



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS EN EL TECNICENTRO
AUTOMOTRIZ SOLÍS”**

AUTOR: Jim Alexander Solis Galarza

TUTORA: Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS EN EL TECNICENTRO AUTOMOTRIZ SOLÍS”**, elaborado por el Sr. Jim Alexander Solis Galarza, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1805204839, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2023



Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.

C.I. 1803745395

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jim Alexander Solis Galarza con C.I. 1805204839, declaro que todas las actividades y contenido expuesto en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS EN EL TECNICENTRO AUTOMOTRIZ SOLÍS”**, así como también los gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2023



Jim Alexander Solis Galarza

C.I. 1805204839

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2023



Jim Alexander Solis Galarza

C.I. 1805204839

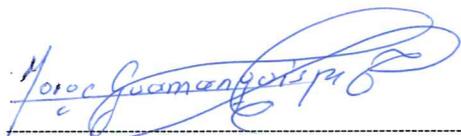
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el estudiante Jim Alexander Solis Galarza de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS EN EL TECNICENTRO AUTOMOTRIZ SOLÍS”**.

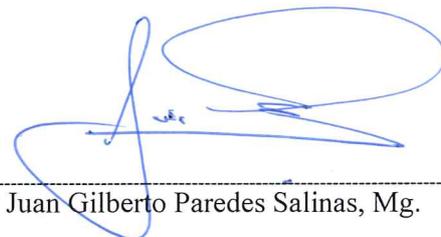
Ambato, agosto 2023

Para constancia firman:



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo de titulación, a mi padre José por su esfuerzo y porque desde niño me inculco el amor por la mecánica y la ingeniería, a mi madre Pilar por siempre brindarme apoyo, darme fuerzas y confianza para no desistir, a mis hermanos y a toda mi familia por sus palabras de ánimo, a mi novia que me brinda su ayuda y motivación desde los primeros niveles.

Jim A. Solis G.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme la salud, la sabiduría durante este proceso de estudio, a mis padres, hermanos y familia por su sacrificio, apoyo diario y palabras de motivación, para cumplir con mis sueños y metas.

Un agradecimiento a mi tutora la Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg. Por saberme guiar e impartir sus conocimientos en la realización del presente proyecto técnico

De igual forma agradezco a los docentes, por impartir sus conocimientos en cada clase, a mis amigos y compañeros que contribuyeron con mi formación académica.

Jim A. Solis G.

ÍNDICE GENERAL DE CONTNIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Fundamentación teórica.....	4
1.3.1 Mantenimiento	4
1.3.2 Tipos de mantenimiento industrial.....	4
1.3.3 Inventario	7
1.3.4 Análisis modal de fallos y efectos (AMFE).....	8
CAPÍTULO II	12
METODOLOGÍA	12

2.1	Materiales y recursos.....	12
2.1.1	Recursos institucionales.....	12
2.1.2	Recursos humanos.....	12
2.1.3	Recursos materiales.....	12
2.1.4	Recursos económicos.....	12
2.2	Métodos.....	13
2.2.1	Tipo de investigación.....	13
2.3	Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento.....	14
CAPÍTULO III.....		15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		15
3.1	Modelo operativo.....	15
3.1.1	Diagnóstico de la situación actual de los equipos y máquinas.....	15
3.1.2	Evaluación externa de los equipos y máquinas.....	15
3.1.3	Inventario.....	16
3.1.4	Consideraciones relevantes.....	19
3.1.5	Fichas técnicas.....	19
3.2	Parámetros empleados.....	28
3.2.1	Estadísticos.....	28
3.2.2	Análisis de modos y efectos de fallo AMFE.....	57
3.3	Análisis de criticidad.....	74
3.4	Fiabilidad e in fiabilidad de los equipos de soldadura.....	85
3.5	Gamas de mantenimiento.....	101
4.1	Conclusiones.....	118
4.2	Recomendaciones.....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		120
ANEXOS.....		124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de severidad [31].	9
Tabla 2. Escala Frecuencia [31].	9
Tabla 3. Escala Detectabilidad [31].	10
Tabla 4. Escala NPR [31].	10
Tabla 5. Recursos económicos.	13
Tabla 6. Inventario de equipos del Tecnicentro Automotriz Solis.	17
Tabla 7. Inventario de máquinas del Tecnicentro Automotriz Solis.	18
Tabla 8. Ficha técnica del Taladro de Pedestal	20
Tabla 9. Ficha técnica del Elevador de vehículos 01	21
Tabla 10. Ficha técnica del Elevador de vehículos 02	22
Tabla 11. Ficha técnica del Elevador de vehículos 03	23
Tabla 12. Ficha técnica del Elevador de vehículos 04	24
Tabla 13. Ficha Técnica de la Soldadora GMAW	25
Tabla 14. Ficha técnica del Compresor de aire	26
Tabla 15. Ficha técnica de la Prensa hidráulica	27
Tabla 16. Fórmulas de los parámetros utilizados en la caracterización de la vida útil de máquinas [34].	28
Tabla 17. Estadístico de la Prensa hidráulica	29
Tabla 17. Estadístico de la Prensa hidráulica (continuación)	30
Tabla 17. Estadístico de la Prensa hidráulica (continuación)	31
Tabla 18. Estadístico del Compresor de Aire	32
Tabla 18. Estadístico del Compresor de Aire (continuación)	33
Tabla 18. Estadístico del Compresor de Aire (continuación)	34
Tabla 19. Estadístico del Taladro de Pedestal.	35
Tabla 19. Estadístico del Taladro de Pedestal (continuación)	36
Tabla 19. Estadístico del Taladro de Pedestal (continuación)	37
Tabla 20. Estadístico de la Soldadora GMAW	38
Tabla 20. Estadístico de la Soldadora GMAW (continuación)	39
Tabla 20. Estadístico de la Soldadora GMAW (continuación)	40
Tabla 21. Estadístico del Elevador de Vehículos 01	41
Tabla 21. Estadístico del Elevador de Vehículos 01 (continuación)	42
Tabla 22. Estadístico del Elevador de Vehículos 02	43

