiento preventivo en el transporte minero es reducir la cantidad de mantenimiento correctivos, tanto en los trayectos a los que son sometidos las maquinarias pesadas como la misma área de mantenimiento, a fin de mejorar la disponibilidad mecánica de las máquinas, llevando de la mano una operación más segura para el operador que labora en la unidad industrial como el producto que se transporta y el medio ambiente. De esta forma se promoverá utilizar las buenas prácticas de mantenimiento a todas las áreas involucradas de la corporación (Mantenimiento, Operaciones, Logística y Gerencia)

(Álvarez, k. Mejía, M.2022). El trabajo de investigación “Optimización del plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en camiones KOMATSU HD785-7,2021” de la empresa minera MISKY MAYO ubicado en Bayóvar- Piura. Presenta un objetivo general de como determinar la aplicación de optimización del plan de mantenimiento preventivo que mejorará la confiabilidad de la flota obteniendo una mayor

productividad y a su vez reduciendo los efectos generados por fallas imprevistas evitando paradas no planificadas de la flota, extendiendo la vida útil de los equipos y la productividad de la empresa. El tipo de investigación que presenta es aplicativo, evaluando problemas reales en los camiones a cargo de la empresa minera. La población está constituida por 07 unidades KOMATSU HD785-7,2021 y en se utilizó la recolección de información de los antecedentes de las unidades y como instrumentos las fichas de observaciones, diagrama Pareto con el soporte de hojas de cálculo computacional.

(Benavides, 2022). El presente trabajo tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruero, Provincia de Utcubamba – Amazonas. La investigación se determinó como aplicada y usa una metodología no experimental y descriptiva según datos encontrados en la empresa, con estos se determinó un plan de mantenimiento basado en los tiempos que da el fabricante. En la empresa se registraron un total de 56 paradas por mantenimiento correctivo y 147 por mantenimiento preventivo estas determinaron indicadores para la confiabilidad entre 59% y 85%, para la mantenibilidad se encontró entre 14.53 y 75.56 horas y por último para la disponibilidad se tuvo 57% y 93%. Con el plan de mantenimiento propuesto estos indicadores aumentan con intervalos de confiabilidad entre 84% y 89%, de mantenibilidad de 10.36 y 40.50 y la disponibilidad entre 83% y 97% generando un beneficio económico en ahorro en un 68% del gasto empleado en el mantenimiento actual.

(Peñalva, 2021). La empresa KMC como oleo hidráulica SAC Lima-Perú, es una empresa de capitales peruanos dedicado a brindar servicios de optimización, reconstrucción y mantenimiento de equipos y maquinarias de las grandes empresas en los sectores minería, agricultura y sector pesquero. Pero tenemos una deficiencia el cual se convierte en un problema principal, y es que no se cumple con el cliente en los trabajos requeridos por muchos factores las cuales principalmente son: deficiencias en la calidad del servicio brindado, deficiencias en el tiempo de entrega y muchas veces altos índices de costo por servicio brindado. Este problema está enfocado principales en el área de procesos Mi objetivo es desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para optimizar los tiempos de trabajo, Con la finalidad de disminuir y eliminar un mantenimiento correctivo ya que trae muchas consecuencias por máquina parada como es un mantenimiento costoso. Pero específicamente se desarrolla este trabajo porque la empresa necesita estandarizar los tiempos de trabajo por máquina y esto se consigue con una máquina herramienta que garantiza su funcionalidad al 100% sin paradas imprevistas. De esta forma también se

consigue cumplir con los trabajos programados y así satisfacer las necesidades de los clientes y cumplir sus expectativas. El proyecto es de método cuantitativo, su tipo de investigación es descriptivo interpretativo, En el proyecto se desarrollaron distintos tipos de técnicas e instrumentos, específicamente las entrevistas y las encuestas, también el análisis y la observación directa. Para elaborar todo el sistema se desarrolló metodologías, diagramas de Pareto, de Ishikawa, cuadros representativos, un manual de procedimiento. Desarrollando buenos indicadores se pudo concluir con un buen trabajo de investigación que ayuda a la empresa a ser mucho más eficaz, competitivo y sostenible en el tiempo, satisfaciendo las exigencias del mercado y cumpliendo con el eje principal que viene a ser los clientes.

(Rivas et al., 2019). La presente tesis tiene como finalidad proponer un Plan de Mejora para optimizar la gestión del proceso de transporte en la empresa Inversiones Zamcar S.A.C., dedicada al transporte de carga terrestre para el sector minero aplicando Kaizen como método de mejora. Inicialmente se realizó el diagnóstico utilizando modelos de control como Ishikawa, encuesta como herramienta y observación directa durante el proceso, para conocer la realidad actual de la empresa identificar sus problemas y proponer mejoras. Se utilizó Kaizen y DMAIC como referencia para proponer como Plan de Mejora, el uso de procedimientos como propuesta de estandarización, para mejorar la gestión del proceso de transporte, previniendo paradas inesperadas con un plan de mantenimiento preventivo y una adecuada gestión de combustible para reducir su consumo, así como la capacitación a los conductores para lograr un manejo eficiente y reducir los costos de mantenimiento. Con los resultados obtenidos luego del análisis y comparando con la data registrada, se pudo obtener una reducción del 15% en cuanto a consumo de combustible y 19.80% de reducción en gastos por mantenimiento, y un 15% de reducción en paradas inesperadas por fallas mecánicas.

## **2.2. Contexto Actual del sector**

Las empresas productivas actuales se enfrentan a un mundo abierto e interconectado que representa riesgos e incertidumbres a la hora de tomar decisiones que de alguna forma impacten su productividad y por ende su competitividad y sostenibilidad. En tal sentido, deben ser capaces de responder a las demandas del cliente, de los proveedores, del mismo sector productivo al cual pertenecen, de las demandas de los entes oficiales y de la sociedad en general. Todo esto deben hacerlo en términos de oportunidad, calidad y costos para alcanzar sus objetivos estratégicos. En este sentido, el mantenimiento industrial en

cualquiera de sus variantes es una respuesta a las empresas que afrontan pérdidas por paradas inesperadas provenientes de fallas de maquinarias y equipos que a veces pueden ser inevitables, pero también en oportunidades pueden ser previsibles. (E-IDEA,2022)

Dada la coyuntura, algunas empresas han encontrado oportunidades para optimizar sus servicios con el objetivo de volverse más rentables y productivas. Bajo ese concepto, el mantenimiento ha sido uno de los más atractivos para las organizaciones durante el 2020 y lo que va del 2021. No obstante, este servicio aún continúa bordeando el 20% y 30% del mercado objetivo. Es clave entender que un plan de mantenimiento preventivo y correctivo lo primero que genera es durabilidad en el tiempo y menos gasto de inversión por adquirir cualquier equipo o activo nuevo. Las estadísticas, solo el 75% de las empresas formales en Perú tienen un plan de mantenimiento continuo de todas sus instalaciones y equipos. Esto sucede porque tenemos una tendencia a ser más reactivos, es decir, esperamos que suceda o empiece a fallar algo, para recién actuar. En ese sentido, el escenario no es muy alentador, pues no se manejan presupuestos para este servicio y todo es correctivo. Por ello las incidencias de que pueda presentarse situaciones de demora en la producción y paradas (Guzmán, 2021)

En la empresa *Sepremac S.A.C*, la estadística de la aplicación del Plan de mantenimiento Preventivo es de un 40% lo que se refleja en los indicadores de gestión, esta situación está generando retrasos en la entrega del producto a los clientes. Desde el 2021 se cuenta con registros de paradas no programadas, estos resultados se obtuvieron por la contabilidad de veces que el personal externo vino hacer modificaciones o reparaciones a las fresadoras y/o taladro de banco dado los problemas de mantenimiento que sufre las máquinas para la elaboración del molde de sellado, actualmente se cuenta con un diagrama de Gantt de los problemas más comunes y que no se ha realizado una optimización de los indicadores por lo que en promedio genera un 40% en retrasos para los tiempos de entrega con indicadores fluctuantes presentando siempre incomodidades en los clientes convirtiéndolo a mediano plazo una pérdida potencial.

Actualmente se está ingresando la información a una hoja de cálculo para el análisis y mejorar los indicadores de gestión a efectos de cumplir con los tiempos de fabricación, satisfacer los controles de calidad interno y honrar el compromiso con los clientes.

Por lo anterior se presenta a continuación información sobre la organización que proporcionarán el alcance y magnitud de lo expuesto.

## **2.3. Bases Teóricas**

### **2.3.1. Evolución del Mantenimiento**

El mantenimiento ha recorrido un largo camino a lo largo de los años, con hitos significativos marcando su evolución. En el pasado, no tan lejano, el mantenimiento era principalmente una actividad reactiva. El equipo se averiaba y los equipos de mantenimiento se apresuraban a repararlo. Sin embargo, en el mundo actual de ritmo rápido, tecnología y toma de decisiones basada en datos, el mantenimiento ha evolucionado drásticamente. En la época de la Revolución Industrial, el mantenimiento era una actividad principalmente reactiva. Las organizaciones operaban con equipos hasta que estos fallaban, lo que resultaba en tiempos de inactividad no planificados, costosos y, a menudo, peligrosos. La falta de planificación y la ausencia de métodos estructurados para el mantenimiento eran la norma. **Finales del Siglo XIX - Comienzo de la Industrialización:** El inicio de la revolución industrial marcó el nacimiento del mantenimiento como una disciplina formal. Las averías se abordaban de manera reactiva, con poca o ninguna planificación. **Principios a Medios del Siglo XX - Guerras Mundiales e Innovación en el Mantenimiento:** Durante la Primera y Segunda Guerra Mundial, se hizo evidente la importancia del mantenimiento. Surgieron innovaciones como el Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés) y el análisis de la causa raíz, sentando las bases para enfoques más sistemáticos. **Década de 1960 - Nacimiento del Mantenimiento Preventivo:** El mantenimiento preventivo ganó protagonismo, con organizaciones programando inspecciones regulares y tareas de mantenimiento para detectar posibles problemas antes de que causaran fallas. Con el tiempo, se reconoció la necesidad de abordar el mantenimiento de manera más planificada y así, surgió el mantenimiento preventivo en la década de 1950, donde se programaban inspecciones y tareas de mantenimiento regulares para prevenir fallas. Aunque esto mejoró la confiabilidad de los activos, aún había margen para la optimización. (Toro, 2023)

### **2.3.2. Definición Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo (MP) es un enfoque fiable para gestionar los equipos según un programa coherente para reducir la frecuencia de las averías. El mantenimiento preventivo promueve la salud y la seguridad de los trabajadores, al tiempo que mejora la productividad y ahorra costes. Algunos tipos de Mantenimientos preventivos se realizan a intervalos regulares para medir la criticidad, mientras que otros se basan en el uso y sólo se toman medidas correctivas cuando las máquinas no alcanzan los parámetros aceptados. A diferencia del mantenimiento reactivo, el mantenimiento preventivo predice

los fallos de los equipos mucho antes de que retrasen el resto de la cadena de producción. (Emaint, 2022)

El mantenimiento preventivo tiene muchas ventajas, como maximizar la vida útil de los activos, reducir el tiempo de inactividad no planificado y aumentar la eficiencia operativa en general. El mantenimiento preventivo, o mantenimiento técnico planificado, consiste en trabajar en los equipos a intervalos regulares o según criterios predefinidos. Su objetivo principal es reducir el riesgo de averías en bienes, máquinas y equipos, pero también ayuda a conseguir objetivos más generales. Por esta razón, la mayoría de las fábricas y empresas buscan aumentar la proporción de mantenimiento preventivo implementado en contraposición al mantenimiento correctivo. (Mobilitywork, 2021)

### **2.3.3. Objetivos del Mantenimiento Preventivo**

Los principales objetivos del mantenimiento preventivo son los de extender la vida útil de una máquina, y prevenir cualquier tipo de error que pueda ocurrir. Gracias a esto, es posible garantizar, por un lado, su correcto funcionamiento, y por el otro, evitar una parada imprevista de la misma. De esta manera, la máquina dejará de funcionar en períodos previamente estipulados, sin interferir con el proceso de producción de la empresa. Además, previniendo los posibles errores, es posible reducir los costos de reparación, ya que la avería de una pieza puede provocar una cadena de fallos, ocasionando roturas en otras piezas o hasta una rotura total de la máquina. Por otra parte, es un procedimiento fundamental que se lleva a cabo en maquinarias como aviones, trenes o centrales nucleares, donde un error puede llevar a consecuencias fatales. (Lifeder,2020)

### **2.3.4. Estrategias de Mantenimiento**

No todas las instalaciones requieren de las mismas estrategias de mantenimiento, estas deben adaptarse a las necesidades y a los objetivos de la instalación. Existen al menos seis estrategias de mantenimiento:

#### **2.3.4.1. Estrategia Correctiva**

Se trata de que los equipos e instalaciones funcionen hasta el fallo, esta estrategia no es nada aconsejable y muchos menos en equipos críticos, pero si puede salir rentable en algún equipo auxiliar, cuyas averías no supongan ningún problema técnico ni económico. Junto con la reparación de las averías que surgen, en esta estrategia se llevan a cabo tres actividades más:

- Inspección visual
- Lubricación y engrase
- Mantenimiento estatutario

#### **2.3.4.2. Estrategia Sistemático**

Esta estrategia se base en la realización periódica de intervenciones programadas según el tiempo de funcionamiento del equipo. En esta estrategia además de la realización periódica y la resolución de las averías que surgen, se realizan también pruebas e inspecciones para decidir si se hace alguna intervención mayores dimensiones. Estas son las operaciones que incluye esta estrategia:

- Inspección visual y rutinaria
- Lubricación y engrase
- Mantenimiento estatutario
- Mantenimiento periódico
- Reparación de las averías que surjan
- Mantenimiento predictivo

#### **2.3.4.3. Estrategia Condicional**

Este mantenimiento está supeditado al resultado de pruebas u observaciones que derivan de la actividad del mantenimiento según la condición de la máquina. Si los resultados de las pruebas arrojan alguna anomalía se programa una intervención y si todo está correcto no se interviene. Esta estrategia se basa en la realización de un importante número de pruebas predictivas, debido a su necesidad de alta disponibilidad. Esta estrategia se basa en la realización de las siguientes operaciones:

- Inspección visual y rutinaria
- Lubricación y engrase
- Mantenimiento estatutario
- Reparación de las averías que surjan
- Mantenimiento predictivo

#### **2.3.4.4. Estrategia Predictiva**

La estrategia predictiva evalúa el estado de la máquina durante el funcionamiento o aprovechando las paradas naturales, según el resultado de estas pruebas se decide intervenir el equipo o no. A diferencia de la estrategia condicional estas pruebas predictivas se realizan sistemáticamente, sin importar el estado del equipo, es una estrategia de verificación sistemática de estado. Esta estrategia agrupa las siguientes operaciones:

- Inspección visual y rutinaria
- Lubricación y engrase
- Mantenimiento estatutario



- Reparación de las averías que surjan
- Mantenimiento predictivo sistemático
- Mantenimiento por condición.

#### **2.3.4.5. Estrategia Alta Disponibilidad**

Dentro de las estrategias de mantenimiento, la estrategia de alta disponibilidad se utiliza en equipos considerados críticos, en los cuales se necesitan tiempos de operación muy elevados, con lo cual las tareas de mantenimiento deben agruparse en períodos de tiempo determinados. En estas revisiones se sustituyen todas las piezas sometidas a desgaste o que previsiblemente puedan fallar durante la operación y producción, con el objetivo de que el equipo no sufra ninguna avería, hasta la próxima parada programada. En esta estrategia se utilizan técnicas de mantenimiento predictivo, pero se basa sobre todo en la programación de grandes revisiones “Overhaul” donde se realiza una sustitución sistemática de componentes de desgaste. Las operaciones a realizar en esta estrategia son:

- Inspección visual y rutinaria
- Lubricación y engrase.
- Mantenimiento estatutario.
- Reparación definitiva de las averías que surjan.
- Mantenimiento predictivo.
- Pequeñas intervenciones de mantenimiento sistemático.
- Grandes revisiones “Overhaul”

#### **2.3.4.6. Estrategia Alta Fiabilidad**

Esta estrategia de mantenimiento requiere de técnicas específicas para conseguir en los equipos una alta fiabilidad, esta estrategia es determinante en equipos críticos, en el que un fallo supondría un siniestro importante, en el que no solo significarían unas pérdidas económicas considerables sino también la probabilidad de pérdidas humanas. (Casais, 2023)

### **2.4. Tipos de Mantenimiento**

Las técnicas de mantenimiento industrial se utilizan para garantizar el buen rendimiento de los equipos, así como el flujo de producción y la vida útil de las máquinas. Es gracias a las técnicas de mantenimiento industrial y a los avances tecnológicos que es posible evitar mayores inconvenientes durante las fallas operativas, y también el impacto

financiero negativo. Además, una gestión adecuada de los activos garantiza la excelencia operativa, la integridad física de los empleados y la competitividad de industrias. (Dynamox,2021)

Contar con máquinas y equipos industriales en perfectas condiciones es esencial para asegurar el correcto funcionamiento de las empresas. Para maximizar su utilidad y garantizar que atiendan los plazos en tiempo y forma, la empresa debe priorizar la implementación de diferentes tipos de mantenimiento industrial. Además de asegurar el ritmo adecuado de la planta, hacer mantenimientos frecuentes cumple un rol importante en el ámbito de la seguridad del personal, evitando accidentes que puedan poner en riesgo su integridad física. Por lo tanto, gestionar adecuadamente el mantenimiento industrial se ha convertido en una de las funciones más relevantes.

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento overhaul (o cero horas)
- Mantenimiento en uso

En este sentido, es importante mencionar que la adopción de un método no excluye la incorporación de otros, inclusive, es recomendable que se los implemente de forma combinada con el fin de asegurar que todos los equipos funcionen adecuadamente priorizando su capacidad máxima y a tenor de las necesidades de la empresa.

Por lo tanto, los diferentes tipos de mantenimiento industrial aportan un equilibrio extremadamente necesario al funcionamiento del negocio minimizando así, la ocurrencia de problemas más graves como paradas extendidas y accidentes laborales. (Vega, 2022)

#### **2.4.1. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es probablemente el tipo de mantenimiento más fundamental y comúnmente entendido. Se refiere a las acciones tomadas para corregir o solucionar problemas con los equipos una vez que estos ya han ocurrido. En otras palabras, si algo se rompe, lo arreglas. Este tipo de mantenimiento puede ser no planificado, que es una respuesta inmediata a una avería, o planificado, en el que la reparación o reemplazo se realiza después de detectar un fallo durante una inspección rutinaria. Puede ser a veces una opción atractiva debido a su simplicidad y al hecho de que no requiere una inversión en tecnología avanzada de monitorización y diagnóstico. Sin embargo, las implicaciones a largo plazo de confiar únicamente en el mantenimiento correctivo pueden ser significativas, incluyendo una mayor inactividad del equipo y posibles

costos de reparación más altos. puede ser a veces una opción atractiva debido a su simplicidad y al hecho de que no requiere una inversión en tecnología avanzada de monitorización y diagnóstico. Sin embargo, las implicaciones a largo plazo de confiar únicamente en el mantenimiento correctivo pueden ser significativas, incluyendo una mayor inactividad del equipo y posibles costos de reparación más altos.

#### **2.4.1.1. Ventajas del mantenimiento correctivo**

- Simple y Directo: No requiere de un plan o programación especial, se realiza cuando surge la necesidad.
- No requiere planificación anticipada: Ideal para organizaciones con recursos limitados o equipos menos críticos.
- Económico a corto plazo: No hay costos adicionales en tecnología o personal especializado
- Sin tecnología especializada: No necesita herramientas o tecnologías complejas.
- Reacción a la necesidad: Se realiza sólo cuando es necesario, sin intervenciones innecesaria.

#### **2.4.1.2. Desventajas del mantenimiento correctivo**

- Inactividad del equipo: Puede llevar a más tiempo de inactividad ya que los problemas se abordan después de que ocurren.
- Más caro a largo plazo: La falta de mantenimiento preventivo puede llevar a fallos graves y costosas.
- Riesgo de fallos graves: La falta de monitorización regular puede llevar a fallos imprevistos.

Desgaste prematuro: Sin intervención proactiva, los equipos pueden desgastarse más rápidamente.

- Pérdida de eficiencia: La falta de mantenimiento regular puede llevar a una operación menos eficiente. (Fractal, 2022)

#### **2.4.2. Mantenimiento Preventivo**

Se define como **mantenimiento preventivo** a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc.) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo. (Stelorder,2023)

## **2.4.2.1. Ventajas del mantenimiento Preventivo**

### **2.4.2.1.1 Aumenta la vida útil de los activos**

Una mayor vida útil de los activos es una de las principales ventajas del mantenimiento preventivo, ya que el Mantenimiento Preventivo ayuda a detectar los defectos menores que ponen en peligro la capacidad de la máquina y a prevenir las averías. Mantener un buen estado de los activos garantiza un menor tiempo medio entre fallos (MTBF). Este KPI le ayuda a tomar decisiones informadas para los siguientes pasos, en lugar de entrar en pánico con las órdenes de trabajo de emergencia. Le ahorra la molestia de sustituir piezas costosas y sienta el precedente para el cumplimiento continuo de la normativa.