Tabla 22. Estadístico del Elevador de Vehículos 02 (continuación)	44
Tabla 23. Estadístico del Elevador de Vehículos 03	45
Tabla 23. Estadístico del Elevador de Vehículos 03 (continuación)	46
Tabla 24. Estadístico del Elevador de Vehículos 04.....	47
Tabla 24. Estadístico del Elevador de Vehículos 04 (continuación)	48
Tabla 25. Tabla de valoración para la matriz AMFE [33]	57
Tabla 26. Matriz AMFE de la prensa hidráulica.....	58
Tabla 26. Matriz AMFE de la prensa hidráulica (continuación)	59
Tabla 27. Matriz AMFE del compresor de aire	60
Tabla 27. Matriz AMFE del compresor de aire (continuación).....	61
Tabla 28. Matriz AMFE del taladro de pedestal	62
Tabla 28. Matriz AMFE del taladro de pedestal (continuación).....	63
Tabla 29. Matriz AMFE de la soldadora GMAW.....	64
Tabla 29. Matriz AMFE de la soldadora GMAW (continuación)	65
Tabla 30. Matriz AMFE del elevador de vehículos 01	66
Tabla 30. Matriz AMFE del elevador de vehículos 01 (continuación).....	67
Tabla 31. Matriz AMFE del elevador de vehículos 02	68
Tabla 31. Matriz AMFE del elevador de vehículos 02 (continuación).....	69
Tabla 32. Matriz AMFE del elevador de vehículos 03	70
Tabla 32. Matriz AMFE del elevador de vehículos 03 (continuación).....	71
Tabla 33. Matriz AMFE del elevador de vehículos 04	72
Tabla 33. Matriz AMFE del elevador de vehículos 04 (continuación).....	73
Tabla 34. Valoraciones para el análisis de criticidad de los fallos y sus riesgos [33].	74
Tabla 35. Análisis de criticidad de la prensa hidráulica.....	75
Tabla 36. Análisis de criticidad del compresor de aire	76
Tabla 37. Análisis de criticidad del taladro de pedestal.....	77
Tabla 38. Análisis de criticidad de la soldadora GMAW	78
Tabla 39. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 01	79
Tabla 40. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 02.....	80
Tabla 41. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 03.....	81
Tabla 42. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 04.....	82
Tabla 43. Matriz frecuencia vs. consecuencia para la prensa hidráulica	83

Tabla 44. Matriz frecuencia vs. consecuencia para el compresor de aire	83
Tabla 45. Matriz frecuencia vs. consecuencia para el taladro de pedestal.....	84
Tabla 46. Matriz frecuencia vs. consecuencia para la soldadora GMAW	84
Tabla 47. Matriz frecuencia vs. consecuencia para los elevadores de vehículos.....	84
Tabla 48. Fiabilidad e in fiabilidad de la prensa hidráulica	86
Tabla 49. Fiabilidad e in fiabilidad del compresor de aire.....	88
Tabla 50. Fiabilidad e in fiabilidad del taladro de pedestal	90
Tabla 51. Fiabilidad e in fiabilidad de la soldadora GMAW	92
Tabla 52. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 01	94
Tabla 53. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 02	96
Tabla 54. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 03	98
Tabla 55. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 04	100
Tabla 56. Gamas de mantenimiento.....	101
Tabla 57. Gama de mantenimiento de la prensa hidráulica	102
Tabla 57. Gama de mantenimiento de la prensa hidráulica (continuación).....	103
Tabla 58. Gama de mantenimiento del compresor de aire.....	104
Tabla 58. Gama de mantenimiento del compresor de aire (continuación)	105
Tabla 59. Gama de mantenimiento del taladro de pedestal	106
Tabla 59. Gama de mantenimiento del taladro de pedestal (continuación).....	107
Tabla 60. Gama de mantenimiento de la soldadora GMAW	108
Tabla 60. Gama de mantenimiento de la soldadora GMAW (continuación).....	109
Tabla 61. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 01.....	110
Tabla 61. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 01 (continuación) ...	111
Tabla 62. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 02.....	112
Tabla 62. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 02 (continuación) ...	113
Tabla 63. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 03.....	114
Tabla 63. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 03 (continuación) ...	115
Tabla 64. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 04.....	116
Tabla 64. Gama de mantenimiento del elevador de vehículos 04 (continuación) ...	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Flujograma para el plan de mantenimiento.....	14
Fig. 2. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la prensa hidráulica. Ecuación logarítmica.....	49
Fig. 3. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la prensa hidráulica. Ecuación exponencial.....	49
Fig. 4. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del compresor de aire. Ecuación logarítmica.....	50
Fig. 5. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del compresor de aire. Ecuación exponencial.....	50
Fig. 6. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del taladro de pedestal. Ecuación logarítmica.....	51
Fig. 7. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del taladro de pedestal. Ecuación exponencial.....	51
Fig. 8. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la soldadora GMAW. Ecuación logarítmica.....	52
Fig. 9. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la soldadora GMAW. Ecuación exponencial.....	52
Fig. 10. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 01. Ecuación logarítmica.	53
Fig. 11. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 01. Ecuación exponencial.	53
Fig. 12. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 02. Ecuación logarítmica.	54
Fig. 13. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 02. Ecuación exponencial.	54
Fig. 14. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 03. Ecuación logarítmica.	55
Fig. 15. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 03. Ecuación exponencial.	55
Fig. 16. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 04. Ecuación logarítmica.	56