### **2.4.2.1.2 Ahorro de costos**

Los costos de mantenimiento pueden suponer una carga financiera para la infraestructura, especialmente si hay sistemas mecánicos complejos. Para reducir el gasto en activos, el Mantenimiento Preventivo permite a los técnicos organizar un mayor número de tareas y completarlas con más precisión. En el caso de la limpieza, puede mostrar signos de fugas o de acumulación de óxido en las superficies metálicas. Y para el inventario de piezas de repuesto, no tendrá que comprar existencias con tanta frecuencia para gestionar una sustitución completa.

### **2.4.2.1.3 Reduce las interrupciones**

Otra ventaja es la reducción de las interrupciones en los flujos de trabajo integrales. En lugar de interrumpir la producción para atender las solicitudes, debe programar el mantenimiento en torno a los tiempos de inactividad previstos para optimizar la disponibilidad de los equipos. Para conservar los recursos, haga que cada técnico se concentre en un solo proyecto, dándole acceso a los activos necesarios. Planifique en consecuencia identificando el modo de fallo y asignando empleados con las habilidades adecuadas para terminar rápidamente la orden de trabajo.

### **2.4.2.1.4 Regula los tiempos de ejecución de los activos**

Organizar un plan de planta significa tener que estimar el tiempo de funcionamiento de los activos y asegurarse de que las máquinas no se salgan de sus especificaciones. Esto es crucial para modificar el ritmo de producción en caso de acumulación de óxido, transferencia de calor desigual, fricción entre superficies y otros factores. El mantenimiento regular pone fin a todo esto ahorrando energía en la fábrica y generando menos residuos. El resultado es un menor número de productos defectuosos y dañados que llegan al consumidor.

#### **2.4.2.2. Desventajas del mantenimiento Preventivo**

- Costoso a corto plazo: La implementación puede requerir una inversión inicial en herramientas, tecnología y entrenamiento.
- Requiere planificación y programación: Necesita un cronograma y seguimiento regular.
- Mantenimiento innecesario: La adherencia rígida a un cronograma puede llevar a intervenciones innecesarias.
- Rigidez: No es adaptable a condiciones cambiantes del equipo.
- Necesidad de personal especializado: Puede requerir entrenamiento y habilidades especializadas.

#### **2.4.3. Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo lleva el concepto de mantenimiento preventivo un paso más allá. En lugar de simplemente seguir un horario establecido para las tareas de mantenimiento, el mantenimiento predictivo se basa en la monitorización de la condición actual del equipo y en la programación de las tareas de mantenimiento cuando los indicadores sugieren que una falla puede estar próxima. Esto se realiza mediante el uso de una variedad de tecnologías de monitorización y diagnóstico, que pueden incluir análisis de vibraciones, termografía, ultrasonidos, análisis de aceite y muchas otras. El mantenimiento predictivo permite a las organizaciones minimizar las interrupciones del servicio y utilizar sus recursos de manera más eficiente al realizar tareas de mantenimiento solo cuando es probable que sean necesarias.

##### **2.4.3.1. Ventajas del mantenimiento Predictivo**

- Altamente eficiente: La tecnología de monitorización permite una intervención precisa y oportuna.
- Reducción de mantenimiento innecesario: Solo se realiza mantenimiento cuando los datos indican que es necesario.
- Detección temprana: Puede detectar problemas antes de que causen fallas, permitiendo intervenciones menos disruptivas.
- Adaptabilidad: Se puede adaptar a las condiciones cambiantes del equipo y su uso.
- Maximiza la vida útil del equipo: La intervención precisa puede prevenir el desgaste innecesario.

### **2.4.3.2. Desventajas del mantenimiento Predictivo**

- Tecnología y capacitación especializadas: La inversión en herramientas y entrenamiento puede ser sustancial.
- Costo de implementación: La tecnología necesaria puede ser cara.
- Análisis continuo requerido: Necesita monitorización y análisis regulares.
- No adecuado para todo el equipo: No todos los equipos pueden beneficiarse de este enfoque.
- Posibles fallos en la detección: Una implementación incorrecta puede llevar a fallos en la detección de problemas. (Fractal, 2022)

### **2.4.4. Mantenimiento Overhaul o cero horas**

El overhaul mantenimiento, es un proceso general donde el objetivo es que los sistemas y equipos de una empresa estén en las condiciones idóneas para prestar el servicio que se espera de ellos. El overhaul mantenimiento, es un proceso general donde el objetivo es que los sistemas y equipos de una empresa estén en las condiciones idóneas para prestar el servicio que se espera de ellos incluso, puede hablarse del mantenimiento cero horas como un tipo de preventiva. El tiempo promedio de overhauling de una línea de producción varía, pero es común que las organizaciones lo realicen al menos una vez al año cuando el estado general de la maquinaria es bueno. En caso de que los equipos sean antiguos, puede que el mantenimiento se planifique en un margen de tiempo más corto.

#### **2.4.4.1. Ventajas del Mantenimiento Overhaul o cero horas**

Las ventajas del mantenimiento cero horas no son estándar. Algunas empresas pueden beneficiarse más de él que otras. En términos generales, mientras más costosa sea una línea productiva, más conveniente será recurrir al overhauling para no tener que reemplazar equipos demasiado pronto.

##### **2.4.4.1.1 Optimización de Costos**

Como no se espera hasta que los equipos de la empresa comiencen a exhibir fallas, el overhauling ayuda a evitar gastos a largo plazo en reparaciones y sustitución de piezas. Además, el mantenimiento cero horas evita que el negocio tenga que invertir en nueva maquinaria.

#### **2.4.4.1.2 Disminución de Labores Manuales**

Otra forma de ahorrar en costos de mantenimiento es prescindiendo de mano de obra. Con el overhauling predictivo, por ejemplo, los encargados del mantenimiento pueden saber qué componentes necesitan ser reparados o inspeccionados. Esto significa menos personal de mantenimiento haciendo tareas no esenciales.

#### **2.4.4.1.3 Mejoras en el Rendimiento de los Equipos**

Como dijimos antes, el mantenimiento cero horas puede hacer que un activo vuelva a funcionar como si estuviera nuevo o casi nuevo. Esto es muy atractivo para las empresas, y en especial para las compañías donde la producción exige invertir en máquinas costosas (como las plantas procesadoras de alimentos, la industria de la manufactura, etc.). (Mancuzo, 2020)

#### **2.4.4.2. Desventajas del Mantenimiento Overhaul o cero horas**

Los tiempos de intervención podrían ser largos, dependiendo del activo en cuestión  
Necesita de profesionales especializados en el equipo al que se le aplicará el mantenimiento (López, 2022)

#### **2.4.5. Mantenimiento en Uso**

Este es uno de los tipos de mantenimiento industrial de más baja intervención. Normalmente lo suelen hacer los operarios del equipo o personal de baja cualificación. Consiste en simples tareas de prevención, como una limpieza adecuada o una observación sobre defectos visibles. (Jelpit, 2022)

##### **2.4.5.1. Ventajas del Mantenimiento en Uso**

- Forma parte de la estrategia de Mantenimiento Productivo Total, TPM.
- Lo llevan a cabo los propios usuarios de las máquinas y equipos.
- Promueve un mejor uso de los equipos por parte de éstos
- Mantiene un buen estado a los activos
- Es más económico que el mantenimiento predictivo
- Ayuda en gran medida a reducir los costos por mantenimiento, en especial por mantenimiento correctivo

##### **2.4.5.2. Desventajas del Mantenimiento en Uso**

- Es necesario capacitar a los usuarios sobre las actividades de mantenimiento que debe realizar

- Hay que tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante para determinar las labores de mantenimiento a realizar. (García, 2022)

## 2.5. Indicadores de Mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son una forma de monitorear la planificación estratégica del sector de mantenimiento. Es común que, en algún momento, el gerente sienta la necesidad de revisar procesos, alinear ideas e implementar optimizaciones. A continuación, enumeramos los indicadores de mantenimiento fundamentales.

### 2.5.1. Indicador MTBF (Tiempo promedio entre fallas)

Sigla de Mean Time Between Failures, o “tiempo promedio entre fallas”, MTBF es el indicador adecuado para conocer el tiempo de actividad total de las máquinas que presentan imprecisiones y pueden ser reparadas. Esto permite el análisis de la confiabilidad de una máquina. (Zambelli, 2021)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{N}^\circ \text{ de Paradas}} \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 1$$

El cálculo del MTBF se hace con base en la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo perdido, dividiendo por el número de paradas. La fórmula se representa con la siguiente expresión (Infraspeak,2023)

### 2.5.2. Indicador MTTR (Tiempo medio para reparar)

El MTTR significa Mean Time To Repair por sus siglas en inglés, siendo este el tiempo medio de reparación entre el periodo que el equipo entra en parada programada por mantenimiento o parada por falla funcional, hasta que este es puesto nuevamente en servicio. Lo que más se desea en esta métrica de mantenimiento es que el tiempo sea lo más bajo posible y que se ajusten al tiempo de duración estándar de los procedimientos específicos de mantenimiento. Siendo así, existen varios factores que influyen en el tiempo medio de reparación o MTTR elevado y por consecuencia, en la baja eficiencia y eficacia de las reparaciones.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de Reparación}}{\text{N}^\circ \text{ de Paradas}} \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 2$$



Matemáticamente el MTTR se calcula sumando el tiempo total dedicado a realizar las reparaciones durante un determinado periodo de tiempo entre el número de reparaciones. (Rosales, 2023)

### 2.5.3. Indicador Backlog

El backlog no es más que el tiempo que se usaría para ejecutar el objetivo del servicio con la fuerza laboral disponible en ese período. En consecuencia, es el indicador de mantenimiento que cambia diariamente a medida que se completan los trabajos y aparecen constantemente nuevas demandas. El backlog, por lo tanto, es un indicador de que el gerente debe apuntar a la estabilidad. Es decir, cuanto más estable, mejor. Para calcular el Backlog se requiere determinar la capacidad laboral de la organización (por área o especialidad de preferencia para un mejor análisis y control) y estimar los tiempos de ejecución de las tareas pendientes. Su unidad de medida son semanas.

$$\text{Backlog} = \frac{\text{Tiempo de ejecución de tareas pendientes}}{\text{Capacidad laboral total por semana}} \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 3$$

El nivel óptimo para el Backlog depende de cada empresa, pero mundialmente es aceptado entre 2 y 4 semanas (Cunza, 2020)

### 2.5.4. Indicador CPMV

El costo de mantenimiento sobre el valor de reemplazo, también conocido como ERV (Estimated Replace Value) es un indicador financiero que se utiliza para evaluar el costo de mantenimiento empleado en cada equipo. Así, es posible identificar si sería más ventajoso mantener la máquina en la empresa o comprar una nueva. En la práctica, el cálculo es:

$$\text{CPMV} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Valor de compra de un activo nuevo}} * 100\% \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 4$$

El resultado será la tasa de CPMV, **que debería ser de hasta el 6%**. Si el resultado supera este límite en un año, es necesario cambiar el equipo. Esto significa que, en CPMV, **cuanto menor sea el valor encontrado, mejor**, ya que la máquina no necesita ser reemplazada

y sigue siendo ventajoso conservarla un tiempo, a pesar de su mantenimiento. (Zambelli,2021)

### 2.5.5. Indicador CMUP

Es la sigla de costo de mantenimiento en la unidad producida. Su objetivo es identificar cuánto impacta el costo de mantenimiento en el precio final de cada unidad de producto fabricado. En este caso, es la suma de todos los gastos con el mantenimiento en sí, por Entonces la fórmula es:

$$\text{CMPU} = \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Unidades totales producidas}} \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 5$$

### 2.5.6. Indicador CMF

Por último, un indicador importante para demostrar la gestión del mantenimiento es el costo de mantenimiento en la facturación. Después de todo, es necesario saber cuánto se gasta en mantenimiento para no desperdiciar dinero. En CMF, los gastos están relacionados con:

- Materiales;
- Subcontratación de servicios;
- Trabajo interno;
- Depreciación de maquinaria;
- Pérdida de facturación.

Es un indicador que siempre debe ser positivo, ya que tiene un impacto directo en la estabilidad financiera del negocio. Asimismo, es fundamental probar los resultados del área. Con esto, es posible demostrar, en números, cuánto se ahorró del mantenimiento realizado, de acuerdo con el plan de mantenimiento vigente. Su fórmula es: (Zambelli,2021)

$$\text{CMF} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Ventas Brutas}} * 100\% \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 6$$

### 2.5.7. Indicador OEE – Overall Equipment Effectiveness

Este es uno de los KPI de mantenimiento más importantes ya que mide la eficacia global de la empresa. Con este cálculo se podrá establecer si los procesos son eficientes o no. El promedio global es del 77% o más. Uno de los beneficios de calcular la OEE es saber con

qué frecuencia los equipos están en funcionamiento. También nos ayuda a conocer la rapidez con que se desarrolla la producción de la empresa y, por último, cuántos productos (o servicios) se han producido (o realizado) sin ningún tipo de fallo. El cálculo es bastante simple. (Infraspeak Team,2023)

Es un indicador que muestra el nivel de eficiencia de los equipos, muy utilizado en la industria. Calcular el OEE es importante porque es un elemento fundamental para la mejora de los procesos. El OEE compara la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida, es decir, es un indicador utilizado para traducir la eficiencia de las máquinas de una fábrica y para medir la capacidad de fabricación de nuevos **productos**. A partir de esta métrica, se puede saber cuánto tiempo se dedica realmente a la producción. Calcular el OEE es esencial para reducir las pérdidas y aumentar el rendimiento de las máquinas, mejorando su funcionamiento.

La fórmula que representa el cálculo es:

$$\text{OEE} = [\text{Disponibilidad}] \times [\text{Calidad}] \times [\text{Rendimiento}] \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 7$$

#### 2.5.7.1. Disponibilidad:

Cantidad de tiempo que un equipo funcionó en comparación con el periodo en que estuvo disponible para funcionar, es decir, parado. Esta parada puede ser planificada o no planificada.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo en Producción}}{\text{Tiempo programado para producir}} * 100\% \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 8$$

Es decir, cuanto más tiempo se produzca, mayor será la disponibilidad. Cuanto menor sea la disponibilidad, mayor será el tiempo de parada del equipo.

#### 2.5.7.2. Calidad

Índice utilizado para medir los productos y las piezas defectuosas que no pueden entregarse al cliente. Por lo tanto, es esencial mantener el control y supervisar constantemente la producción en serie.

$$\text{Calidad (\%)} = \frac{\text{Cantidad de productos buenos}}{\text{Cantidad total producida}} * 100\% \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 9$$

#### 2.5.7.3. Rendimiento:

Evalúa el ritmo de producción y levanta datos sobre la velocidad de producción de un determinado artículo al realizar una comparación con el nivel de agilidad esperado. El

rendimiento compara la cantidad producida con la cantidad teórica que podría haberse producido mientras el equipo estaba produciendo, independientemente de la calidad de lo producido, y se calcula como sigue: (Roth, 2021)

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Cantidad de producción real}}{\text{Cantidad de Producción teórica}} * 100\% \quad : \quad \text{Ecuación N}^\circ 10$$

## 2.6. Orden de Trabajo

Una orden de trabajo es una solicitud formal para que se realicen tareas de mantenimiento, reparación u operaciones. Contiene instrucciones concretas que el equipo de mantenimiento debe seguir para lograr resultados mensurables. Las órdenes de trabajo también pueden incluir detalles como quién autorizó el trabajo, a quién se asigna la realización del trabajo, el alcance del trabajo y las expectativas de finalización. Las órdenes de trabajo son una parte fundamental de sus operaciones de mantenimiento y, cuando se hacen bien, le ayudan a usted y a su equipo a mantenerse organizados, a establecer prioridades de forma eficaz y a realizar el trabajo sin problemas y con eficiencia. (Emit, 2023)

## 2.7. Cronograma

Un cronograma es una herramienta gráfica que presenta un detalle de las actividades que se deben desarrollar en los tiempos establecidos, al momento que se emprende un proyecto. (López, 2020)

## 2.8. Proceso de Fabricación

Un proceso de fabricación se define como el uso de equipos, dispositivos o reacciones naturales para convertir materias primas o piezas en productos terminados de forma coherente y repetitiva. Un proceso de fabricación también debe contar con normas establecidas, como medidas de calidad, tolerancias y métricas de rendimiento, para mantener coordinadas todas las áreas de producción –incluidos el funcionamiento de las máquinas, la mano de obra, el flujo de materiales y otros– con el fin de lograr coherencia y eficiencia. (Lauri, 2023)

## 2.9. Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta de gestión de proyectos que busca agilizar y cumplir con objetivos de entrega; permite ver las tareas, qué equipo o personas son los responsables de cada una, el tiempo de duración de cada actividad y las fechas programadas para que se cumplan. (Santos, 2022)

## **2.10. Lista de chequeo o Checklist**

La lista de chequeo o checklist es un formato creado para llevar un control en las tareas o acciones que debemos realizar en una organización, ya sea al realizar actividades repetitivas, verificar el cumplimiento de una lista de requisitos o simplemente recolectar datos de forma sistemática. Es una herramienta muy útil para organizar el trabajo y realizar comprobaciones sistemáticas de actividades, de forma que podamos asegurarnos de que no nos estamos olvidando de ningún paso importante. (Unifikas, 2023)

## **2.11. Limitaciones**

Para la realización del presente trabajo se tuvo limitantes en cuanto a estructurar la información existente a través del tiempo y la tomade datos, dado que, se tuvo que analizar los tiempos y formas de trabajo a detalle sobre la fabricación de los moldes de sellado, sumado a ello la coordinación que se tuvo que realizar con los operadores de máquina para la accesibilidad a la toma de datos in situ a efectos de construir los índices de mantenimiento y poder realizar los planteamientos de mejora del sistema de mantenimiento.

## **CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

### **3.1. Contexto general**

El suscrito ingreso en julio del 2018 a la empresa Sepremac S.A.C, desempeñándome al inicio como encargado de maestranza y mantenimiento, en este periodo no tuve mucho alcance de realizar un diagnóstico de cómo se desarrollaba los procesos de fabricación y el trabajo de otras áreas. En enero del 2023 me ascendieron como supervisor de fabricaciones mecánicas, mantenimiento y matricería. Con este nuevo cargo, tenía las labores de Supervisar y participar en los trabajos de mantenimiento de las máquinas utilizadas para la fabricación de los moldes, matrices y otros. Con lo cual me permitió levantar e identificar información de las fallas técnicas de los equipos que comprometen la calidad, costos y paros inesperados que se reflejan en retrasos para el producto final.

Complementando el párrafo anterior, parte de mis responsabilidades fue de verificar la disponibilidad de los diferentes accesorios y matrices como: postizos, guías, bocinas, placas, expulsadores y boquillas entre otros.

Con todas estas actividades realizadas, he tenido una participación más activa y dinámica en la fabricación de los moldes y con todo el personal operativo, al tener este alcance observe que existían constantes averías en las máquinas, y esto afectaba los procesos de fabricación en los tiempos y trabajos repetitivos.

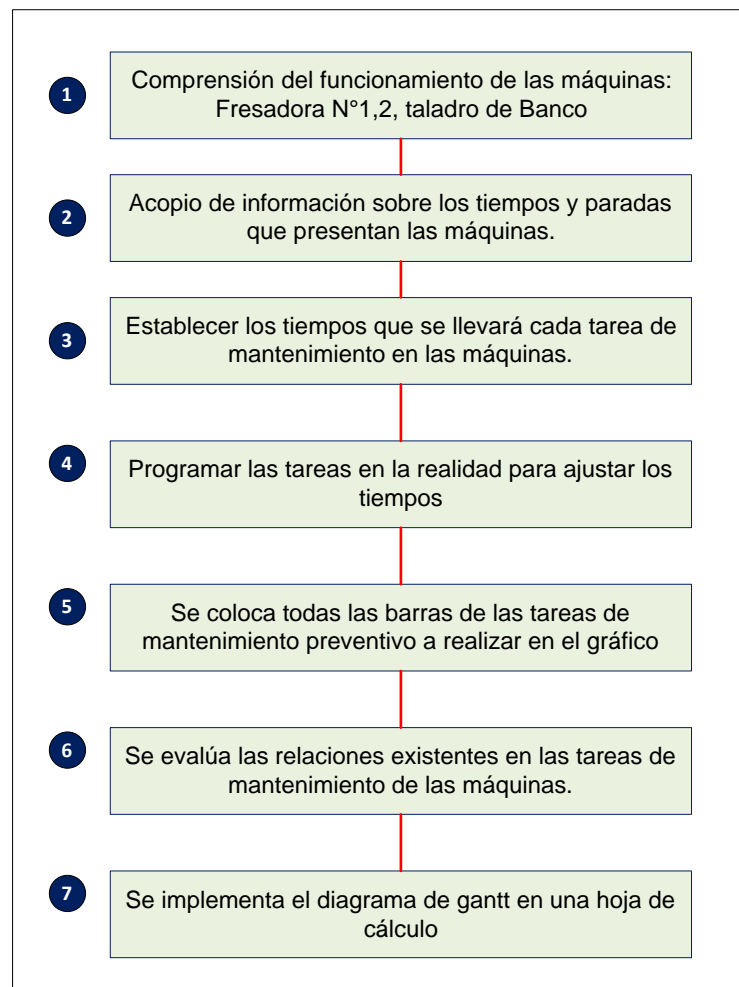
Con los datos recolectados, en el año 2021 y 2022 se obtuvo como promedio discreto 06 y 05 paradas inesperadas de manera mensual respectivamente. Para el 2023 (enero a junio) el promedio mensual fue de 05 paradas inesperadas.

Las paradas inesperadas de las máquinas representaron para el año 2021 y 2022 un promedio de 12.64 horas y 11.52 horas de tiempo no planificado para la corrección de la falla, estos valores son de carácter mensual. Para el 2023 (enero a junio) el promedio mensual fue de 12.89 horas que significa 11.9% más que el ejercicio 2022.

A inicios de setiembre del 2023, y debido a los diversos temas relacionados a las paradas de las máquinas y su inversión de tiempo en horas no planificadas para las correcciones de las fallas, la empresa representada por la alta dirección tomó la decisión de realizar una propuesta de mantenimiento preventivo acordé a la infraestructura y realidad de la organización a efectos de cumplir en el mediano y largo plazo las exigencias de los clientes y dar un nuevo inicio en la manera operacional en que se trabaja.

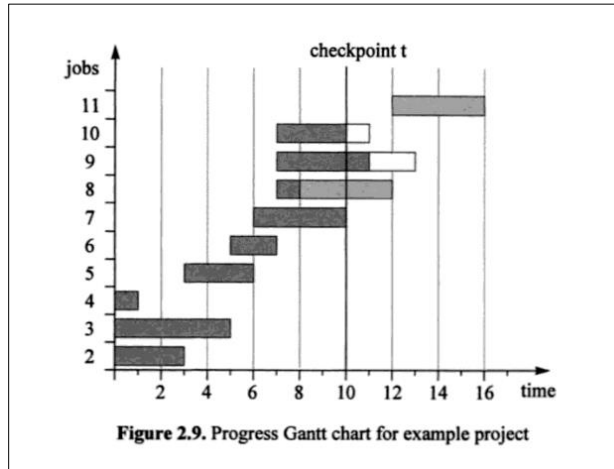
Para dar cumplimiento en la mejora, se ha comenzado a digitalizar la información utilizando la metodología del diagrama de Gantt para representar gráficamente en una línea de tiempo las tareas y actividades programadas en las máquinas denominadas fresadora N°1, 2 y taladro de banco y así planificar los mantenimientos preventivos de los equipos y partes componentes. Esta planificación reflejará mediante los indicadores de gestión de mantenimiento antes y después una disminución porcentual en los tiempos, paradas y correcciones No planificadas que se ha venido presentado a través de los años y que ahora abordamos la solución mediante la presente propuesta.

Figura N°2: Estructura de pasos para el desarrollo del diagrama de Gantt en Sepremac S.A.C



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°3: Progreso de trabajos de mantenimiento



Fuente: Scheduling of Resource-Constrained Projects. Pag. 57

Figura N°4: Layout de Sepremac S.A.C



Fuente: Sepremac S.A.C



Figura N°5: Sepremac S.A.C



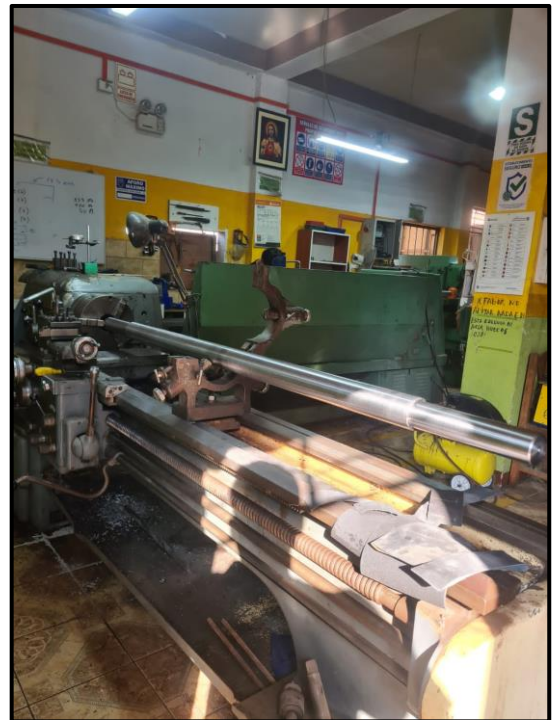
Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°6: Fresadora N°1 Sepremac S.A.C



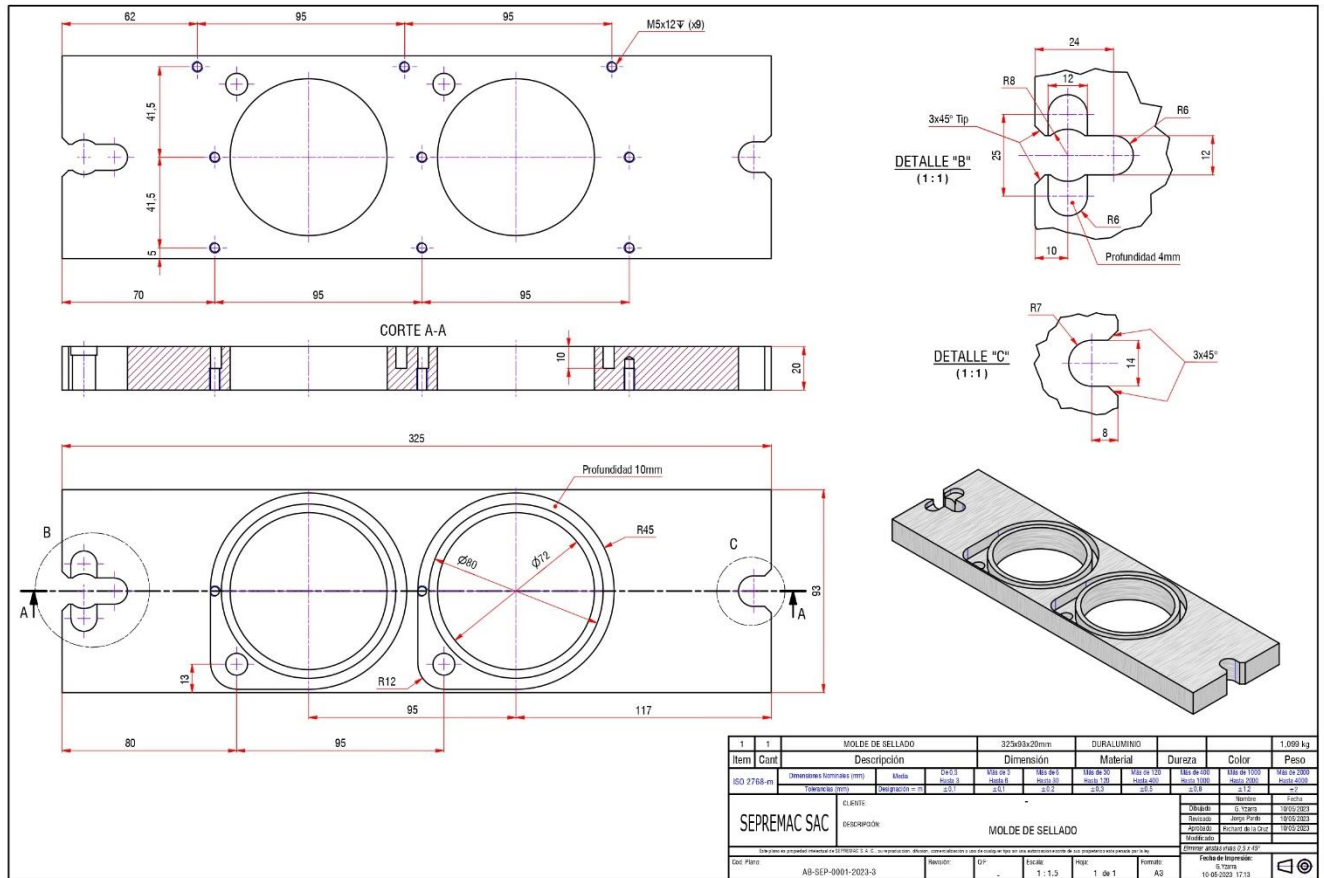
Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°7: Fresadora N°1 Sepremac S.A.C



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°8: Molde de Sellado de Sepremac S.A.C



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°9: Molde de Sellado



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°10: Calibración del Molde de Sellado



Fuente: Sepremac S.A.C

Problemas de fabricación originado por la falta de mantenimiento de los equipos principales.

Figura N°11: Descentrado por problemas en el Motor eje



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°12: Carros de desplazamiento



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°13: Acción correctiva a la Bomba de Aceite



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°14: Cambio de retén por fuga de aceite



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°15: Acción correctiva de cambio de aceite



Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°16: Orden de Trabajo de corrección de los carros de Desplazamiento

SEPREMAC S.A.C

**Orden de Trabajo** N° 1


Fecha : Miércoles, 18 de Julio 2023  
 Operador : Manlio Martinez Rodriguez  
 Area : Máquina Fresadora 2  
 Dirigido a : Jorge Pardo

Descripción del servicio:

los carros de desplazamiento tienen problemas en las chavetas, pedirse para terminar 8 juegos de moldes de sellado (elaplanamiento)

Observaciones:

el día de hoy se apoyó en la máquina del turno.

  
 Firma  
 Encargado / Jefe de area

Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°17: Orden de Trabajo de cambio de empaquetadura

SEPREMAC S.A.C

**Orden de Trabajo** N° 3


Fecha : Juarez, 17 de agosto 2023  
 Operador : duis Osorio Corvejo  
 Area : Fresadora N°1  
 Dirigido a : El señor Richard de la huva

Descripción del servicio:

Procurar el cambio de empaque y los motores, dado que se pierde cada vez aceite.

Observaciones:

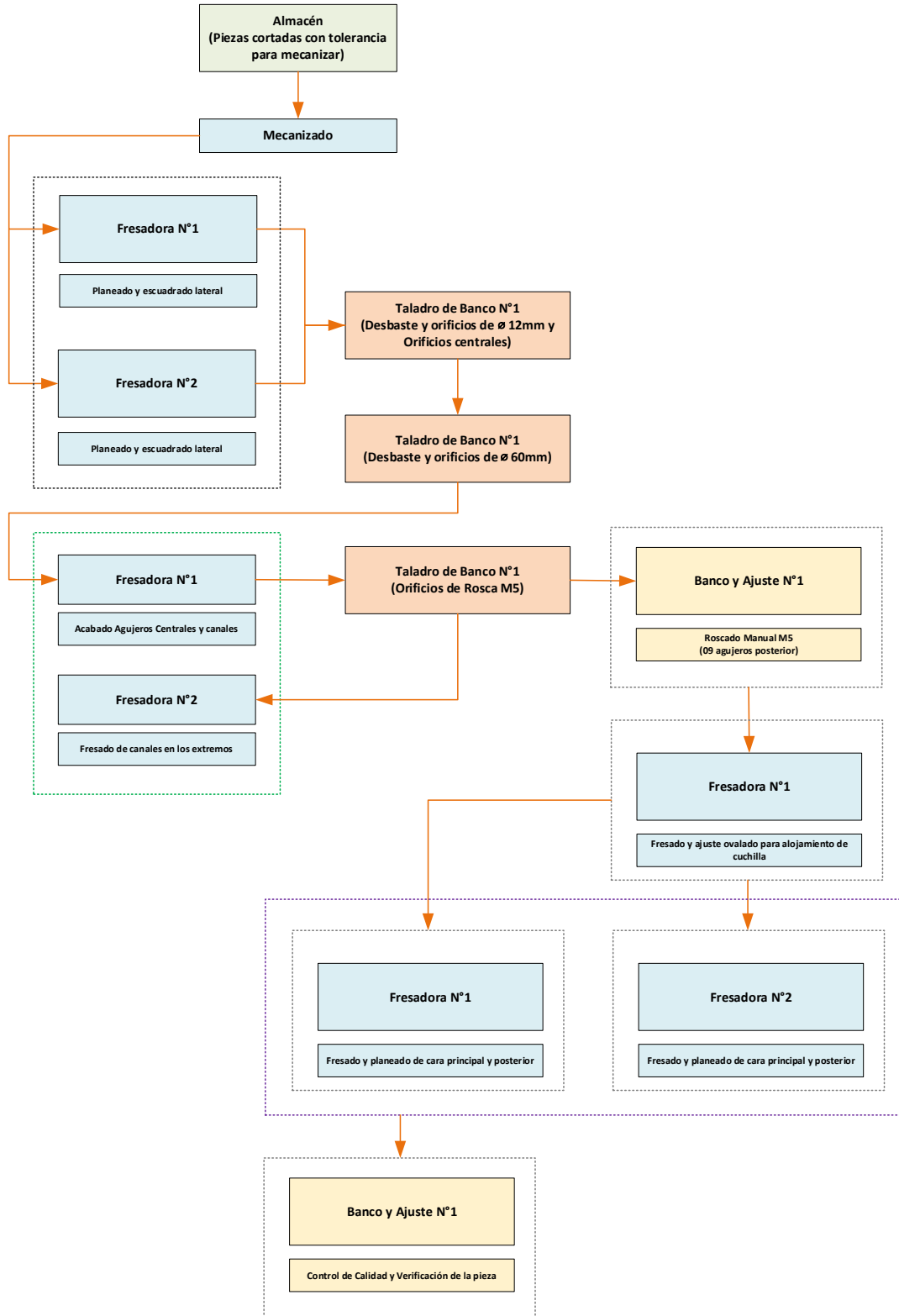
Se esta dejando los alicates y pinzas para el señor demandante.

  
 Firma  
 Encargado / Jefe de area

Fuente: Sepremac S.A.C

### 3.2. Diagrama de Fabricación de un Molde de Sellado

Figura N°18: Diagrama de Fabricación del Molde de Sellado



Fuente: Elaboración propia

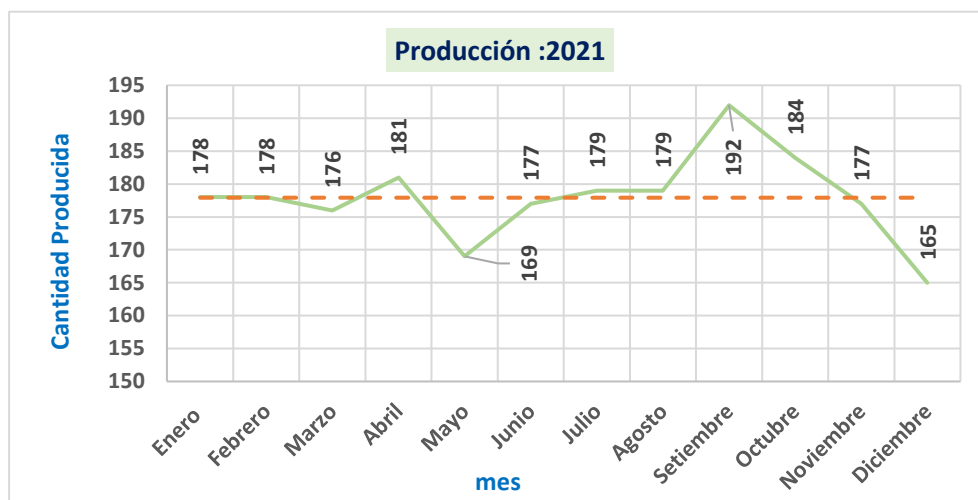
### 3.3. Data Recopilada de la fabricación de un Molde de Sellado en los últimos 3 años

Tabla N°2: Producción Anual del Molde de Sellado

Mes	2021	2022	2023
Enero	178	160	191
Febrero	178	190	171
Marzo	176	186	186
Abril	181	175	177
Mayo	169	182	190
Junio	177	161	183
Julio	179	184	179
Agosto	179	167	178
Setiembre	192	167	-
Octubre	184	170	-
Noviembre	177	173	-
Diciembre	165	173	-

Fuente: Elaboración Propia

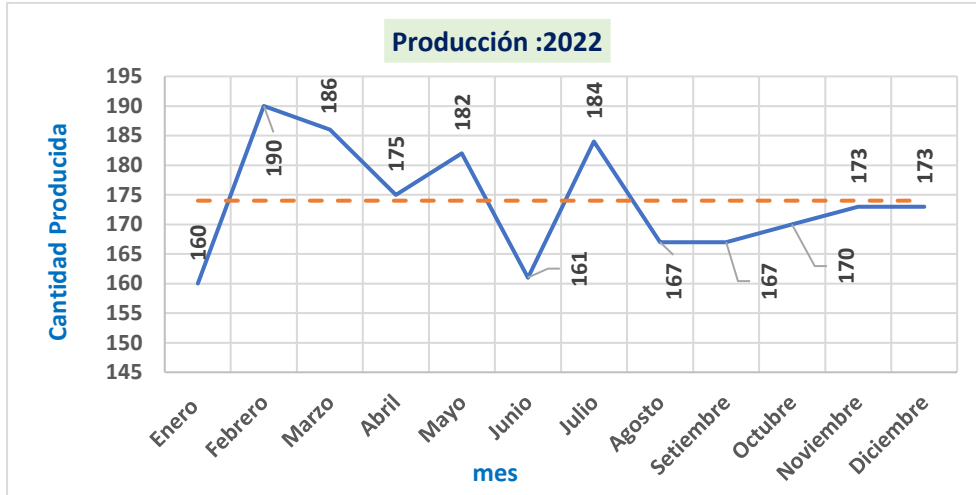
Gráfico N°1: Producción Anual del año 2021



Fuente: Elaboración Propia

*Interpretación:* El promedio de producción del molde de sellado en el año 2021 fue de 178 piezas con una desviación estándar de 6.735 piezas.

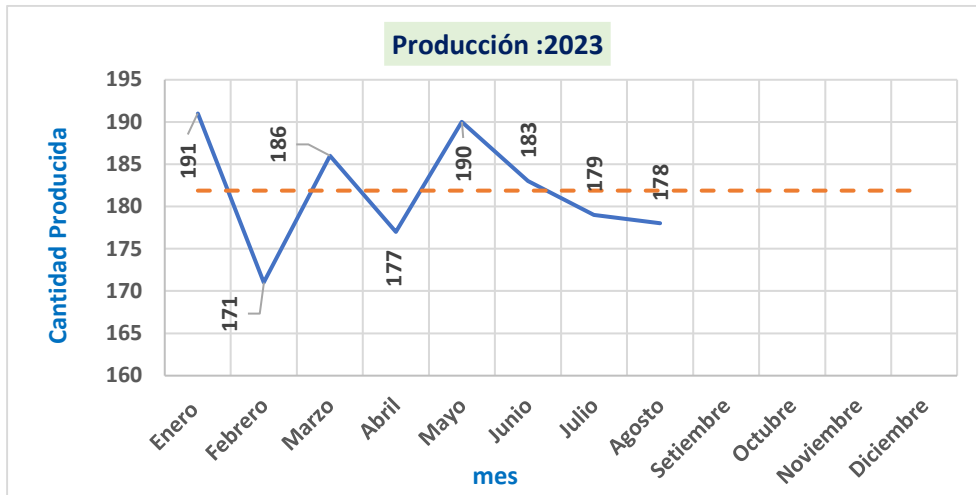
Gráfico N°2: Producción Anual del año 2022



Fuente: Elaboración Propia

*Interpretación:* El promedio de producción del molde de sellado en el año 2022 fue de 174 piezas con una desviación estándar de 9.751 piezas.

Gráfico N°3: Producción Anual del año 2023



Fuente: Elaboración Propia

*Interpretación:* El promedio de producción del molde de sellado en el año 2023 fue de 182 piezas con una desviación estándar de 6.896 piezas.

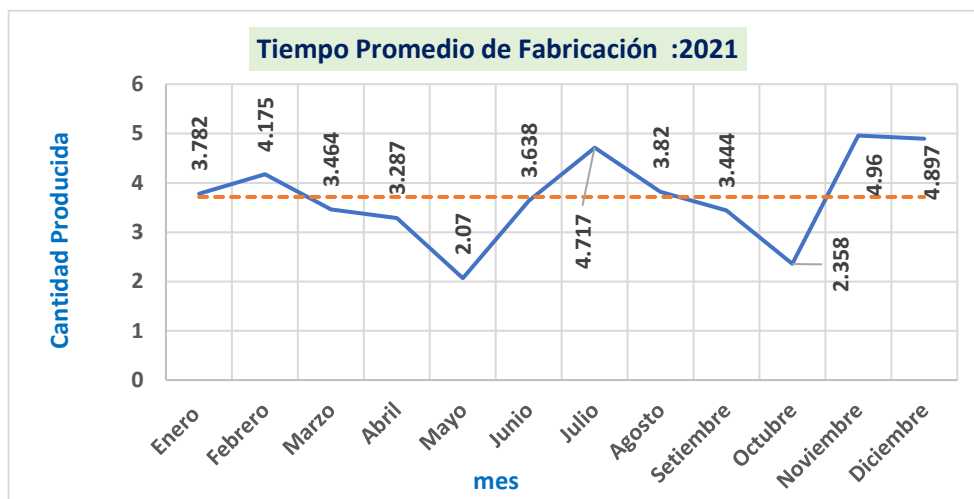
### 3.4. Data Recopilada de los Tiempos Promedios (horas) de un Molde de Sellado en los últimos 3 años

Tabla N°3: Tiempos Promedios(horas) de un Molde de Sellado en los 3 últimos

Mes	2021	2022	2023
Enero	3.782	4.285	3.118
Febrero	4.175	4.53	2.351
Marzo	3.464	3.526	2.405
Abril	3.287	3.567	2.773
Mayo	2.07	3.144	3.341
Junio	3.638	3.683	2.439
Julio	4.717	2.553	4.596
Agosto	3.82	3.547	3.757
Setiembre	3.444	3.499	-
Octubre	2.358	4.344	-
Noviembre	4.96	3.354	-
Diciembre	4.897	4.963	-

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°4: Tiempo Promedio de Fabricación de un molde de Sellado 2021



Fuente: Elaboración Propia



*Interpretación:* El tiempo promedio de fabricación de un molde de sellado en el año 2021 fue de 3.718 horas con una desviación estándar de 0.907 horas.