Fig. 17. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 04. Ecuación exponencial.	56
Fig. 18. Resumen mensual de la fiabilidad de la prensa hidráulica	87
Fig. 19. Resumen mensual de la in fiabilidad de la prensa hidráulica	87
Fig. 20. Resumen mensual de la fiabilidad del compresor de aire.....	89
Fig. 21. Resumen mensual de la in fiabilidad del compresor de aire.....	89
Fig. 22. Resumen mensual de la fiabilidad del taladro de pedestal	91
Fig. 23. Resumen mensual de la in fiabilidad del taladro de pedestal	91
Fig. 24. Resumen mensual de la fiabilidad de la soldadora GMAW	93
Fig. 25. Resumen mensual de la in fiabilidad de la soldadora GMAW	93
Fig. 26. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 01	94
Fig. 27. Resumen mensual de la in fiabilidad del elevador de vehículos 01	95
Fig. 28. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 02	96
Fig. 29. Resumen mensual de la in fiabilidad del elevador de vehículos 02	97
Fig. 30. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 03	98
Fig. 31. Resumen mensual de la in fiabilidad del elevador de vehículos 03	99
Fig. 32. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 04	100
Fig. 33. Resumen mensual de la in fiabilidad del elevador de vehículos 04	101

RESUMEN EJECUTIVO

El Tecnicentro Automotriz Solis innovo sus instalaciones adquiriendo máquinas y equipos para el mantenimiento de vehículos, con la finalidad de dar un servicio de calidad y sin contratiempos, nace la necesidad de un proyecto técnico que este enfocado en el mantenimiento bajo el análisis modal de fallos y efectos.

Se realizó un listado de las máquinas y equipos en servicio, obteniendo información sobre su estado, marca, año de fabricación y ubicación, generando así un inventario actualizado y a la vez identificando las máquinas más utilizadas y las más propensas a fallar como son: los cuatro elevadores, una prensa hidráulica, un compresor de aire, un taladro de pedestal y una soldadora GMAW, se recopiló información como: sus características técnicas, especificaciones, componentes principales y se generó un código de identificación, formando así las fichas técnicas; el estadístico de mantenimiento se calculó con los tiempos de trabajo del periodo enero a diciembre 2022, en el caso de los elevadores se usó el periodo octubre 2022 a mayo 2023, información proporcionada por la empresa con la cual se obtuvo la curva de la bañera; se estableció la matriz AMFE y de criticidad, identificando sus Modos de fallos, causas, efectos y otorgando valoraciones de los cuales se obtuvo los más críticos y se analizó los porcentajes de fiabilidad e infiabilidad.

Por último, se efectuó las gamas de mantenimiento de las máquinas con diferentes actividades, detallando con qué frecuencia se realizarán durante todo el año, luego se entregará a la Empresa, donde el técnico responsable de cada máquina deberá cumplir con el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, Plan de mantenimiento, Mantenimiento productivo total, AMFE, Criticidad

ABSTRACT

The Tecnicentro Automotriz Solis innovated its facilities by acquiring machines and equipment for vehicle maintenance, in order to provide a quality service without setbacks, the need for a technical project was born that is focused on maintenance under failure modal analysis and effects.

A list of the machines and equipment in service was made, obtaining information on their condition, brand, year of manufacture and location, thus discovering an updated inventory and at the same time identifying the most used machines and the most prone to fail such as: the four elevators, a hydraulic press, an air compressor, a pedestal drill and a GMAW welder, information was collected such as: its technical characteristics, specifications, main components and an identification code will be completed, thus forming the technical sheets; the maintenance statistic was calculated with the work times from January to December 2022, in the case of elevators the period from October 2022 to May 2023 was used, information provided by the company with which the bathtub curve was obtained; The AMFE and criticality matrix was established, identifying its failure modes, causes, effects and giving ratings from which the most critical were obtained and the percentages of confidence and unreliability were analyzed.

Finally, the maintenance ranges of the machines with different activities were carried out, detailing how often they will be carried out throughout the year, then it will be delivered to the Company, where the technician responsible for each machine must comply with the development of the maintenance plan. preventive.