Gráfico N°5: Tiempo Promedio de Fabricación de un molde de Sellado 2022



Fuente: Elaboración Propia

*Interpretación:* El tiempo promedio de fabricación de un molde de sellado en el año 2022 fue de 3.750 horas con una desviación estándar de 0.665 horas.

Gráfico N°6: Tiempo Promedio de Fabricación de un molde de Sellado 2023



Fuente: Elaboración Propia

*Interpretación:* El tiempo promedio de fabricación de un molde de sellado en el año 2023 fue de 3.098 horas con una desviación estándar de 0.785 horas.

Optimización del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas para el proceso de fabricación del Molde de Sellado en la empresa Sepremac S.A.C

Tabla N°4: Cantidad de veces que se para la fresadora por eventos No programados en el año 2021 en la fabricación de los Moldes de Sellado.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	7	12.67	2	6.16	8	10.53	6	7.83	7	16.48	4	17.56	5	14.58	5	14.65	6	14.73	5	10.41	2	9.83	8	6.38
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	3	14.90	2	11.42	2	12.05	6	12.21	7	15.44	8	11.19	5	14.87	7	11.94	2	6.81	6	14.01	6	17.18	5	6.41
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	7	15.16	5	7.73	2	10.91	3	12.93	7	6.05	4	7.96	2	17.65	2	9.39	4	7.73	7	16.99	8	8.78	6	7.59
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	4	10.88	3	13.93	8	11.75	6	15.89	6	18.24	7	14.14	8	13.45	3	15.71	5	19.62	7	18.42	4	6.52	3	12.80
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	6	16.03	3	11.40	3	19.54	5	17.94	7	17.13	2	12.53	7	14.09	2	15.76	5	8.82	8	12.45	7	12.33	3	12.99
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	7	14.91	8	14.09	7	11.71	4	8.08	8	16.07	8	18.61	2	6.59	7	10.10	4	12.72	5	7.40	3	7.89	6	11.87
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	7	7.72	3	16.48	8	15.64	6	13.23	3	12.06	8	6.21	2	15.74	8	18.88	5	16.94	6	13.30	4	14.47	2	9.47

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°5: Promedio Anual de Cantidad de veces y Total de Horas que se detiene la fresadora por eventos No programados en el año 2021 en la fabricación de los Moldes de Sellado.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio de Cantidad	Promedio de Horas
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	5.42	11.82
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	4.92	12.37
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	4.75	10.74
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	5.33	14.28
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	4.83	14.25
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	5.75	11.67
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.17	13.35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°6: Cantidad de veces que se para la fresadora por eventos No programados en el año 2022 en la fabricación de los Moldes de Sellado.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	8	5.50	7	12.67	7	16.87	5	10.82	8	7.79	3	10.62	3	9.86	2	7.38	3	13.24	2	5.67	2	5.85	7	15.17
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	3	19.09	6	11.62	7	16.67	8	11.39	4	10.04	8	11.65	4	19.26	3	11.03	7	18.01	5	10.97	3	19.59	5	15.80
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	6	8.42	7	19.59	3	13.80	3	17.78	7	18.71	3	13.33	5	19.62	3	15.18	8	9.28	8	7.89	3	5.77	2	9.12
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	2	8.11	8	5.10	5	19.69	6	5.99	2	6.26	7	5.16	8	13.81	4	5.68	8	6.88	7	17.80	3	5.52	2	18.45
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	3	10.17	8	13.82	5	7.54	5	8.25	3	12.87	4	17.76	7	5.66	7	6.01	8	15.86	6	5.51	2	6.84	6	9.57
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	7	14.24	3	17.76	4	9.22	2	14.84	3	12.84	6	16.67	7	9.59	3	16.51	2	10.70	5	5.41	3	6.72	7	6.13
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5	10.79	6	8.33	3	10.66	5	15.88	5	5.54	4	15.28	8	11.58	7	19.43	7	6.61	8	12.56	3	9.99	2	6.68

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°7: Promedio Anual de Cantidad de veces y Total de Horas que se detiene la fresadora por eventos No programados en el año 2022 en la fabricación de los Moldes de Sellado.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio de Cantidad	Promedio de Horas
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	4.75	10.12
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	5.25	14.59
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	4.83	13.21
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	5.17	9.87
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	5.33	9.99
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	4.33	11.72
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.25	11.11

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°8: Cantidad de veces que se para la fresadora por eventos No programados en el año 2023 en la fabricación de los Moldes de Sellado.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	2	14.48	6	10.48	5	9.88	5	19.49	5	14.82	2	11.87	6	8.71	5	12.48	-	-	-	-	-	-	-	-
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	4	5.70	5	14.64	2	17.68	2	16.79	3	6.22	3	10.32	2	7.29	7	19.08	-	-	-	-	-	-	-	-
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	6	9.22	8	16.67	6	18.66	2	19.39	2	16.43	6	16.17	5	12.04	5	8.79	-	-	-	-	-	-	-	-
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	6	14.55	7	11.32	8	12.63	4	14.61	7	13.23	4	9.99	6	11.42	8	10.55	-	-	-	-	-	-	-	-
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	6	15.47	4	11.91	5	14.59	8	9.07	3	7.83	7	7.46	3	17.67	4	18.08	-	-	-	-	-	-	-	-
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	7	18.85	8	19.46	6	5.09	5	7.39	3	18.50	3	9.18	6	11.24	2	18.66	-	-	-	-	-	-	-	-
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	4	6.97	3	12.71	4	18.65	7	9.33	8	16.47	2	7.02	7	8.54	7	7.31	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

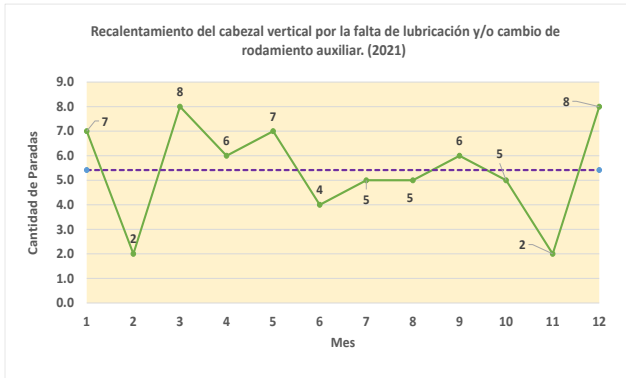
Tabla N°9: Promedio Anual de Cantidad de veces y Total de Horas que se detiene la fresadora por eventos No programados en el año 2023 en la fabricación de los Moldes de Sellado.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio de Cantidad	Promedio de Horas
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	4.50	12.78
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	3.50	12.22
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	5.00	14.67
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	6.25	12.29
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	5.00	12.76
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	5.00	13.55
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.25	10.88

Fuente: Elaboración Propia

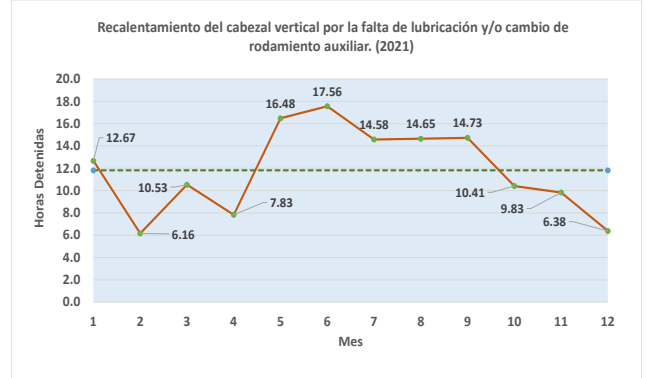
### 3.5. Gráficas de paradas y Horas detenidas por eventos NO programados en el año 2021

Gráfico N°7: N ° de Paradas en el Año 2021



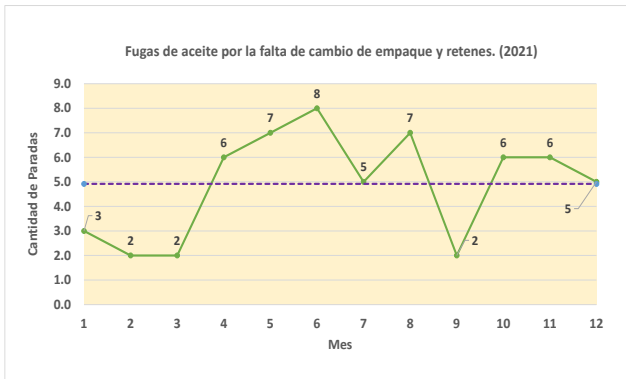
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°8: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021



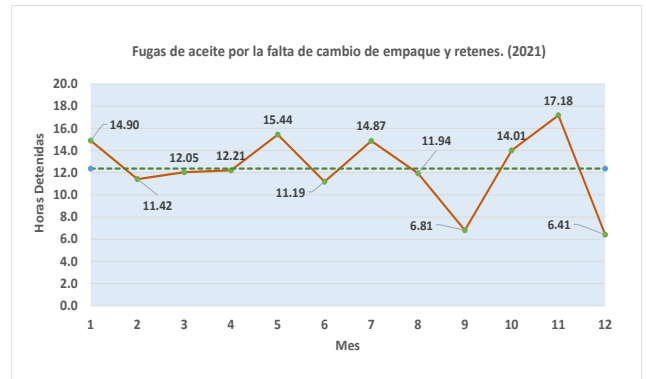
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°9: N ° de Paradas en el Año 2021



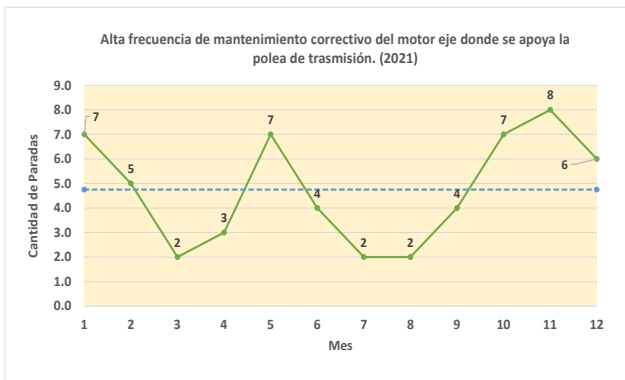
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°10: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021



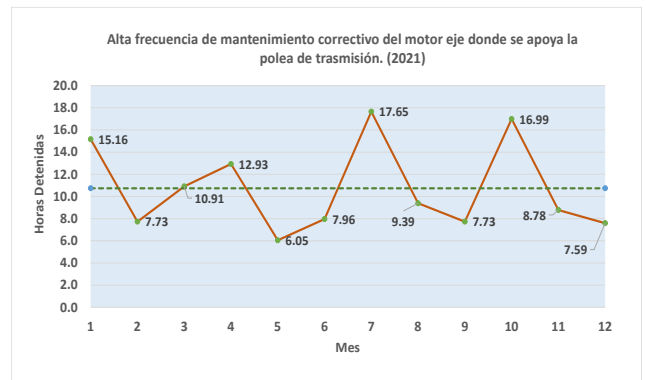
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°11: N ° de Paradas en el Año 2021



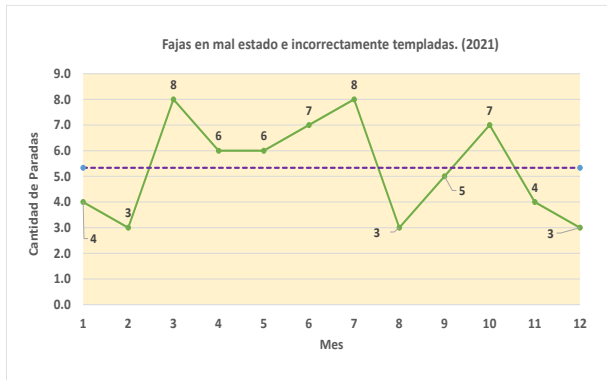
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°12: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021



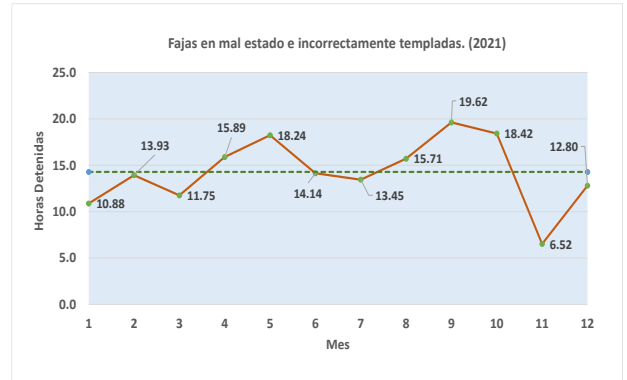
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°13:** N ° de Paradas en el Año 2021



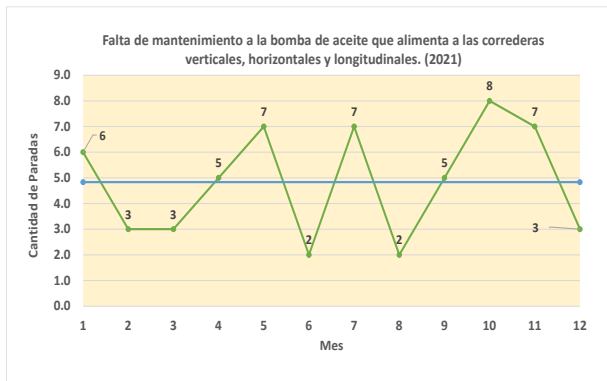
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°14:** Evolución de las horas detenidas en el Año 2021



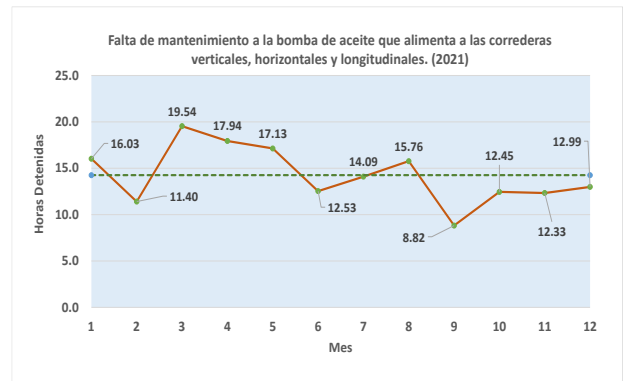
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°15:** N ° de Paradas en el Año 2021



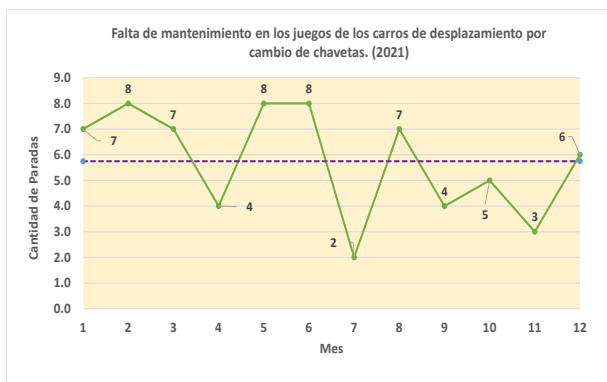
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°16:** Evolución de las horas detenidas en el Año 2021



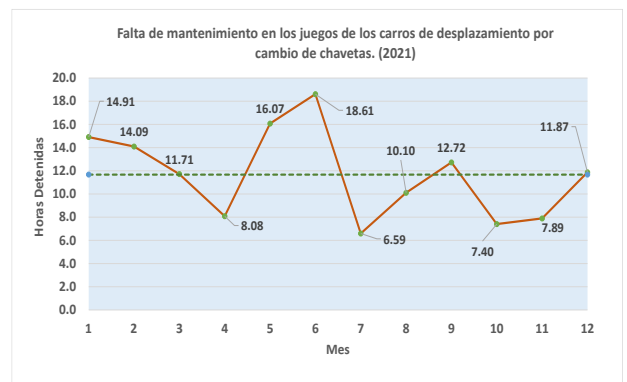
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°17:** N ° de Paradas en el Año 2021



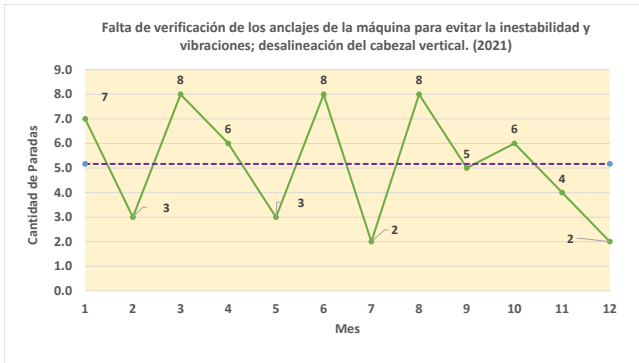
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°18:** Evolución de las horas detenidas en el Año 2021



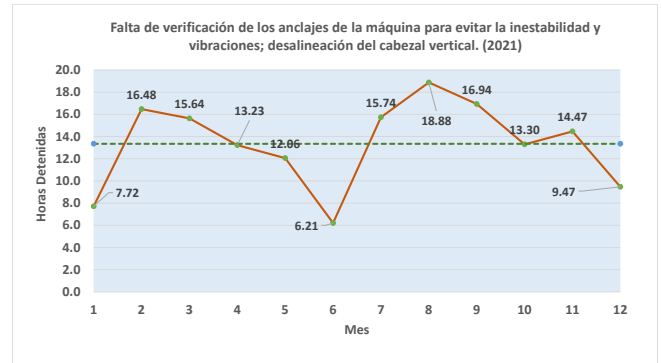
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°19: N ° de Paradas en el Año 2021



Fuente: Elaboración Propia

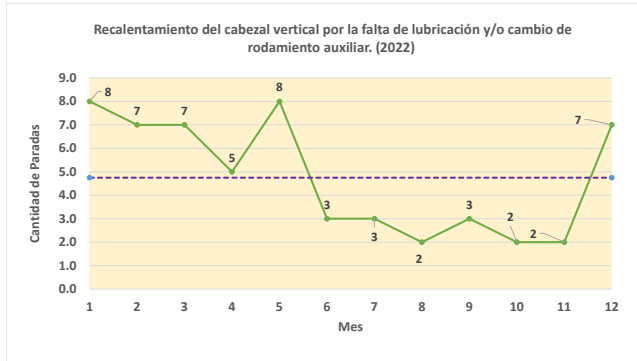
Gráfico N°20: Evolución de las horas detenidas en el Año 2021



Fuente: Elaboración Propia

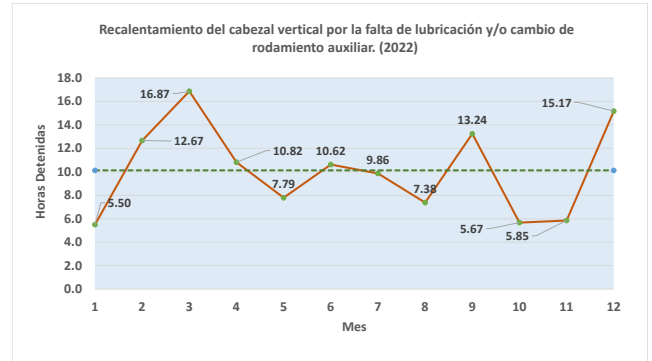
### 3.6. Gráficas de paradas y Horas detenidas por eventos NO programados en el año 2022

Gráfico N°21: N ° de Paradas en el Año 2022



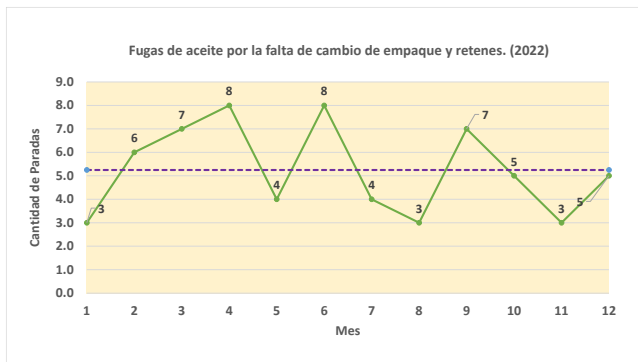
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°22: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022