Keywords: Preventive maintenance, Maintenance plan, Total productive maintenance, AMFE, Criticality

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

La industria automovilística actualmente es una de las industrias más cambiantes y que más avanza tecnológicamente, por lo que han empezado a surgir estrategias como la “Fabricación inteligente” o la “Industria 4.0”, para aprovechar al máximo las nuevas tecnologías [1]. Las principales problemáticas que intentan solucionar estas estrategias son los costos relacionados con el mantenimiento, inversiones y operaciones de los sistemas industriales [2]. Siendo el mantenimiento de los equipos y maquinaria uno de los aspectos al que más atención se le ha dado por la importante ventaja que ofrece ante la competencia [3].

Por ejemplo, en el estudio realizado por Guayasamín Carlos e Imba Joel en la Universidad Politécnica Salesiana con el tema: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA VEHICULAR DE LA EMPRESA DE TRANSPORTES PUEMBO “TRAPUCA C.A” EN LA PARROQUIA DE PUEMBO” tiene como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo a través de la determinación de las actividades y frecuencias adecuadas para el correcto mantenimiento y con ello prolongar la vida útil de las unidades; concluyéndose que el formato de mantenimiento preventivo se apoya en las hojas de registro de las 34 unidades pertenecientes a la compañía que ayudaron a conseguir una alta productividad en el desempeño de cada unidad [4].

De igual forma, en la Universidad Politécnica Amazónica, Chávez Lesly en su trabajo de investigación con el tema: “PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y METODOLOGÍA 5S PARA MEJORAR EL MANTENIMIENTO DEL ÁREA DE MAQUINADO DE LA EMPRESA BUDGE SAC – CALLAO”; entre los objetivos de este trabajo estaba el realizar un análisis del estado actual de la maquinaria de la empresa junto con la determinación de las actividades asociadas al área de maquinado; es así que dentro del plan de mantenimiento se logró conocer la disponibilidad de los equipos, la criticidad de la maquinaria y de esa forma poder reducir en un 30% las actividades que no aportan al proceso productivo [5].

Por otro lado, la investigación llevada a cabo en la Universidad Técnica de Ambato por parte de Altamirano Hubert titulada: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA MEGAINGGA S.A. DE LA CIUDAD DE LATACUNGA” muestra que tras un Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE es posible conocer los modos de fallos, la causa raíz, el efecto, los valores de frecuencia, gravedad y detectabilidad para cada uno de los componentes de la maquinaria; además, se implementó el software “ONE FRACTTAL” el cual permitió detallar todas las actividades de las máquinas de forma que se mejoró la visualización de las actividades de mantenimiento [6].

Conviene destacar el trabajo de Montealegre Nora en la Universidad Tecnológica de Pereira con el tema: “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE LOS LABORATORIOS PERTENECIENTES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA”, en el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se logró realizar un listado de quipos, máquinas e instrumentos considerados como relevantes y que se encontraban en óptimas condiciones, además, se recopiló información de intervenciones de mantenimiento previas y con ello se generaron rutas y rutinas de mantenimiento para cada unidad [7].

Asimismo, Peña José en la Universidad de Holguín desarrolla el proyecto: “ANÁLISIS DE LOS FALLOS EN EL ELEVADOR DE AUTOS DE DOS COLUMNAS PERTENECIENTE AL TALLER DE REPARACIÓN DEL EJÉRCITO ORIENTAL” tras emplear un Análisis de Modos de Fallos y Efectos logra concluir que existen causas graves que generan el mal funcionamiento de los elevadores entre las que destacan la capacitación del operario y que tan cualificado está para operar este tipo de maquinaria, y que un plan de mantenimiento para los elevadores debe ser un 60% planificado, un 20 % predictivo y un 20% correctivo [8].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos y máquinas en el Tecnicentro Automotriz Solís.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el inventario de los equipos y máquinas en el Tecnicentro Automotriz Solís.

Para la realización del inventario se elaborará un registro o un listado de las máquinas y equipos mediante un código para ser localizados. Se agruparán por tipos, instalaciones, sistemas, subsistemas, etc. Si la empresa cuenta con máquinas idénticas es preferible listarlas de forma independiente, debido a que las necesidades para un mantenimiento van a ser diferentes.

- Determinar el estado actual de los equipos y máquinas en el Tecnicentro Automotriz Solís.

Se determinará el estado actual de los equipos y máquinas a través de un análisis estadístico de los tiempos de paro, tiempos de reparación, tiempos de operación y mantenimiento previos; con ello, se logrará establecer la efectividad del plan de mantenimiento preventivo.

- Establecer una matriz AMFE y una matriz de criticidad de los componentes de cada uno de los equipos y máquinas.

Para establecer la matriz AMFE se llevará a cabo un análisis de fallos y consecuencias ponderado mediante la norma NTP 679, aquí se detectarán los fallos que ocurren junto con su frecuencia y nivel de daño; además, la matriz ayudará a conocer los puntos críticos con el fin de emplearlos en el establecimiento de un sistema de colores para cada máquina.

- Realizar gamas de mantenimiento de los equipos y máquinas.

Para realizar las gamas de mantenimiento de los equipos y máquinas se tomarán en cuenta el análisis de criticidad y matriz AMFE; a partir de ello, se establecerán las actividades técnicas que formarán parte del plan de mantenimiento. Las actividades se dividirán en diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales con el fin de reducir fallos y daños.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Mantenimiento

El mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, como las tareas de supervisión, realizadas con el fin de conservar el equipo o restaurarlo a un estado óptimo para que pueda realizar una determinada función [9]. Este concepto de mantenimiento de equipos está presente y es indispensable en cualquier producción. Este es un proceso de suma importancia para los equipos dado que la eficiencia y la calidad de la producción se reducen con el tiempo y las máquinas pueden fallar con más frecuencia [10].

Los equipos y máquinas en las empresas al estar en funcionamiento de manera constante están sujetas a degradación por el uso y por factores ambientales; generando problemas como fallas del sistema, problemas de seguridad, daños en el equipo, problemas de calidad y en última instancia indisponibilidad inesperada de la máquina [11]. Estas fallas pueden resultar en costos sustanciales de reparación o reemplazo, pérdidas significativas de producción y riesgos de seguridad catastróficos; de manera que para evitar estos impactos es necesario el establecimiento de un plan de mantenimiento [12].

1.3.2 Tipos de mantenimiento industrial

Los procesos de mantenimiento industrial y los programas de mantenimiento son de gran importancia para la productividad y confiabilidad de una empresa. Existen muchos tipos de sistemas de mantenimiento que permiten a las organizaciones oportunidades para optimizar las líneas de producción. La elección de cada uno de ellos y las estrategias para emplearlos dependerá de las necesidades de mantenimiento industrial particulares de la industria.

Algunos de los tipos de mantenimiento industrial más importantes incluyen:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento programado

1.3.2.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un programa de mantenimiento con actividades iniciadas a intervalos predeterminados, o de acuerdo con criterios prescritos, y destinado a reducir la probabilidad de falla o la degradación del funcionamiento del sistema productivo [13]. Este tipo de mantenimiento debe ser basado en el estado actual de las máquinas porque cada una de ellas puede operar en un ambiente diferente y el fallo de la máquina puede tener diferente ocurrencia que la predicha por el fabricante original del equipo [14].

Algunas de las acciones básicas que se ejecutan en este sistema de mantenimiento suelen ser la observación, inspección, calibración, ajuste, cambio, lubricación y reparación [15].

1.3.2.2 Variables del Mantenimiento preventivo

1.3.2.2.1 Fiabilidad

La fiabilidad se define como la probabilidad de que un producto o sistema sea capaz de realizar función específica en las condiciones establecidas sin fallar durante un período de tiempo determinado [16]. Una de las métricas de fiabilidad más importantes está representada por el Tiempo medio entre fallas (MTBF), expresado en horas de actividad; cuanto mayor sea el valor, más fiable será el equipo. Para una parte o un solo subsistema, el MTBF a menudo se expresa como el recíproco de la fiabilidad [17].

1.3.2.2.2 Mantenibilidad

La mantenibilidad se define como la medida de la capacidad de un artículo para ser retenido o restaurado a una condición específica cuando el mantenimiento lo realiza personal con niveles de habilidad específicos utilizando procedimientos y recursos prescritos en cada nivel de mantenimiento y reparación. Esta depende esencialmente del diseño del producto, el nivel técnico del personal de reparación, el proceso y las instalaciones de reparación [18].

El análisis de mantenibilidad proporciona información calculada sobre varios aspectos del mantenimiento, cuyo objetivo es determinar la cantidad de tiempo necesario para

realizar reparaciones y tareas de mantenimiento. Un cálculo de mantenibilidad común es el tiempo medio de reparación (MTTR). Este es el tiempo medio necesario para realizar el mantenimiento correctivo de todos los elementos extraíbles de un producto o sistema [19].

1.3.2.2.3 Disponibilidad

La disponibilidad puede definirse la probabilidad de que un sistema reparable o un elemento del sistema esté operativo en un momento dado en un conjunto dado de condiciones del entorno. Esta variable es una métrica importante que se utiliza para evaluar el rendimiento, ya que tiene en cuenta tanto la fiabilidad como las propiedades de mantenibilidad de un componente o sistema [20].

1.3.2.2.4 Seguridad del sistema

La seguridad del sistema se refiere a la ausencia de peligro, la protección o la no exposición al riesgo de daño o lesión durante el proceso de realización de los procedimientos de mantenimiento [21].

1.3.2.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es una tarea de mantenimiento que se realiza para identificar y corregir la causa de las fallas de un sistema defectuoso. El equipo de ingeniería tiene muchos componentes y modos de falla, y su mecanismo de falla es muy complicado. La falla a nivel del sistema puede ocurrir debido a fallas de cualquier subsistema/componente. Por lo tanto, el síntoma de falla del equipo puede ser causado por una causalidad multinivel de fallas latentes [22].

1.3.2.4 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un enfoque que permite que las acciones de mantenimiento se basen en cambios en los parámetros monitoreados de los activos mediante el uso de una variedad de técnicas para estudiar información histórica y en vivo para aprender datos de pronóstico y hacer predicciones precisas. Además, argumentamos que, en cualquier configuración industrial, la calidad del mantenimiento mejora cuando las técnicas y métodos basados en datos aplicados

tienen justificaciones económicas y tienen en cuenta la conformidad con los estándares de la industria [23].

Este tipo de mantenimiento se basa en datos históricos, modelos y conocimiento del dominio. Puede predecir tendencias, patrones de comportamiento y correlaciones mediante modelos estadísticos o de aprendizaje automático para anticipar fallas pendientes con anticipación para mejorar el proceso de toma de decisiones para la actividad de mantenimiento evitando principalmente el tiempo de inactividad [24].