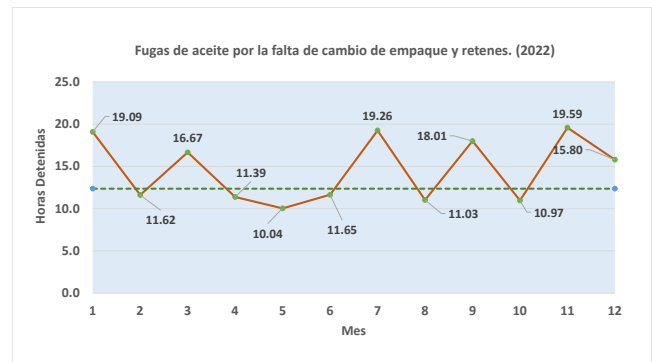
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°23: N ° de Paradas en el Año 2022



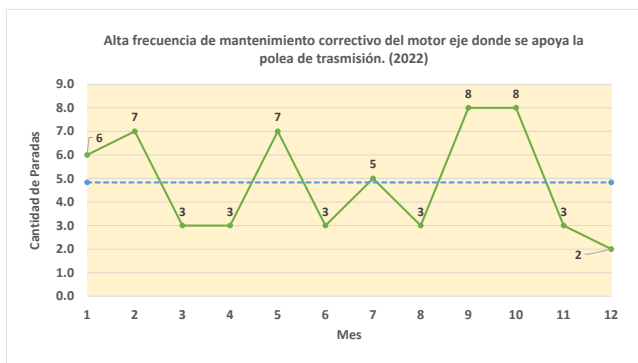
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°24: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022



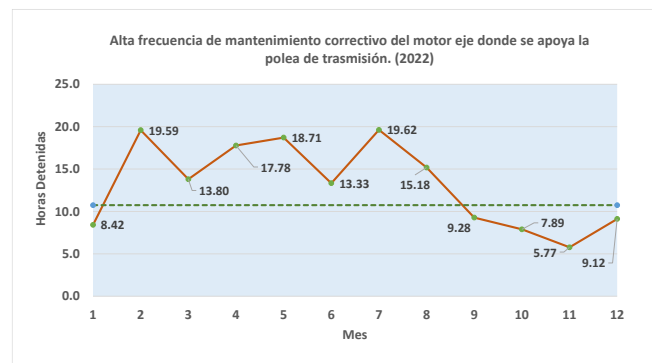
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°25: N ° de Paradas en el Año 2022



Fuente: Elaboración Propia

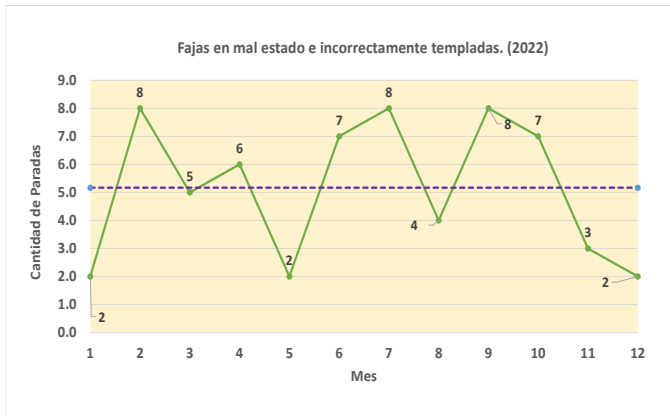
Gráfico N°26: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022



Fuente: Elaboración Propia

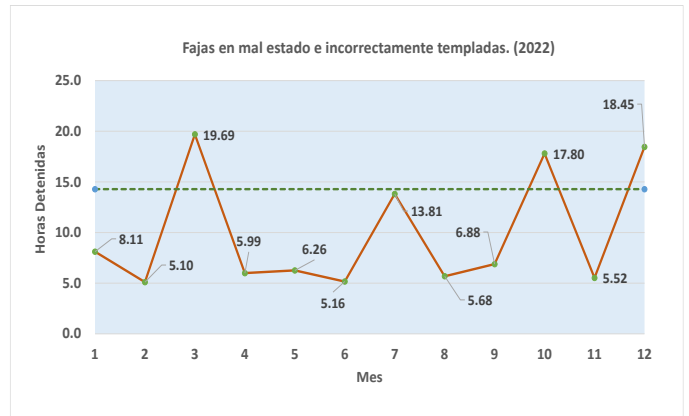


Gráfico N°27: N° de Paradas en el Año 2022



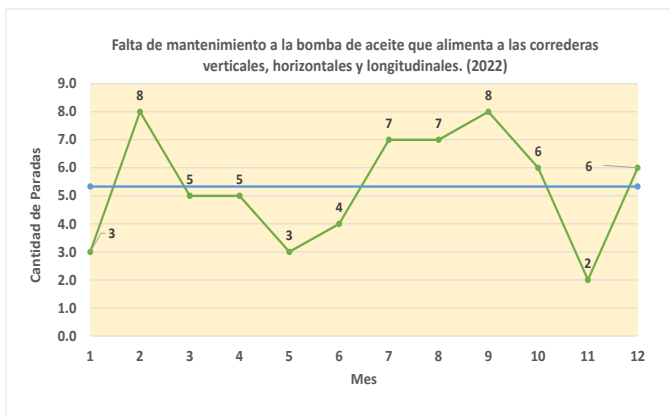
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°28: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022



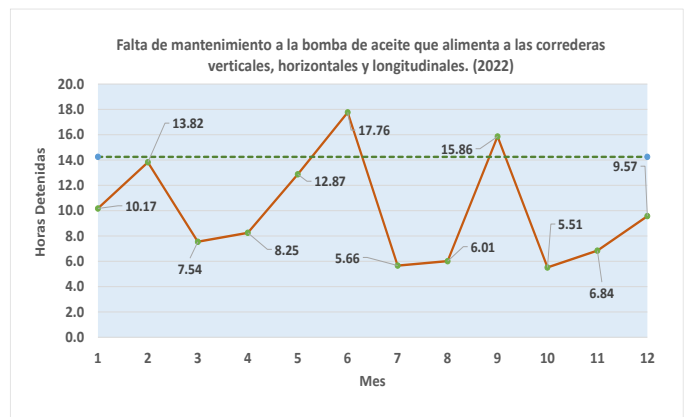
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°29: N° de Paradas en el Año 2022



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°30: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°31: N° de Paradas en el Año 2022

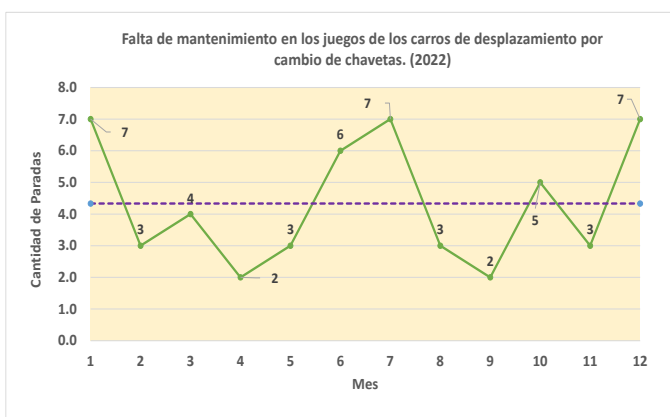
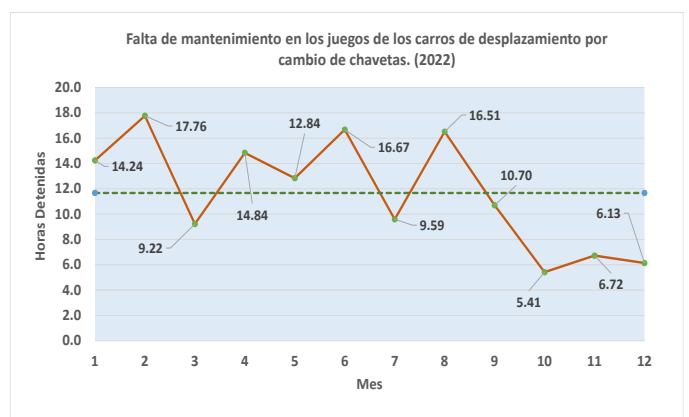
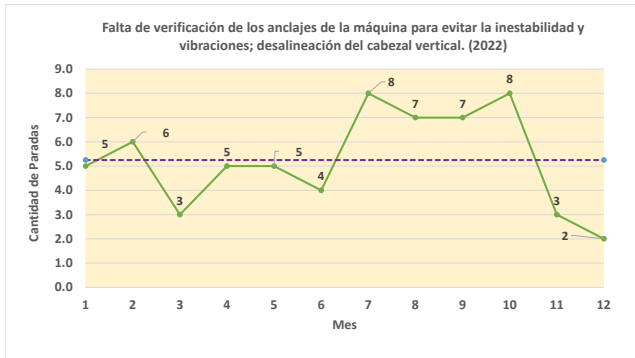


Gráfico N°32: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022



Fuente: Elaboración Propia

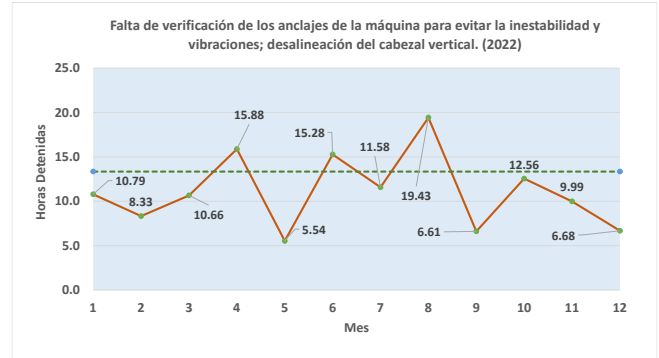
Gráfico N°33: N° de Paradas en el Año 2022



Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia

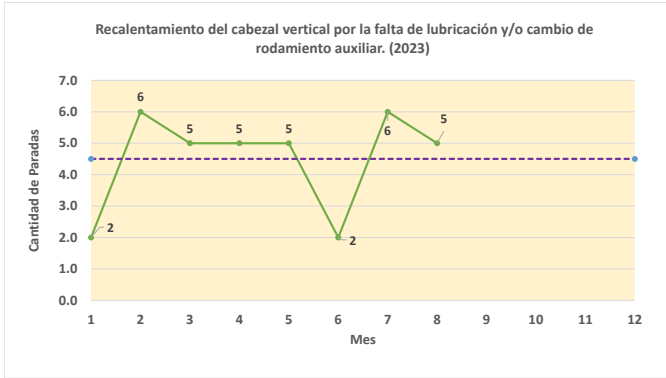
Gráfico N°34: Evolución de las horas detenidas en el Año 2022



Fuente: Elaboración Propia

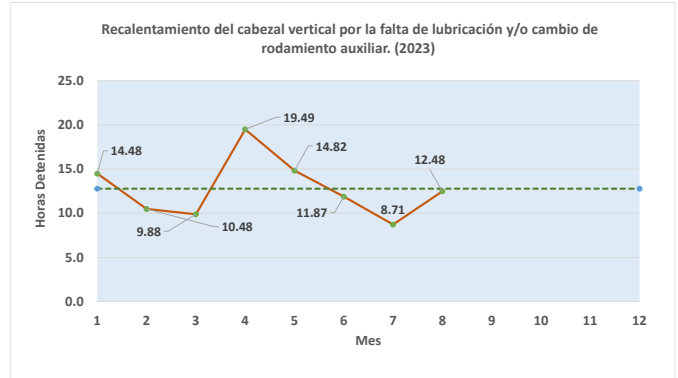
### 3.7. Gráficas de paradas y horas detenidas por evento NO programados en el año 2023

Gráfico N°35: N° de Paradas en el Año 2023



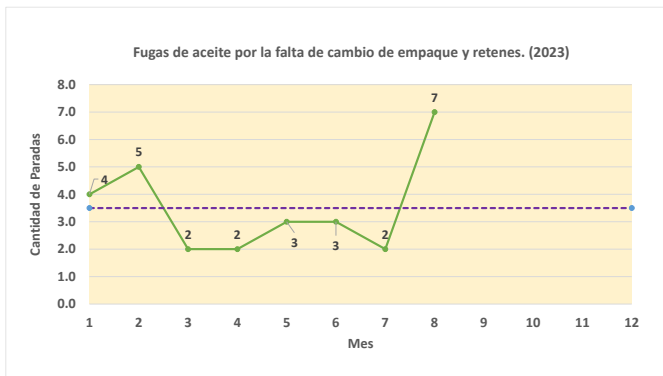
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°36: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023



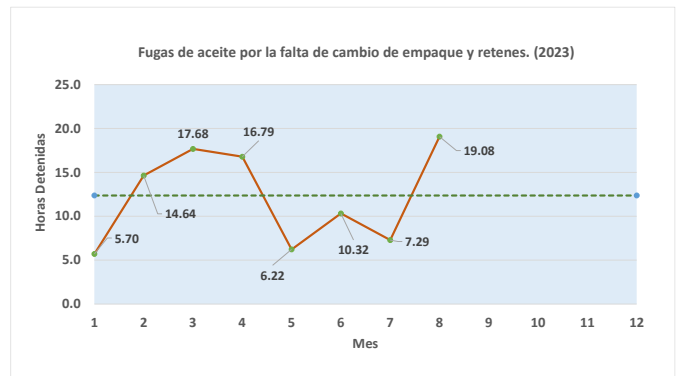
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°37: N° de Paradas en el Año 2023



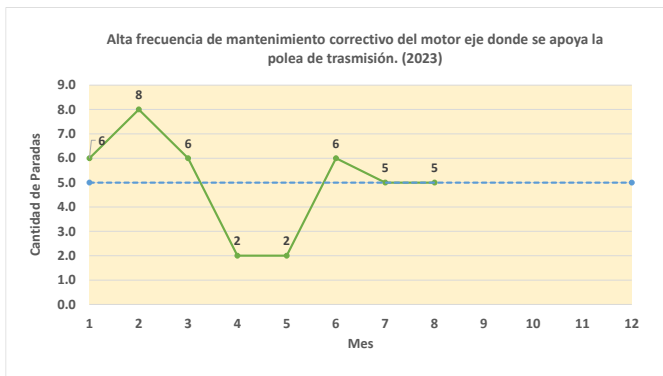
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°38: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023



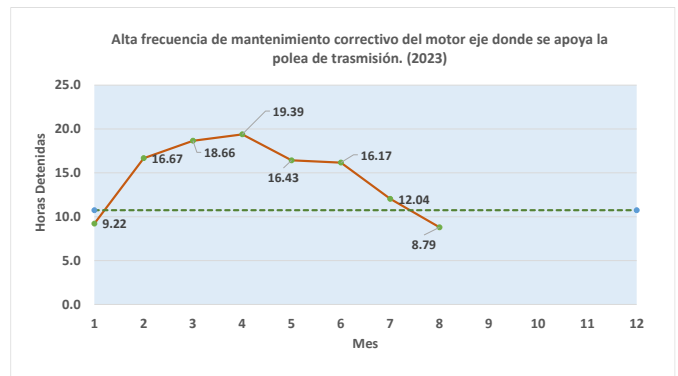
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°39: N° de Paradas en el Año 2023



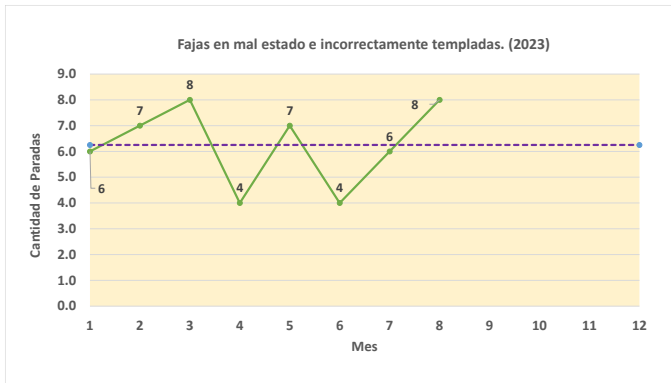
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°40: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023



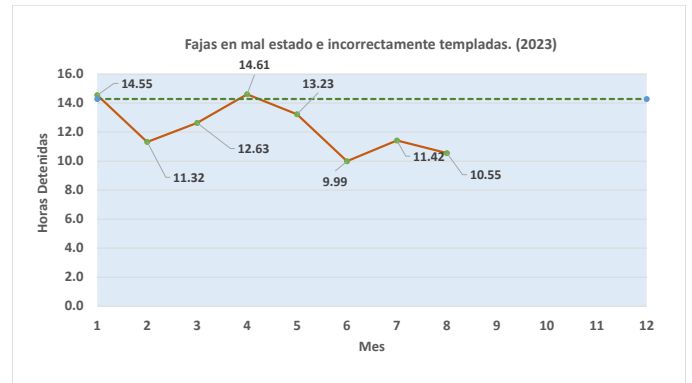
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°41: N° de Paradas en el Año 2023**



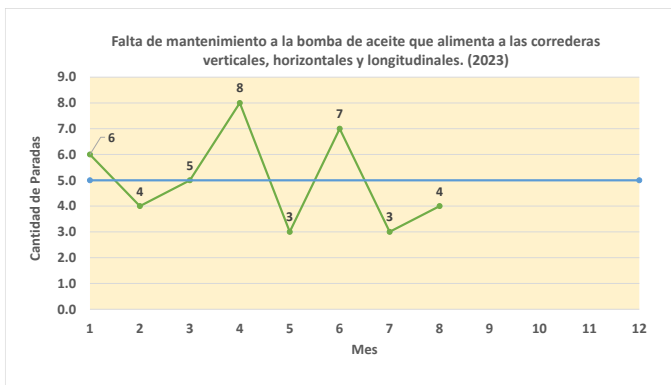
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°42: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023**



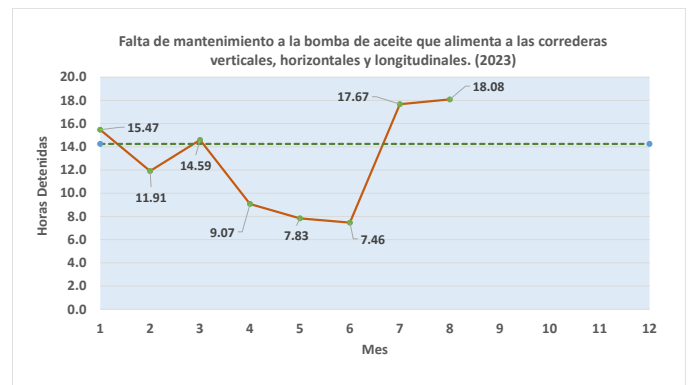
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°43: N° de Paradas en el Año 2023**



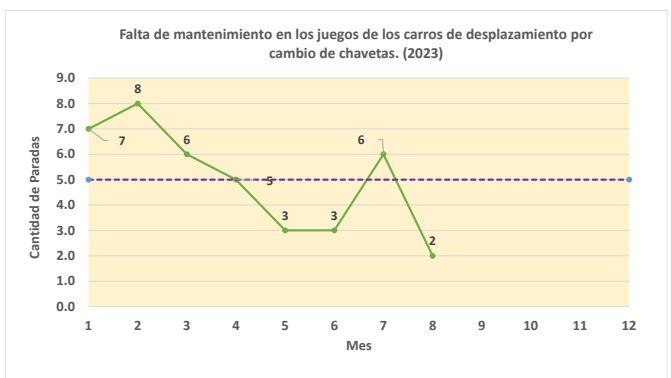
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°44: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023**



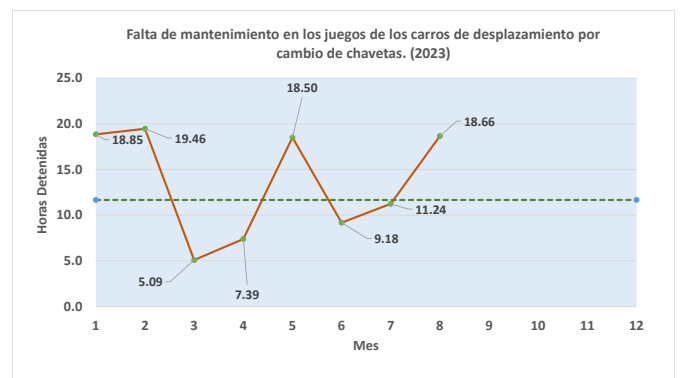
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°45: N° de Paradas en el Año 2023**



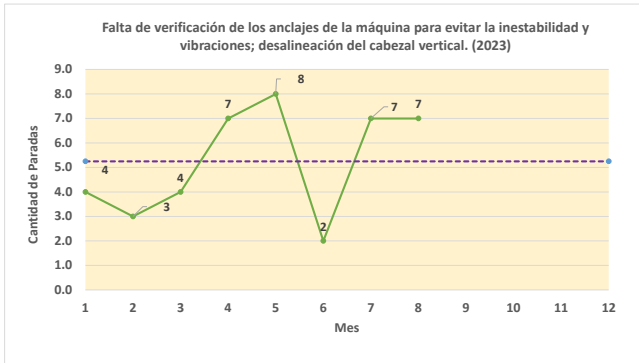
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°46: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023**



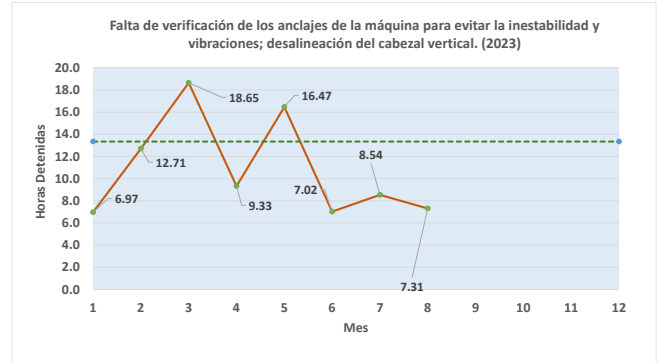
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°47: N° de Paradas en el Año 2023**



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N°48: Evolución de las horas detenidas en el Año 2023**



Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Diagnostico Actual del proceso de fabricación del molde de Sellado en la empresa Sepremac S.AC

En el periodo 2017 a agosto 2023, la organización ha llevado un control básico del mantenimiento correctivo de las máquinas fresadora N°1, fresadora N°2 y taladro de banco, equipos que son utilizados en la fabricación del molde de Sellado. Este control se realizó mediante ordenes de trabajo indicados en la Figura N°16 y Figura N°17, los cuales eran archivados de manera física en un portafolio el cual se guardaba en un almacén inapropiado, no permitiendo un acceso para la digitalización y posterior análisis estadístico a efecto de realizar proyecciones y metodologías de mejora en el plano del mantenimiento preventivo.