1.3.2.5 Mantenimiento Programado

El mantenimiento programado se define como aquel que se lleva a cabo deteniendo el equipo después de un periodo de tiempo determinado. En este proceso se realizan actividades que incluyen limpieza lubricación, desarme, recambio y, por último, rearme. Se considera que el tiempo suele ser recomendado por el fabricante, con el desconocimiento de la carga e intensidad real del trabajo a la que se somete el equipo[15].

1.3.3 Inventario

El mantenimiento y la gestión de inventario están fuertemente interconectados y ambos deben considerarse simultáneamente al optimizar las operaciones de una empresa. El énfasis en el inventario de mantenimiento, reparación y operaciones puede conducir a mejoras en el control de inventario y la productividad al tiempo que reduce los costos operativos [25].

Este tipo de registro debe contar con descripciones y características de cada uno de los activos que se quiere controlar, es por ello por lo que debe incluir campos como los mencionados a continuación:

- Número de equipo
- Nombre del equipo
- Marca
- Fecha de adquisición
- Codificación
- Ubicación del equipo

Dentro de este inventario Tecnicentro Automotriz Solís cuenta diferentes equipos y máquinas que serán parte del mantenimiento preventivo propuesto en este proyecto; dentro de estos se encuentran: taladros eléctricos, pulidoras, lijadoras, tronzadora, esmeriles, pistolas eléctricas, cizallas, pistolas neumáticas, elevadoras de vehículos, taladros de pedestal, prensa hidráulica, compresor de aire, soldadores GMAW y SMAW.

1.3.4 Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

El análisis modal de fallos y efectos es una técnica sistemática de análisis de riesgos que se utiliza en la industria para identificar y prevenir posibles fallas en un producto o proceso durante su diseño o producción, en otras palabras, evalúa la probabilidad de que un fallo ocurra, así como su gravedad y sus consecuencias [26]. Por lo que se puede decir que su objetivo principal es análisis de fallos, sin embargo este no es su único propósito; también tiene la finalidad de desarrollar, evaluar y mejorar las metodologías de desarrollo y prueba de diseño [27]. Se suele utilizar comúnmente en la industria automotriz, aeroespacial y electrónica, aunque también se puede aplicar a otros sectores [28].

Utilizar este tipo de análisis puede presentar ciertas ventajas como: la reducción de costes, reducción del tiempo necesario para el desarrollo de nuevos productos o servicios, mejora de la calidad, fiabilidad de los productos y mayor seguridad de su operación [29].

Para realizar el análisis AMFE se debe evaluar las fallas del equipo o proceso según la severidad de la falla (S), la frecuencia con que ocurre (F) y la capacidad para detectarla (D) [30]. Para esto se utilizan escalas del 1 al 10 como se muestra en la Tabla 1 para la severidad, en la Tabla 2 para la frecuencia y en la Tabla 3 para la detectabilidad [31].

Tabla 1. Escala de severidad [31].

Rank	Efecto	Severidad
10	Peligro sin advertencia	La falla del sistema tendrá peligrosas efectos sin previo aviso.
9	Peligro con advertencia	Una falla del sistema tendrá un peligroso efecto con previo aviso.
8	Muy alto	El sistema puede funcionar, pero no de manera óptima.
7	Alto	El sistema puede funcionar, pero no de manera óptima
6	Moderado	El sistema es operativo y seguro, pero ha disminuido el rendimiento.
5	Bajo	El sistema es operativo y seguro, pero ha disminuido el rendimiento.
4	Muy Bajo	El sistema experimenta un paulatino descenso en el rendimiento.
3	Pequeño	Poco efecto en el rendimiento del sistema.
2	Muy pequeño	Efecto insignificante en el sistema actuación.
1	No hay efecto	El efecto de falla no ocurrirá en el sistema

Tabla 2. Escala Frecuencia [31].

Rank	Efecto	Frecuencia
10	Muy Alto: Las fallas son casi inevitable	La posibilidad de falla ocurre una 5 veces al día.
9		La posibilidad de falla ocurre una vez al día
8	Alto: Las fallas ocurren ocasionalmente.	La posibilidad de falla ocurre 2 vez por semana.
7		La posibilidad de falla ocurre una vez en la semana
6	Medio: Las fallas ocurren ocasionalmente pero no en grandes cantidades.	La probabilidad de falla ocurre 5 veces en 1 mes
5		La posibilidad de falla ocurre 3 veces en 1 mes
4		La posibilidad de falla ocurre 2 veces en 1 mes
3	Bajo: Las fallas que ocurren son relativamente pequeñas.	La probabilidad de falla ocurre una vez al mes.
2	Muy Bajo: Las fallas que ocurren son relativamente pequeñas y raras.	La probabilidad de falla ocurre una vez cada 3 meses
1	Remoto: La falla nunca ocurre.	La falla nunca ocurre. Ocurren posibilidades de falla una vez cada 6 meses

Tabla 3. Escala Detectabilidad [31].