En el área de producción se aplicaba el formato de órdenes de trabajo en la que, los operadores que manipulaban las máquinas debían indicar la descripción del servicio y las observaciones de la jornada laboral y con ese documento, se pudo detectar y establecer 7 fallas continuas que se indicaron en la tablas N°4,5,6,7,8,9 y que nos permitió establecer una relación de fallas para desarrollar la propuesta del método gráfico del diagrama de Gantt de las fallas y así poder realizar un cronograma de mantenimiento preventivo mediante una hoja de cálculo computarizada y determinar el tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparar frecuencia de fallas, frecuencia de mantenimientos y tablas de costos.

*Figura N°19: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento*



Fuente: Elaboración Propia

*Figura N°20: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento de las fajas incorrectamente templados.*



Fuente: Elaboración Propia

*Figura N°21: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento del cambio de empaque y retenes*



Fuente: Elaboración Propia

El personal en campo realizaba el llenado de solicitud de ordenes de trabajo para el mantenimiento de las maquinas cuando se presentaba las fallas que posteriormente se hacia las correcciones y se archivaba y guardaba la documentación física en un almacén.

Figura N°22: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento correctivo del cabezal principal.

SEPREMAC S.A.C

**Orden de Trabajo** N° 001

Fecha : 10 agosto - 2023

Operador : Juan de la Cruz Sotelo

Area : Producción - Maestranza

Dirigido a : Richard de la Cruz

Descripción del servicio:

Maquina Fresadora No serie 53235  
Presenta recalentamiento en el cabezal  
principal por falta de lubricación.

Observaciones:

Cambio de aceite

*[Firma]*  
Firma  
Encargado / Jefe de area

Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°23: Mantenimiento correctivo del cabezal principal



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°24: Llenado de la Orden de Trabajo para mantenimiento correctivo por fuga de aceite en el cabezal

SEPREMAC S.A.C

**Orden de Trabajo** N° 002

Fecha : 25 agosto - 2023

Operador : Juan de la Cruz

Area : Maestranza

Dirigido a : Richard de la Cruz Sotelo

Descripción del servicio:

Fugas de aceite en el cabezal  
por empaques en mal estado

Observaciones:

Cambio de ratenes / orrines

*[Firma]*  
Firma  
Encargado / Jefe de area

Fuente: Sepremac S.A.C

Figura N°25: Mantenimiento correctivo por fuga de aceite en el cabezal



Fuente: Elaboración Propia



Figura N°26: Tablero de ubicación de Ordenes de trabajo para los mantenimientos de las máquinas



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°27: Supervisor de Producción



Fuente: Elaboración Propia

dado la información proporcionada en relación al tiempo en que se fueron realizando las ordenes de trabajo de los mantenimientos correctivos se procedió a seleccionar 07 fallas de mayor continuidad en la empresa que se indica en la tabla N°10 y poder ejecutar la propuesta de organizar los mantenimientos preventivos mediante un diagrama de Gantt de las fallas y así evaluar mediante los indicadores de gestión y ratios la optimización de las operaciones.

Tabla N°10: Cuadro General de fallas más continuas en Sepremac S.A.C

<b>Codigo</b>	<b>Descripción de la Falla en la Fresadora</b>
Falla N°1	: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.
Falla N°2	: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.
Falla N°3	: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de trasmisión.
Falla N°4	: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.
Falla N°5	: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.
Falla N°6	: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.
Falla N°7	: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.

Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 Costos producidos por las paradas inesperadas

Para obtener los costos que se generan cuando se presentan las paradas inesperadas en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac S.A.C, se toma como referencia las Tablas N° 4,5,6,7,8,9 que muestra de manera mensual la cantidad de veces que se detienen la fresadora N°1 y N°2 y el tiempo que implicó su NO utilización. Esta información recopilada se basa a los años 2021, 2022 y hasta agosto 2023. Tomando como base de cálculo enero – agosto 2023 se tiene como promedio 89.15 horas relacionados a las paradas de las máquinas y que están vinculados a las 7 fallas que han sido seleccionadas como eventos continuos. Esta cantidad de horas implica una pérdida económica de S/2300 soles mensuales por estos eventos inesperados.

Para efectos de obtener el cálculo del costo que se genera cuando se detiene por un evento NO programado las máquinas, se presenta en la tabla N°10 un cuadro general de los costos que la empresa incurre mensualmente de manera constante habiendo o no producción.

Tabla N°11: Cuadro General de Costos fijos por mes de la empresa Sepremac S.A.C

Costos Fijos	Soles / mes
Energía eléctrica	S/ 1,200.0
Conexión Internet	S/ 150.0
Consumo de Agua	S/ 300.0
Planilla de trabajadores	S/ 6,000.0
Alquiler de Local	S/ 3,500.0
Logística y Accesorios	S/ 950.0
<b>Total: S/ 12,100.0</b>	

Fuente: Sepremac S.A.C

A continuación, se presenta los cuadros y cálculos de los costos para los años 2021, 2022 y el periodo de enero a agosto del 2023 debido a las fallas que se presentaron en la empresa y que restaron capacidad productiva en el molde de sellado.

Tabla N°12: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en el año 2021.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual / 2021		Costo Anual
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	5.42	11.82	S/ 3,972.8
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	4.92	12.37	S/ 4,157.7
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	4.75	10.74	S/ 3,609.8
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	5.33	14.28	S/ 4,799.7
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	4.83	14.25	S/ 4,789.6
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	5.75	11.67	S/ 3,922.4
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.17	13.35	S/ 4,487.1
<b>Total en el mes:</b>	<b>36.17</b>	<b>88.48</b>	<b>S/ 29,739.1</b>

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del costo fijo incurrido Globalizado para el año 2021 en cuanto a la parada de las máquinas por las fallas indicadas en la tabla N°11.

$$12,100 \frac{\text{soles}}{\text{mes}} \times \frac{\text{mes}}{24 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{1 \text{ jornada laboral}} \times \frac{1 \text{ jornada laboral}}{18 \text{ horas}} \times \frac{88.48 \text{ horas}}{1 \text{ mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$29,739.1 \frac{\text{soles}}{\text{año}}$$

En la tabla N°12 se puede observar el cálculo del costo para cada falla que en su globalidad para el año 2021 fue de 29,739.1 soles que la empresa tuvo que afrontar por el mantenimiento correctivo de las máquinas.

En el cálculo se está considerando 18 horas en la jornada laboral debido a que son 2 operadores que trabajan para la producción exclusiva de los moldes de sellado.

Tabla N°13: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en el año 2022.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual / 2022		Costo Anual
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	4.75	10.12	S/ 3,401.4
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	5.25	14.59	S/ 4,903.9
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	4.83	13.21	S/ 4,440.0
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	5.17	9.87	S/ 3,317.4
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	5.33	9.99	S/ 3,357.8
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	4.33	11.72	S/ 3,939.2
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.25	11.11	S/ 3,734.2
<b>Total en el mes:</b>	<b>34.91</b>	<b>80.61</b>	<b>S/ 27,093.9</b>

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del costo fijo incurrido Globalizado para el año 2022 en cuanto a la parada de las máquinas por las fallas indicadas en la tabla N°12.

$$12,100 \frac{\text{soles}}{\text{mes}} \times \frac{\text{mes}}{24 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{1 \text{ jornada laboral}} \times \frac{1 \text{ jornada laboral}}{18 \text{ horas}} \times \frac{80.61 \text{ horas}}{1 \text{ mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 27,093.1 \frac{\text{soles}}{\text{año}}$$

En la tabla N°13 se puede observar el cálculo del costo para cada falla que en su globalidad para el año 2022 fue de 27,093.9 soles que la empresa tuvo que afrontar por el mantenimiento correctivo de las máquinas.

En el cálculo se está considerando 18 horas en la jornada laboral debido a que son 2 operadores que trabajan para la producción exclusiva de los moldes de sellado.

Tabla N°14: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en el periodo enero a agosto 2023.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual / 2023		Costo Anual
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	
1: Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	4.5	12.78	S/ 4,295.5
2: Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	3.5	12.22	S/ 4,107.3
3: Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de trasmisión.	5	14.67	S/ 4,930.8
4: Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	6.25	12.29	S/ 4,130.8
5: Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	5	12.76	S/ 4,288.8
6: Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	5	13.55	S/ 4,554.3
7: Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.25	10.88	S/ 3,656.9
<b>Total en el mes:</b>	<b>34.5</b>	<b>89.15</b>	<b>S/ 29,964.3</b>

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del costo fijo incurrido Globalizado para el año 2023 (enero - agosto) en cuanto a la parada de las máquinas por las fallas indicadas en la tabla N°13.

$$12,100 \frac{\text{soles}}{\text{mes}} \times \frac{\text{mes}}{24 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{1 \text{ jornada laboral}} \times \frac{1 \text{ jornada laboral}}{18 \text{ horas}} \times \frac{89.15 \text{ horas}}{1 \text{ mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 29,964.3 \frac{\text{soles}}{\text{año}}$$

En la tabla N°14 se puede observar el cálculo del costo para cada falla que en su globalidad para el año 2023 (enero - agosto) fue de 29,964.3 soles que la empresa tuvo que afrontar por el mantenimiento correctivo de las máquinas.

En el cálculo se está considerando 18 horas en la jornada laboral debido a que son 2 operadores que trabajan para la producción exclusiva de los moldes de sellado.

### 4.3 Propuesta de Plan de Mantenimiento

Para dar inicio a la propuesta del plan de mantenimiento preventivo y minimizar las paradas inesperadas de las máquinas en el proceso de fabricación del molde de sellado en la empresa Sepremac S.A.C, se realizaron los siguientes procedimientos:

4.3.1 indicar en un formato digital el promedio de fallas mensuales más frecuentes presentadas en las ordenes de trabajo y poder seleccionar las de alta frecuencia y hacer la propuesta del plan de mantenimiento preventivo basado a ello.

Tabla N°15: Cuadro General de promedios de fallas mensuales en la empresa Sepremac S.A.C desde el año 2021 al 2023 para la producción del molde de Sellado.

Fallas Encontradas	Promedio de Fallas / mes
Ver estado del cabezal de husillo	1.67
Verificar estado de palancas, volantes y	1.25
Verificar sujeción motor principal del equipo	1.14
Verificar estado de los topes final de carrera de la	1.05
Verificar que no se presenten fugas de aceite en	0.85
<b>Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar. (*)</b>	<b>4.89</b>
Ver el estado de la ménsula	0.72
<b>Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes. (*)</b>	<b>4.56</b>
Ver estado de la caja de avances	1.55
Ver estado de la mesa longitudinal y transversal	1.78
Verificar estado de la bomba de lubricación	1.08
<b>Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de trasmisión. (*)</b>	<b>4.86</b>
Realizar limpieza del filtro de aspiración de la	0.31
<b>Fajas en mal estado e incorrectamente templadas. (*)</b>	<b>5.58</b>
Revisar sistema de refrigeración, tanque,	0.56
<b>Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales. (*)</b>	<b>5.05</b>
Revisar el estado de los accesorios de la máquina	1.14
Lubricar torillos de la mesa	1.78
<b>Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas. (*)</b>	<b>5.03</b>
Limpiar cuidadosamente cada una de las partes externas e internas de la máquina	0.83
Cambio de aceite cabezal del husillo	0.01
<b>Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical. (*)</b>	<b>5.22</b>
Lubricación cojinete motor de la máquina	0.99
Limpieza de los filtros del sistema de lubricación	1.56
Inspección de anclaje y pintura	0.95
Revisión exhaustiva de la parte mecánica de la máquina	0.15
Verificar estado de contactores, interruptores, reles y cableado eléctrico	1.50
Revisar correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal	0.83
Revisar que el motor no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal	1.88
Revisar motor caja de avance de la mesa no presente ruidos y recalentamiento anormal	1.54
Revisar ventilador del motor principal	0.94
Medir y registrar el valor de la corriente de consumo del motor principal	0.44
Verificar sistema de alumbrado	0.65
Revisión general y exhaustiva de los motores eléctricos	1.56

(\*) : Falla Seleccionada para el análisis del presente documento.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°16: diagrama de Gantt para el mantenimiento preventivo de las fallas más frecuentes en Sepremac S.A.C para la producción del molde de Sellado.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Septiembre / 2023				Octubre / 2023				Noviembre / 2023				Diciembre / 2023				
	Semana N°1	Semana N°2	Semana N°3	Semana N°4	Semana N°1	Semana N°2	Semana N°3	Semana N°4	Semana N°1	Semana N°2	Semana N°3	Semana N°4	Semana N°1	Semana N°2	Semana N°3	Semana N°4	
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.		X				X	X	X					X	X	X	X	X
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.		X	X			X	X							X	X		
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de trasmisión.			X	X		X		X		X	X	X	X				X
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	X	X		X					X	X				X			X
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	X		X					X				X			X	X	X
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.		X	X						X			X					X
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.			X	X		X	X	X	X	X			X	X	X		

Fuente: Elaboración Propia



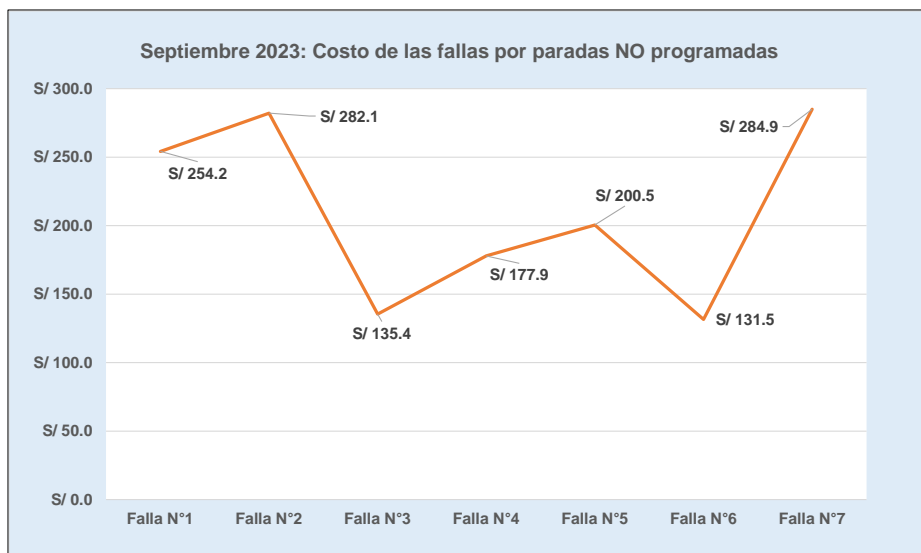
**4.3.2 Realización de cuadros de resultados para los meses de setiembre al 15 de diciembre del 2023 correspondiente a las horas detenidas y costos obtenidos que se obtuvo luego de ir haciendo y fortaleciendo una metodología de trabajo, que, para nuestro caso, es el diagrama de Gantt aplicado al mantenimiento preventivo de las 07 fallas identificadas en Sepremac S.A.C.**

Tabla N°17: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en Setiembre 2023.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Septiembre / 2023								Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	Costo mensual
	Semana N°1		Semana N°2		Semana N°3		Semana N°4				
	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)			
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	0	0.00	1	12.01	2	12.32	4	11.97	1.75	9.08	S/ 254.2
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	2	12.99	3	11.37	2	10.23	4	5.70	2.75	10.07	S/ 282.1
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	1	1.65	3	5.13	2	12.56	0	0.00	1.50	4.84	S/ 135.4
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	3	2.99	2	10.44	3	10.06	2	1.92	2.50	6.35	S/ 177.9
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	1	8.25	1	11.68	4	1.19	3	7.51	2.25	7.16	S/ 200.5
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	2	7.33	4	11.45	0	0.00	0	0.00	1.50	4.70	S/ 131.5
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	2	12.28	4	5.83	2	12.75	2	9.83	2.50	10.17	S/ 284.9
<b>Total en el mes:</b>									<b>14.75</b>	<b>52.36</b>	<b>S/ 1,466.6</b>

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°49: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de septiembre 2023



Fuente: Elaboración Propia

En el mes de septiembre 2023 se comenzó a ejecutar las acciones de mantenimiento preventivo de acuerdo al cronograma de tiempos en la que se organiza las fallas

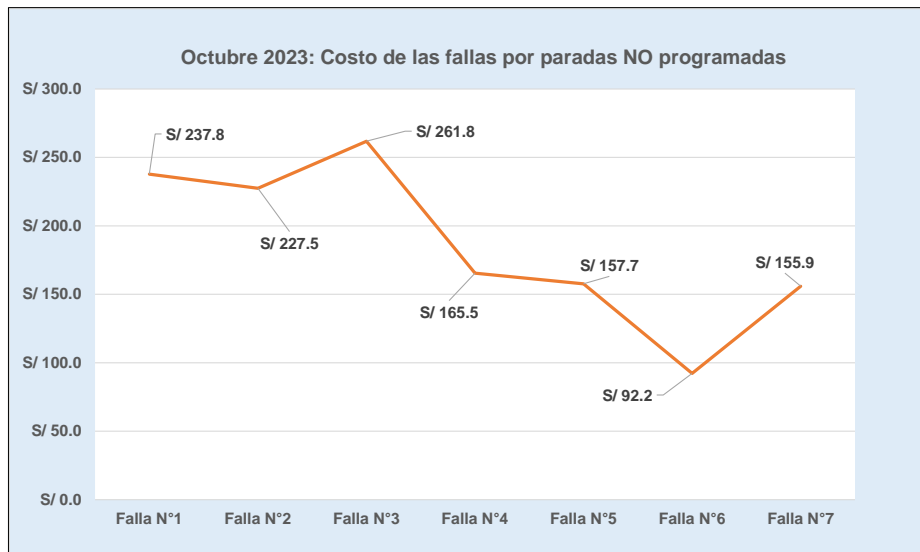
seleccionadas en la tabla N°10, obteniéndose que se redujo un 60.84% en el costo mensual en comparación con el promedio mensual de enero - agosto 2023.

Tabla N°18: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en octubre 2023.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Octubre / 2023								Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	Costo mensual
	Semana N°1		Semana N°2		Semana N°3		Semana N°4				
	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)			
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	1	10.13	1	12.19	3	9.66	3	1.98	2.00	8.49	S/ 237.8
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	4	12.53	2	9.62	0	0.00	1	10.34	1.75	8.12	S/ 227.5
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la patea de trasmisión.	3	7.18	2	7.35	2	11.64	3	11.22	2.50	9.35	S/ 261.8
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	0	0.00	3	11.50	4	11.05	1	1.08	2.00	5.91	S/ 165.5
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	3	7.23	4	3.16	0	0.00	3	12.13	2.50	5.63	S/ 157.7
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	3	5.62	2	1.05	1	6.50	0	0.00	1.50	3.29	S/ 92.2
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	3	8.47	0	0.00	2	5.62	1	8.18	1.50	5.57	S/ 155.9
<b>Total en el mes:</b>									<b>13.75</b>	<b>46.36</b>	<b>S/ 1,298.4</b>

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°50: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de octubre 2023



Fuente: Elaboración Propia

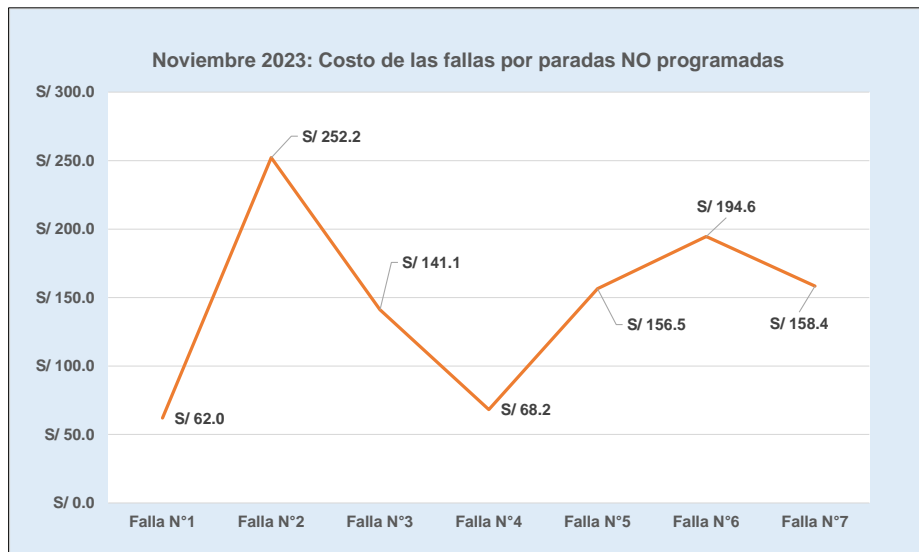
En el mes de octubre 2023 las acciones de mantenimiento preventivo de acuerdo al cronograma de tiempos en la que se organiza las fallas seleccionadas en la tabla N°10, se obtuvo una disminución de un 11.47% en el costo mensual en comparación con el mes de septiembre 2023.