Rank	Efecto	Detectabilidad
10	Casi imposible	Actualmente no existe una capacidad de control que pueda detectar fallas.
9	Muy raro	Con las capacidades de control actuales es muy difícil detectar la causa de la falla.
8	Raro	Con las capacidades de control actuales es difícil detectar la causa de la falla.
7	Muy bajo	La capacidad de control actual para detectar la causa de la falla es muy baja.
6	Bajo	La capacidad de control actual para detectar causas de falla es baja.
5	Moderado	La capacidad de control actual para detectar causas de falla es moderada
4	Poco alta	La capacidad de control actual para detectar causas de falla es de moderada a alta.
3	Alta	La capacidad de control actual para detectar causas de falla es alta
2	Muy alta	La capacidad de control actual para detectar causas de falla es muy alta
1	Casi seguro	Es casi seguro que la controlabilidad actual puede detectar causas y prevenir fallas.

Estos valores sirven para calcular el número de prioridad de riesgo (NPR) mediante la fórmula $NPR=S \cdot F \cdot D$, la cual dará un número del 1 al 1000 que al evaluar con la escala que se muestra en la Tabla 4 se obtienen el nivel de riesgo [30].

Tabla 4. Escala NPR [31]

NPR	Nivel de riesgo
≥ 200	Muy alto
120 - 199	Alto
80 - 119	Medio
20 - 79	Bajo
0 - 19	Muy Bajo

1.3.4.1 Tipos de análisis modal de fallos y efectos

Existe 3 tipos o niveles de AMFE:

AMFE de sistema: Se enfoca en el análisis de los modos de fallo que podrían ocurrir en un sistema completo, que puede incluir múltiples componentes o subsistemas. Este tipo de AMFE es utilizado para evaluar los posibles modos de fallo que podrían ocurrir

en un sistema y establecer medidas preventivas o correctivas para minimizar el riesgo [28].

AMFE de diseño: Se realiza durante la fase de diseño del producto o proceso, con el objetivo de identificar los posibles modos de fallo que podrían ocurrir en el diseño y de establecer medidas preventivas o correctivas para reducir la probabilidad de que ocurran [32].

AMFE de Proceso: Se utiliza durante la producción o fabricación del producto para identificar los posibles modos de fallo que podrían ocurrir durante la fabricación del producto, como por ejemplo la falla de una máquina en la línea de producción. El objetivo de este tipo de AMFE es reducir la probabilidad de que ocurran errores durante la producción [27].

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

En este capítulo se presentan los materiales, recursos y la metodología empleados en la realización del proyecto técnico.

2.1 Materiales y recursos

Para llevar a cabo el presente trabajo de titulación se emplearon recursos humanos, materiales, institucionales y económicos detallados a continuación:

2.1.1 Recursos institucionales

- ✓ Instalaciones del Tecnicentro Automotriz Solis.
- ✓ Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

2.1.2 Recursos humanos

- ✓ Jim Alexander Solis Galarza, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
- ✓ Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg., docente tutor del presente trabajo de titulación.
- ✓ Trabajadores del Tecnicentro Automotriz Solis.

2.1.3 Recursos materiales

- ✓ Instructivos de manejo de los equipos y materiales del Tecnicentro Automotriz Solis.
- ✓ Norma NTP 679, empleada en el análisis modal de fallos y efectos.

2.1.4 Recursos económicos

Tabla 5. Recursos económicos

Recursos	Costos (USD)
Laptop	1000
Transporte para visitas técnicas	100
Alimentación	100
Internet	150
Normas para mantenimiento	200
Materiales de oficina	100
Imprevistos	100
TOTAL	1750

2.2 Métodos

2.2.1 Tipo de investigación

2.2.1.1 Investigación cualitativa

Dentro de este tipo de investigación se lleva a cabo una revisión de la literatura asociada al tema en libros, artículos científicos, tesis, páginas web; a través de esta revisión se plantean diferentes metodologías de mantenimiento preventivo que permitieron establecer los métodos y técnicas necesarias para el presente trabajo técnico, además de, recopilar información de los equipos y máquinas analizadas.

2.2.1.2 Investigación descriptiva

En este trabajo técnico se aplica un alcance descriptivo dando que se recogerá información sobre las máquinas y equipos del Tecnicentro Automotriz Solis para posteriormente realizar un análisis modal de fallos y efectos.

2.2.1.3 Investigación explicativa

Este trabajo posee un alcance explicativo dado que pretende establecer las causas de los fallos en los equipos y máquinas del Tecnicentro Automotriz Solis; de esta forma, se explica de qué forma ocurren los fallos, cómo reconocerlos y si se relaciona con uno o más causas.

2.2.1.4 Investigación de campo

En el presente trabajo se realizó una investigación de campo dado que se recopiló información respecto a las fallas que presentan las máquinas y equipos del Tecnicentro

Automotriz Solis; de esa forma, el estudio se ejecutó a través de la observación y análisis desde las fallas registradas dentro de las instalaciones del Tecnicentro.