Tabla N°19: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en noviembre 2023.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Noviembre / 2023								Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	Costo mensual
	Semana N°1		Semana N°2		Semana N°3		Semana N°4				
	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)			
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	4	6.85	0	0.00	0	0.00	4	2.00	2.00	2.21	S/ 62.0
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	4	5.42	2	9.33	2	11.85	1	9.41	2.25	9.00	S/ 252.2
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	3	7.57	3	7.36	1	2.94	1	2.28	2.00	5.04	S/ 141.1
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	2	4.18	4	5.56	0	0.00	0	0.00	1.50	2.44	S/ 68.2
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	4	5.62	3	12.14	0	0.00	3	4.59	2.50	5.59	S/ 156.5
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	4	7.19	1	8.27	0	0.00	3	12.33	2.00	6.95	S/ 194.6
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	1	9.96	1	12.66	0	0.00	0	0.00	0.50	5.66	S/ 158.4
<b>Total en el mes:</b>									<b>12.75</b>	<b>36.88</b>	<b>S/ 1,032.9</b>

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°51: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de noviembre 2023



Fuente: Elaboración Propia

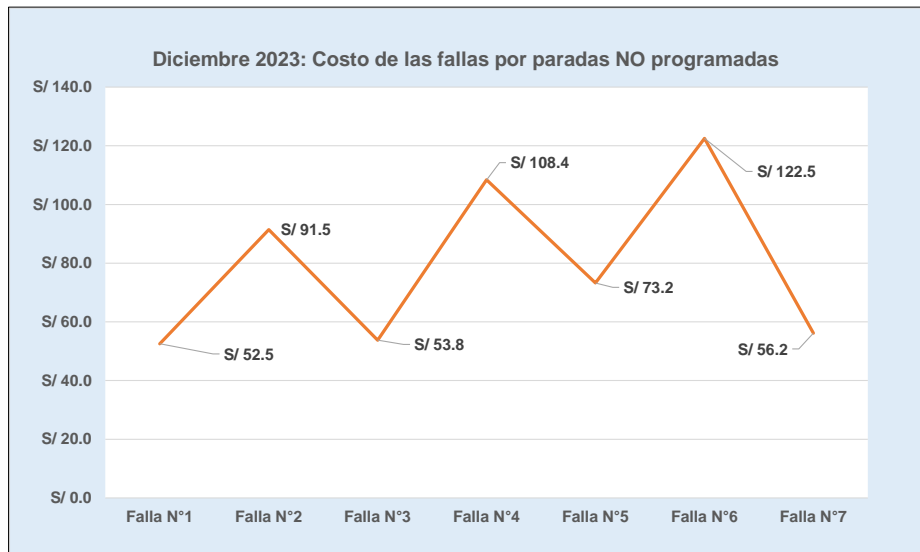
En el mes de noviembre 2023 las acciones de mantenimiento preventivo de acuerdo al cronograma de tiempos en la que se organiza las fallas seleccionadas en la tabla N°10, se obtuvo una disminución de un 20.45% en el costo mensual en comparación con el mes de octubre 2023.

Tabla N°20: Cuadro General de Costos fijos que se asume por las NO utilización de las máquinas en la producción del molde de Sellado en diciembre 2023.

Descripción de la Falla en la Fresadora	Diciembre / 2023								Costo mensual		
	Semana N°1		Semana N°2		Semana N°3		Semana N°4				
	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)	Cantidad	Tiempo Total (Horas)			
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	2	1.00	3	2.75					2.50	1.88	S/ 52.5
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	2	2.22	3	4.31					2.50	3.27	S/ 91.5
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	0	0.00	3	3.84					1.50	1.92	S/ 53.8
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	4	2.19	2	5.55					3.00	3.87	S/ 108.4
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	0	0.00	3	5.23					1.50	2.62	S/ 73.2
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	3	8.75	0	0.00					1.50	4.38	S/ 122.5
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	0	0.00	3	4.01					1.50	2.01	S/ 56.2
<b>Total en el mes:</b>									<b>14</b>	<b>19.93</b>	<b>S/ 558.1</b>

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°52: Variación de los costos incurridos por las fallas en el mes de diciembre 2023



Fuente: Elaboración Propia

En el mes de diciembre 2023 (primera quincena) las acciones de mantenimiento preventivo de acuerdo al cronograma de tiempos en la que se organiza las fallas seleccionadas en la tabla N°10, se obtuvo una disminución de un 45.97% en el costo mensual en comparación con el mes de noviembre 2023.

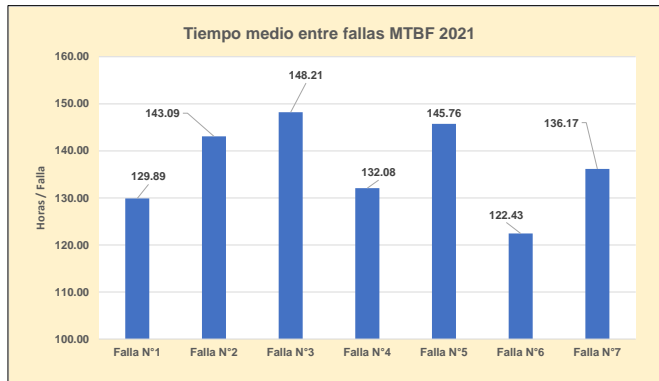
### 4.3.3 Cálculos de los indicadores de gestión MTBF (tiempo medio entre fallas) y MTTR (tiempo medio para reparar)

Tabla N°21: Cuadro General del MTBF y MTTR para el año 2021 en la producción del molde de Sellado

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual / 2021		Indicadores de Gestión			
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	MTBF [horas / Falla]	Tasa de Fallas [Fallas/hora]	MTTR [horas / Falla]	Tasa de Reparaciones [Fallas/hora]
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	5.42	11.82	129.89	0.0077	2.18	0.46
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	4.92	12.37	143.09	0.0070	2.51	0.40
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	4.75	10.74	148.21	0.0067	2.26	0.44
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	5.33	14.28	132.08	0.0076	2.68	0.37
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	4.83	14.25	145.76	0.0069	2.95	0.34
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	5.75	11.67	122.43	0.0082	2.03	0.49
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.17	13.35	136.17	0.0073	2.58	0.39
<b>Promedio Total en el mes:</b>	<b>36.17</b>	<b>88.48</b>	<b>136.25</b>	<b>0.0073</b>	<b>2.45</b>	<b>0.41</b>

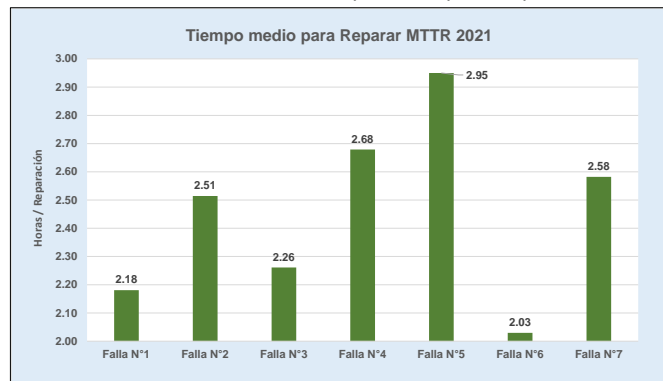
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°53: Variación del tiempo medio entre Fallas 2021



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°54: Variación del tiempo medio para Reparar 2021



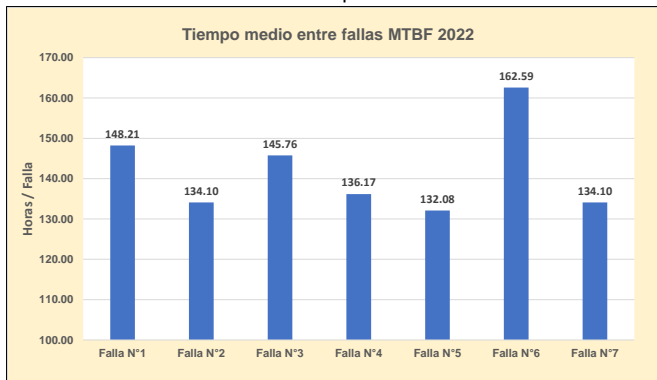
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°22: Cuadro General del MTBF y MTTR para el año 2022 en la producción del molde de Sellado

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual / 2022		Indicadores de Gestión			
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	MTBF [horas / Falla]	Tasa de Fallas [Fallas/hora]	MTTR [horas / Falla]	Tasa de Reparaciones [Fallas/hora]
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	4.75	10.12	148.21	0.0067	2.13	0.47
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	5.25	14.59	134.10	0.0075	2.78	0.36
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	4.83	13.21	145.76	0.0069	2.73	0.37
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	5.17	9.87	136.17	0.0073	1.91	0.52
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	5.33	9.99	132.08	0.0076	1.87	0.53
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	4.33	11.72	162.59	0.0062	2.71	0.37
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.25	11.11	134.10	0.0075	2.12	0.47
<b>Promedio Total en el mes:</b>	<b>34.91</b>	<b>80.61</b>	<b>141.16</b>	<b>0.0071</b>	<b>2.31</b>	<b>0.43</b>

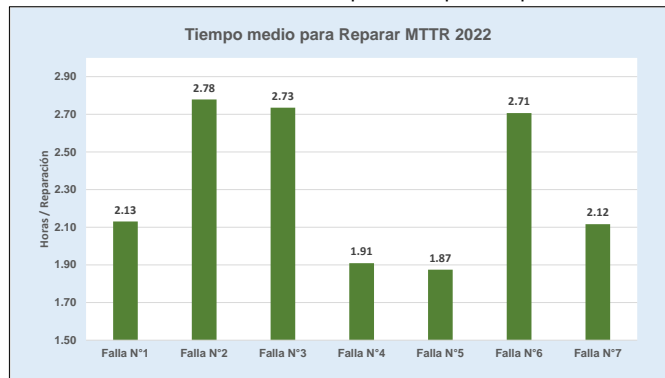
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°55: Variación del tiempo medio entre Fallas 2022



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°56: Variación del tiempo medio para Reparar 2022



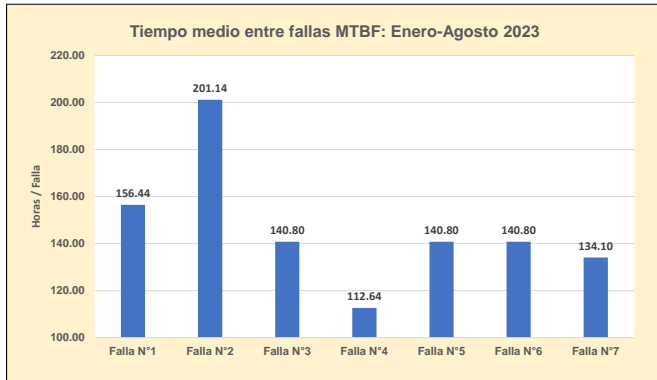
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°23: Cuadro General del MTBF y MTTR para el año 2023 (enero – Agosto) en la producción del molde de Sellado

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual / Enero-Agosto 2023		Indicadores de Gestión			
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	MTBF [horas / Falla]	Tasa de Fallas [Fallas/hora]	MTTR [horas / Falla]	Tasa de Reparaciones [Fallas/hora]
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	4.5	12.78	156.44	0.0064	2.84	0.35
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	3.5	12.22	201.14	0.0050	3.49	0.29
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	5	14.67	140.80	0.0071	2.93	0.34
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	6.25	12.29	112.64	0.0089	1.97	0.51
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	5	12.76	140.80	0.0071	2.55	0.39
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	5	13.55	140.80	0.0071	2.71	0.37
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	5.25	10.88	134.10	0.0075	2.07	0.48
<b>Promedio Total en el mes:</b>	<b>34.5</b>	<b>89.15</b>	<b>142.84</b>	<b>0.0070</b>	<b>2.58</b>	<b>0.39</b>

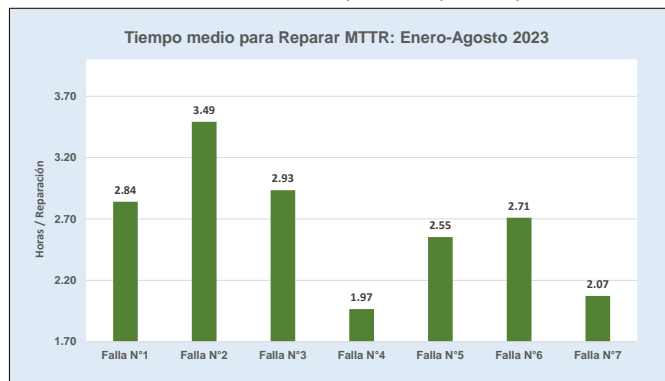
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°57: Variación del tiempo medio entre Fallas 2023



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°58: Variación del tiempo medio para Reparar 2023



Fuente: Elaboración Propia

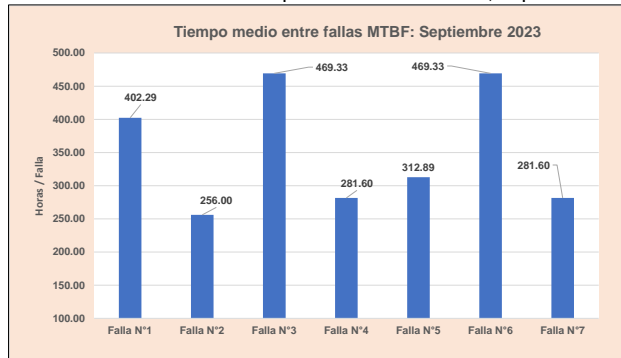
**4.3.4 Cálculos de los indicadores de gestión MTBF (tiempo medio entre fallas) y MTTR (tiempo medio para reparar) para los meses de septiembre, octubre, noviembre y quincena de diciembre 2023 en la que se evaluaron los ratios obtenidos por la aplicación de un cronograma de mantenimiento preventivo de la tabla N°16 en la empresa Sepremac S.A.C.**

Tabla N°24: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de septiembre 2023 en la producción del molde de Sellado

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual Septiembre 2023		Indicadores de Gestión			
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	MTBF [horas / Falla]	Tasa de Fallas [Fallas/hora]	MTTR [horas / Falla]	Tasa de Reparaciones [Fallas/hora]
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	1.75	9.08	402.29	0.0025	5.19	0.19
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	2.75	10.07	256.00	0.0039	3.66	0.27
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la patea de trasmisión.	1.5	4.84	469.33	0.0021	3.22	0.31
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	2.5	6.35	281.60	0.0036	2.54	0.39
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	2.25	7.16	312.89	0.0032	3.18	0.31
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	1.5	4.70	469.33	0.0021	3.13	0.32
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	2.5	10.17	281.60	0.0036	4.07	0.25
<b>Promedio Total en el mes:</b>	<b>14.75</b>	<b>52.36</b>	<b>334.10</b>	<b>0.0030</b>	<b>3.55</b>	<b>0.28</b>

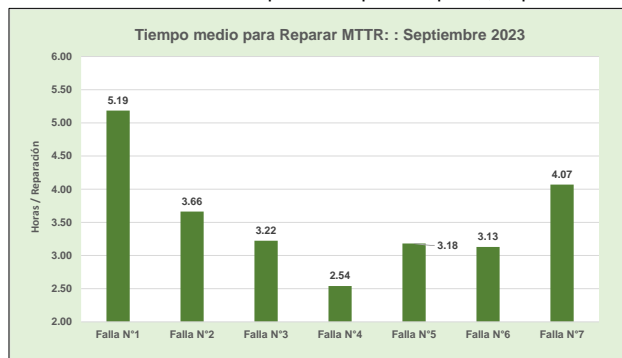
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°59: Variación del tiempo medio entre Fallas, septiembre 2023



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°60: Variación del tiempo medio para Reparar, septiembre 2023



Fuente: Elaboración Propia

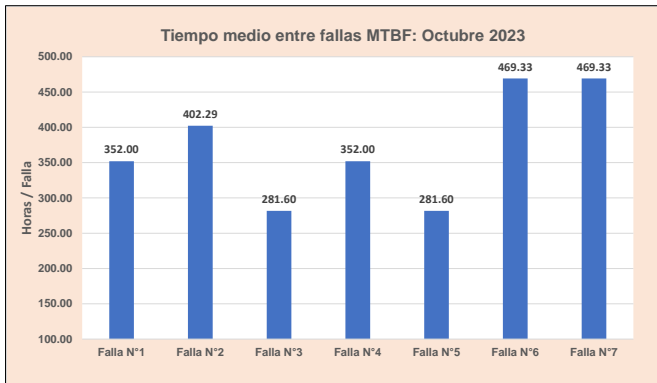


Tabla N°25: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de octubre 2023 en la producción del molde de Sellado

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual Octubre 2023		Indicadores de Gestión			
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	MTBF (horas / Falla)	Tasa de Fallos (Fallos/hora)	MTTR (horas / Falla)	Tasa de Reparaciones (Fallos/hora)
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	2	8.49	352.00	0.0028	4.25	0.24
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	1.75	8.12	402.29	0.0025	4.64	0.22
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	2.5	9.35	281.60	0.0036	3.74	0.27
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	2	5.91	352.00	0.0028	2.95	0.34
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	2.5	5.63	281.60	0.0036	2.25	0.44
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	1.5	3.29	469.33	0.0021	2.20	0.46
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	1.5	5.57	469.33	0.0021	3.71	0.27
<b>Promedio Total en el mes:</b>	<b>13.75</b>	<b>46.3575</b>	<b>358.40</b>	<b>0.0028</b>	<b>3.37</b>	<b>0.30</b>

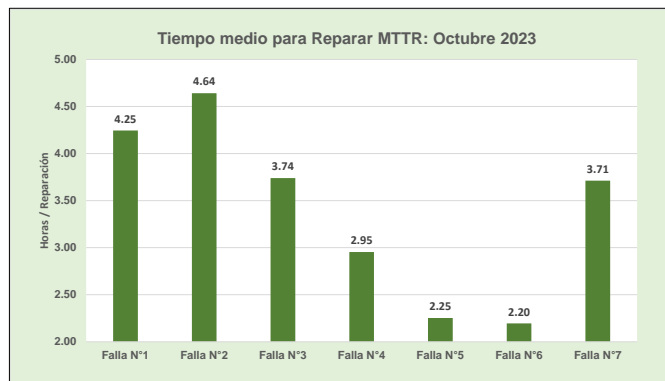
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°61: Variación del tiempo medio entre Fallas, octubre 2023



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°62: Variación del tiempo medio para Reparar, octubre 2023



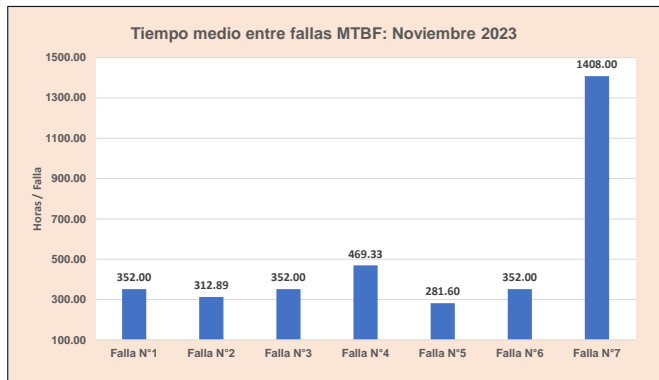
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°26: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de noviembre 2023 en la producción del molde de Sellado

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual Noviembre 2023		Indicadores de Gestión			
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	MTBF [horas / Falla]	Tasa de Fallas [Fallas/hora]	MTTR [horas / Falla]	Tasa de Reparaciones [Fallas/hora]
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	2	2.21	352.00	0.0028	1.11	0.90
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	2.25	9.00	312.89	0.0032	4.00	0.25
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de trasmisión.	2	5.04	352.00	0.0028	2.52	0.40
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	1.5	2.44	469.33	0.0021	1.62	0.62
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	2.5	5.59	281.60	0.0036	2.24	0.45
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	2	6.95	352.00	0.0028	3.47	0.29
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	0.5	5.66	1408.00	0.0007	11.31	0.09
<b>Promedio Total en el mes:</b>	<b>12.75</b>	<b>36.8775</b>	<b>386.51</b>	<b>0.0026</b>	<b>2.89</b>	<b>0.35</b>

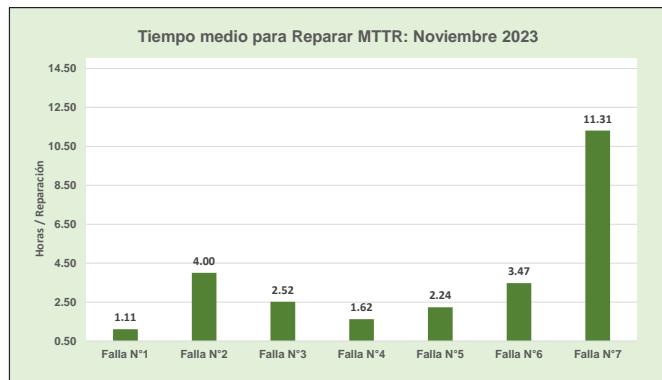
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°63: Variación del tiempo medio entre Fallas, noviembre 2023



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°64: Variación del tiempo medio para Reparar, noviembre 2023



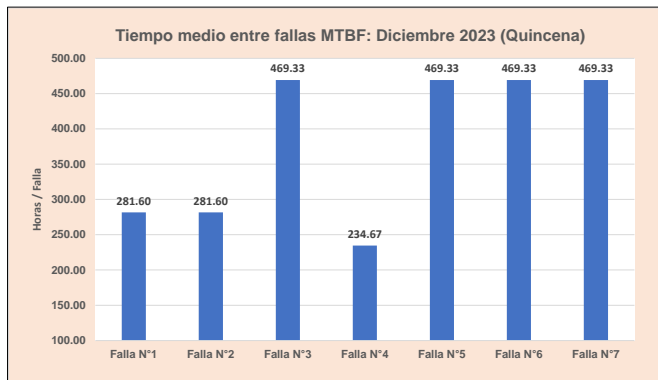
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°27: Cuadro General del MTBF y MTTR para el mes de diciembre 2023 (Quincena) en la producción del molde de Sellado

Descripción de la Falla en la Fresadora	Promedio Mensual Diciembre 2023 (Quincena)		Indicadores de Gestión			
	Cantidad de paradas Promedio	Tiempo promedio Total (Horas)	MTBF [horas / Falla]	Tasa de Fallas [Fallas/hora]	MTTR [horas / Falla]	Tasa de Reparaciones [Fallas/hora]
Falla N°1 : Recalentamiento del cabezal vertical por la falta de lubricación y/o cambio de rodamiento auxiliar.	2.5	1.88	281.60	0.0036	0.75	1.33
Falla N°2 : Fugas de aceite por la falta de cambio de empaque y retenes.	2.5	3.27	281.60	0.0036	1.31	0.77
Falla N°3 : Alta frecuencia de mantenimiento correctivo del motor eje donde se apoya la polea de transmisión.	1.5	1.92	469.33	0.0021	1.28	0.78
Falla N°4 : Fajas en mal estado e incorrectamente templadas.	3	3.87	234.67	0.0043	1.29	0.78
Falla N°5 : Falta de mantenimiento a la bomba de aceite que alimenta a las correderas verticales, horizontales y longitudinales.	1.5	2.62	469.33	0.0021	1.74	0.57
Falla N°6 : Falta de mantenimiento en los juegos de los carros de desplazamiento por cambio de chavetas.	1.5	4.38	469.33	0.0021	2.92	0.34
Falla N°7 : Falta de verificación de los anclajes de la máquina para evitar la inestabilidad y vibraciones; desalineación del cabezal vertical.	1.5	2.01	469.33	0.0021	1.34	0.75
<b>Promedio Total en el mes:</b>	<b>14</b>	<b>19.925</b>	<b>352.00</b>	<b>0.0028</b>	<b>1.42</b>	<b>0.70</b>

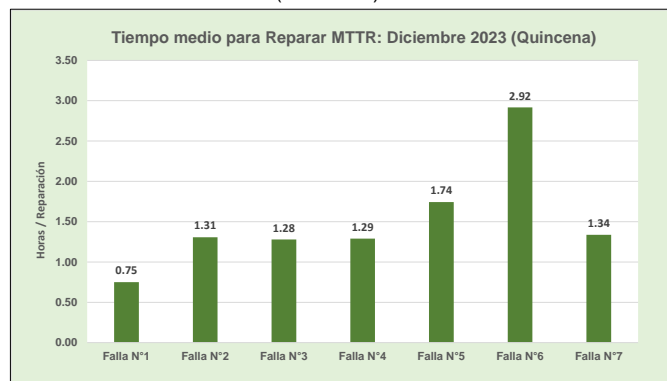
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°65: Variación del tiempo medio entre Fallas, diciembre 2023 (Quincena)



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°66: Variación del tiempo medio para Reparar, diciembre 2023 (Quincena)



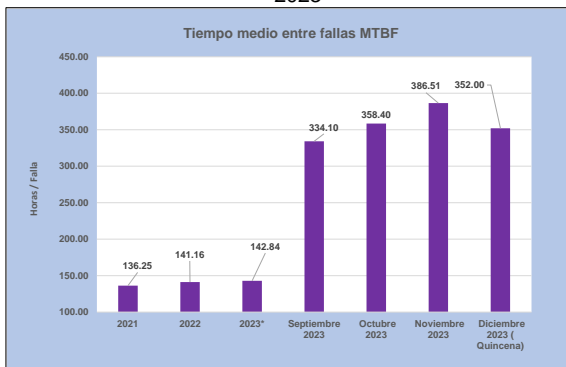
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°28: Cuadro General de resultados de las variaciones porcentuales del MTBF y MTTR de Sepremac S.A.C en la producción del molde de Sellado.

Año / Mes	Promedio Mensual				Indicadores de Gestión					
	Cantidad de paradas Promedio	Variación Porcentual	Tiempo promedio Total (Horas)	Variación Porcentual	MTBF [horas / Falla]	Variación Porcentual	Tasa de Fallas [Fallos/hora]	MTTR [horas / Falla]	Variación Porcentual	Tasa de Reparaciones [Fallos/hora]
2021	36.17	0.0%	88.48	0.0%	136.25	0.0%	0.0073	2.45	0.0%	0.41
2022	34.91	-3.5%	80.61	-8.9%	141.16	3.6%	0.0071	2.31	-5.6%	0.43
2023*	34.5	-1.2%	89.15	10.6%	142.84	1.2%	0.0070	2.58	11.9%	0.39
Septiembre 2023	14.75	-57.2%	52.36	-41.3%	334.10	133.9%	0.0030	3.55	37.4%	0.28
Octubre 2023	13.75	-6.8%	46.36	-11.5%	358.40	7.3%	0.0028	3.37	-5.0%	0.30
Noviembre 2023	12.75	-7.3%	36.88	-20.4%	386.51	7.8%	0.0026	2.89	-14.2%	0.35
Diciembre 2023 (Quincena)	14.00	9.8%	19.93	-46.0%	352.00	-8.9%	0.0028	1.42	-50.8%	0.70

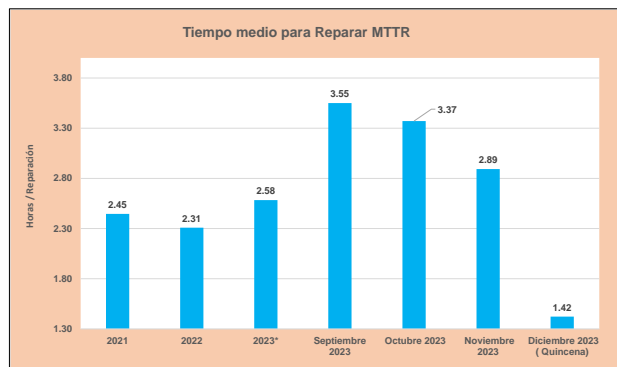
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°67: Variación del tiempo medio entre fallas (MTBF) del 2021 al 2023



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°68: Variación del tiempo medio entre fallas (MTTR) del 2021 al 2023



Fuente: Elaboración Propia

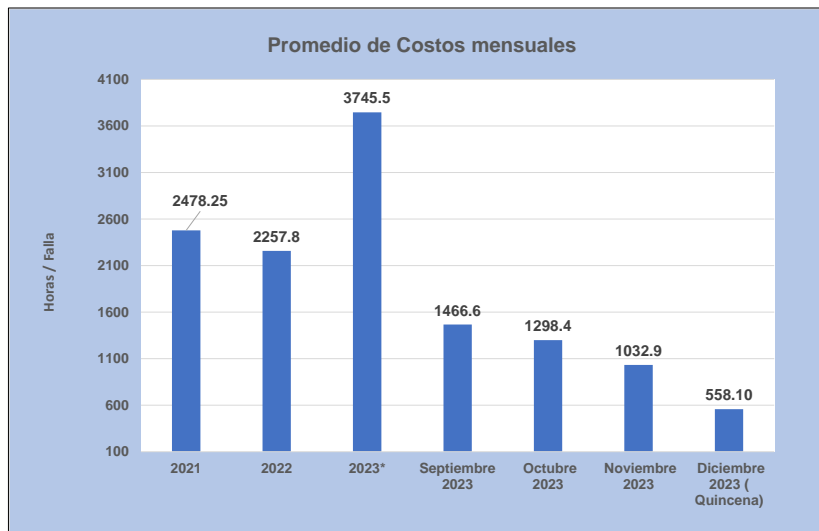
Tabla N°29: Cuadro General de resultados de las variaciones porcentuales de los costos mensuales de Sepremac S.A.C en la producción del molde de Sellado.

Año / Mes	Promedio Mensual	
	S / mes	Variación Porcentual
2021	2478.25	0.0%
2022	2257.8	-8.9%
2023*	3745.5	65.9%
Septiembre 2023	1466.6	-60.8%
Octubre 2023	1298.4	-11.5%
Noviembre 2023	1032.9	-20.4%
Diciembre 2023 ( Quincena)	558.10	-46.0%

\* : Enero a Agosto del 2023

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°69: Variaciones porcentuales de los costos mensuales de Sepremac S.A.C en la producción del molde de Sellado.



Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Cuando se dio inicio a la investigación para realizar la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, para reducir las paradas inesperadas de las máquinas fresadora N°1, N°2 y taladro de banco correspondiente al proceso de fabricación del molde de sellado de la empresa Sepremac S.A.C, lima 2023, se encontró que, en el periodo del 2017 hasta agosto del 2023, la compañía realizaba sus procesos de fabricación del molde de sellado con controles manuales y de carácter básico que propiciaba 35.19 mantenimientos correctivos como promedio mensual sobre las maquinas industriales (fresadoras y taladros) y que están relacionados a las fallas indicadas en la tabla N°10. Esto causaba pérdidas económicas que fueron en promedio mensual de 2,478.25 soles en el año 2017; 2,257.8 soles para el 2022 y en el periodo de enero a agosto 3,745.5 soles en el año 2023. Así como también, se generó perdidas y deterioro de órdenes de Trabajo. Lo que conllevaba a no tener una información actualizada y/o computarizada para el acceso rápido, lo cual no permitía realizar análisis estadísticos, proyecciones y metodologías de mejora. Por lo anterior y para poder dar inicio a la propuesta, se planteó plasmar un conjunto de fallas (tabla N°15) en una hoja de cálculo informático a efectos de seleccionar 07 fallas que se presentaban de manera continua indicadas en las tablas N°10 y que con ello se concluye que al aplicar un cronograma de mantenimiento preventivo representados por un diagrama de Gantt (Tabla N°16) para las fallas antes mencionadas y que están construidas basado a la realidad de la empresa actual, se logró reducir en el año 2023, 57.2% para el mes de septiembre, 6.8% octubre, 7.3% noviembre y 9.8% diciembre (primera quincena) en relación a las paradas inesperadas. A su vez se disminuyó en costo un 60.8% septiembre, 11.5% octubre, 20.4% noviembre y 46% a diciembre (primera quincena).

La empresa Sepremac S.A.C, en su proceso de fabricación del molde de Sellado se presentaba paradas inesperadas, lo que estaban generando altas pérdidas en los costos como: 29,739.1 soles y 27,093.9 soles para los años 2021 y 2022 respectivamente. El año 2023 en el periodo de enero a agosto se perdió 29,964.3 soles (tablas N°12, 13 y 14). Al construir la data en hojas de cálculo informático se obtuvieron las tablas N°4,5,6,7,8,9 que muestran mensualmente el detalle de la cantidad de veces que se detiene la fresadora N°1 y N°2, como también el tiempo que implica su NO utilización. En la tabla N°12 se indica el promedio mensual de paradas NO programadas de las fresadoras y las horas de pérdida que origina ello. Aplicando el plan de mantenimiento preventivo como propuesta se logró en comparación a los años anteriores minimizar la cantidad de veces de paradas no

programas y reducción de costos cuyos resultados se expresan en el párrafo anterior, por lo que es de trascendencia la organización y aplicabilidad de la propuesta de mantenimiento preventivo en el campo de acción para el logro de este objetivo.

La incorporación de un método de trabajo como el diagrama de Gantt para organizar el mantenimiento preventivo de las fallas (tabla N°10) en la empresa Sepremac ha permitido entrar a una etapa de aprendizaje y quiebre en los paradigmas de los operadores de la compañía, dando como resultado para el mes de septiembre 2023 un aumento del tiempo medio entre fallas (MTBF) de 133.9%, que alentó a la continuidad del trabajo y se sumó el manejo de datos estadísticos a partir de las ordenes de trabajo que se tenía para ver las variaciones tanto en costo como en paradas de las máquinas, obteniéndose un incremento MTBF de 7.3% en el mes de octubre, 7.8% noviembre y a quincena de diciembre un decrecimiento de 8.6% debido a una coyuntura técnica del proveedor que son subsanables para la culminación satisfactoria del año. Cabe resaltar que los indicadores del tiempo medio para reparar (MTTR) también muestran resultados favorables, que en promedio de septiembre a quincena de diciembre se obtuvo una reducción de 8.2%, este valor refleja que el personal se está preparando cada vez más para afrontar las reparaciones propias que se dan en las máquinas que operan.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Para dar inicio a una etapa de mejora es fundamental realizar primero un diagnóstico actual de la empresa y así evaluar que herramientas o métodos de trabajos se necesitan y que sean aplicables a la realidad de la organización. Es por ello que analizando la situación se vio por conveniente aplicar el diagrama de Gantt en una selección de fallas que incurrían periódicamente y que era necesario abordar, sumado a ello el análisis de la información con ratios que permitan clarificar y dar un punto de partido para dar inicio a las mejoras.

Es importante que cuando se detiene una máquina por una falla inesperada se debe realizar la evaluación económica que implica ese estado para poder determinar su prioridad y planificar su mantenimiento preventivo e iniciar su frecuencia para posteriormente controlar esa falla original, los costos fijos toman relevancia y entran a tallar cuando no se está fabricando debido al paro inesperado de la máquina, es por ello que es primordial para el manejo de la producción del molde de sellado hacer seguimiento de los costos incurridos

Ampliar la metodología del mantenimiento preventivo a las demás máquinas como los tornos mecánicos, CNC, sierras eléctricas, prensa hidráulica, etc. que cuenta la empresa y que su operatividad son claves para el cumplimiento de la diversidad de productos que se desarrolla. A su vez este trabajo en la organización debe ser fortalecido por el análisis de datos estadísticos mediante gráficas, promedios, indicadores de gestión como el MTBF, MTTR y los indicados en el marco teórico del presente documento. Todo ello con la finalidad de dar un mayor soporte técnico a la toma de decisiones en la industria metalmecánica, mercado en que se desenvuelve Sepremac S.A.C



## REFERENCIAS

Sicma21, (21 de enero del 2022). Mantenimiento Industrial: importancia y beneficios. Sicma21.<https://www.sicma21.com/mantenimiento-industrial-importancia-y-beneficios/>

Infraspeak (12 de diciembre del 2022). Estadísticas de Mantenimiento: Desafíos, Tendencias y Métricas. Infraspeak.

<https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-estadisticas-desafios-tendencias/>

Delgado et al.,2022. (22 de julio del 2022). Modelo para reducir los tiempos de entrega de proyectos aplicando TPM y SMED: Caso de estudio en una empresa metalmeccánica. I International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology.20, 1 –10

[https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full\\_papers/FP727.pdf](https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP727.pdf)

Valencia, N. (2023). Optimización del Mantenimiento Planeado en una Línea de Producción de Cilindros de uso doméstico de gas licuado de petróleo GLP. (Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana).

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24994/1/UPS-GT004387.pdf>

Zambrano, N. (2023). Optimización del Mantenimiento Planeado en una Línea de Producción de Cilindros de uso doméstico de gas licuado de petróleo GLP. (Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana).

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24994/1/UPS-GT004387.pdf>

Guaitarilla, J. (2019). Plan de mantenimiento preventivo para la máquina industrial de la empresa Fluoroplásticos S.A.S (Tesis obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico, Universidad Autónoma de Occidente)

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10883/T08482.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Córdoba, D. Salas, D. Álvarez, B. (2021). “Propuesta de un Plan de mantenimiento de una máquina de inyección Eva 04 en una empresa de calzado plástico ubicada en la zona

industrial – Yumbo”, 2021(Título para obtener el Título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Antonio José Camacho)

<https://repositorio.uniajc.edu.co/bitstream/handle/uniajc/870/TGI-Cordoba%20Chacon-Salas%20Rojas-Alvarez%20Gonzalez%20-%20Dana%20Salas%20Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Molina, R. Blanco, F. Sánchez, I. (2018). “Propuesta de un plan de gestión de mantenimiento preventivo total para los tornos de la empresa Torno Pineda de la ciudad de Estelí, en el segundo semestre 2017” (Título para obtener el Título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua)

<https://repositorio.unan.edu.ni/8926/1/18782.pdf>

Sánchez, E. (2021). Optimización de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de una flota de semirremolques tipo portacontenedores que transportan concentrado de cobre en Proyecto Minero las Bambas (Tesis obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico, Universidad Continental)

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11550/5/IV\\_FIN\\_111\\_TSP\\_Sanchez\\_Huichi\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11550/5/IV_FIN_111_TSP_Sanchez_Huichi_2021.pdf)

Álvarez, K. Mejía, M. (2022). Optimización del plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en camiones HD785-7,2021(Título para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad Cesar Vallejo)

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97357/Alvarez\\_MKJ-Mejia\\_MM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97357/Alvarez_MKJ-Mejia_MM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Benavides, M. (2022). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba – Amazonas (Tesis para obtener el Título profesional Ingeniero Mecánico, Universidad Politécnica Mecánica)

[https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/142/TESIS\\_BENAVIDES%20VASQUEZ\\_LUIS%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/142/TESIS_BENAVIDES%20VASQUEZ_LUIS%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Peñalva, R. (2021). Desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Optimizar los Tiempos de Trabajo en la Empresa KMC Cromo Oleo Hidráulica S.A.C. (Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad peruana de Ciencias e Informática)

<https://repositorio.upci.edu.pe/bitstream/handle/upci/311/TESIS%20FINAL%20PRESENTADO%20-%20RICARDO%20PE%20ALVA%20AYNAYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rivas, C. Zamora, H. (2019). Propuesta de un plan de mejora para optimizar la gestión del proceso de transporte de inversiones Zamcar S.A.C(Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Ricardo Palma)

[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2725/IND-T030\\_40455246\\_T%20%20%20RIVAS%20VERA%20CLAUDIA%20GISELLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2725/IND-T030_40455246_T%20%20%20RIVAS%20VERA%20CLAUDIA%20GISELLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Toro, R. (15 de setiembre 2023). Mantenimiento: un legado de innovación a lo largo de las décadas. Fractal. <https://www.fractal.com/es/blog/evolucion-del-mantenimiento>

Emaintblog, P. (07 de noviembre 2022), Ventajas del mantenimiento preventivo. Emaint. <https://www.emaint.com/es/blog-advantages-of-preventive-maintenance/>

Talva, M. (01 de diciembre 2021). Mantenimiento preventivo. Mobilitywork. <https://mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-preventivo/>

Mejía, T. (25 de Setiembre 2020). Mantenimiento preventivo: características, tipos, objetivos. Lifeder. <https://www.lifeder.com/mantenimiento-preventivo/>

Casáis, J. (8 de enero 2023). Estrategias de Mantenimiento de buque (5° parte). Ingeniero marino. <https://ingenieromarino.com/estrategias-de-mantenimiento/#2> ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Conozca sobre los 4 tipos de mantenimiento industrial. (20 de agosto 2021). Dynamax. <https://dynamox.net/es/blog/cuatro-tipos-mantenimiento-industrial>

Vega, R. (5 de julio 2022). Los principales tipos de mantenimiento Industrial. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/los-5-principales-tipos-de-mantenimiento-industrial-rafael-vega/?originalSubdomain=es>

Mantenimiento Preventivo, Qué es, tipos y cómo hacerlo eficazmente. (30 de agosto 2023). StelOrder. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/#%c2%bfque-es-el-mantenimiento-preventivo>

Ventajas del mantenimiento preventivo. (17 de abril 2023). Emaint. <https://www.emaint.com/es/blog-advantages-of-preventive-maintenance/>

Mancuzo, G. (8 de octubre 2020). ¿Qué es el mantenimiento Cero Horas (Overhaul)?. ComparaSoftware. <https://blog.comparasoftware.com/mantenimiento-cero-horas/>

Mantener al día tus equipos industriales: productividad al 100%. (2 de marzo 2022). Jelpit. <https://www.jelpit.com/blog/facilities/5-tipos-de-mantenimiento-para-equipos-industriales/>