2.3 Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento

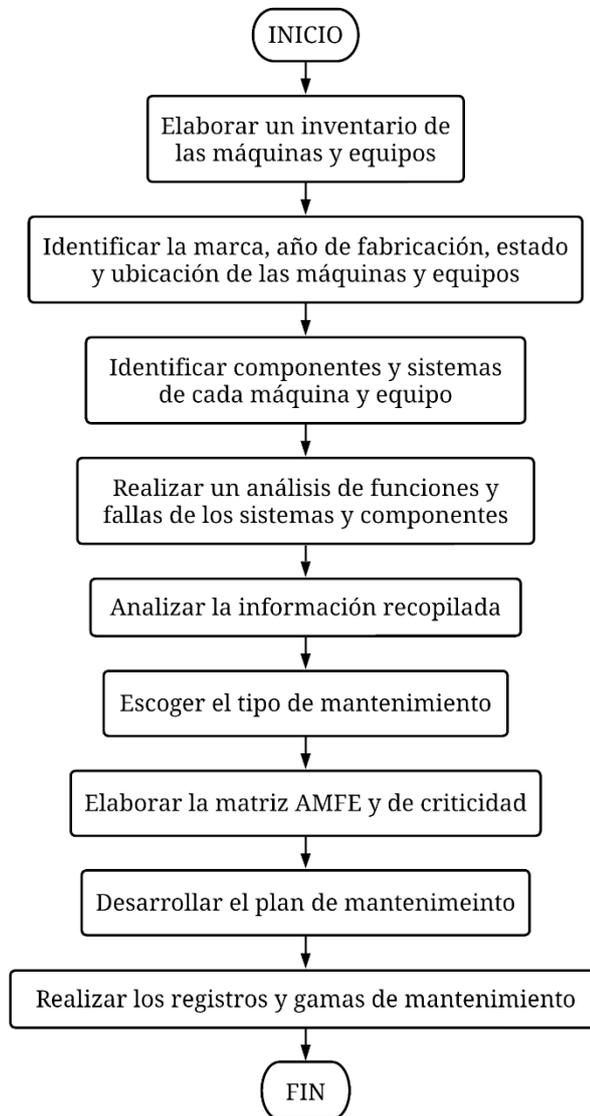


Fig. 1. Flujograma para el plan de mantenimiento

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Modelo operativo

3.1.1 Diagnóstico de la situación actual de los equipos y máquinas

El Tecnicentro Automotriz Solis posee máquinas y equipos de uso continuo susceptibles a daños menores e irreparables. En la actualidad el Tecnicentro no posee un plan de mantenimiento preventivo para su maquinaria; en consecuencia, resulta necesario realizar un análisis de los daños presentes, así como, recoger información respecto a reparaciones realizadas con anterioridad.

Los factores por considerarse dentro de la elaboración del plan preventivo de mantenimiento son el tiempo de trabajo, el manejo, las condiciones ambientales del sitio donde se encuentran almacenados, vibraciones generadas, entre otros. Estos factores además son considerados en la elaboración de las matrices con el fin de que el plan sea completo y garantice la eficiencia de los equipos y máquinas respecto a su vida útil.

3.1.2 Evaluación externa de los equipos y máquinas

Las máquinas usadas en el Tecnicentro mostraron prioridad de uso; es así como, de los cuatro elevadores eléctricos registrados únicamente dos son los más utilizados, esto debido a que son consideradas maquinaria indispensable en los trabajos a realizarse dentro del establecimiento. Es importante mencionar que tanto máquinas como equipos poseen manuales de usuario y características técnicas definidas por el fabricante, a excepción de la prensa hidráulica de la cual no existe tal registro.

Dentro de la evaluación externa de los equipos y máquinas se consideró su estado físico y se tomó en consideración la oxidación, falta de limpieza y la presencia de daños como golpes, ralladuras o cortes que afecten el funcionamiento de la maquinaria, también se consideró el sistema eléctrico de cada uno, donde se evaluó la presencia de cables en mal estado y empalmes mal realizados que puedan causar un cortocircuito durante su aplicación.

3.1.3 Inventario

Respecto al inventario se recopilaron las características generales y ubicación específica de cada equipo y máquina. En la Tabla 6 y 7 se encuentra registrada esta información junto a una codificación donde:

TAS – XXX – YYY – ZZ

TAS: Tecnicentro Automotriz Solis

XXX: Iniciales del nombre de la máquina o equipo

YYY: Ubicación del equipo o máquina:

[BE1: Bodega estante 1]

[BE2: Bodega estante 2]

[AT1: Área de trabajo 1]

[AT2: Área de trabajo 2]

ZZ: Número asignado a cada máquina o equipo

Ejemplo:

TAS-EV-AT1-02

TAS: Tecnicentro Automotriz Solis

EV: Elevador de vehículos

AT1: Área de trabajo 1

01: Número de elevador asignado dentro del área de trabajo

Tabla 6. Inventario de equipos del Tecnicentro Automotriz Solis

		INVENTARIO DE EQUIPOS				Edición: 01	
						Código: IE-TAS-01	
						Vigencia: 2023	
N°	EQUIPOS	MARCA	AÑO DE FABR.	ESTADO	CODIGO	UBICACIÓN	
1	Taladro eléctrico Alámbrico	DEWALT	2015	Óptimo	TAS-TEA-BE1-01	Bodega estante 1	
2	Taladro eléctrico inalámbrico	DEWALT	2018	Óptimo	TAS-TEI-BE2-01	Bodega estante 2	
3	Taladro eléctrico inalámbrico	PHENIX	2021	Óptimo	TAS-TEI-BE2-02	Bodega estante 2	
4	Taladro eléctrico inalámbrico	PHENIX	2021	Óptimo	TAS-TEI-BE2-03	Bodega estante 2	
5	Pulidora 9"	DEWALT	2019	Óptimo	TAS-PD-BE1-01	Bodega estante 1	
6	Pulidora 6"	DEWALT	2019	Óptimo	TAS-PD-BE1-02	Bodega estante 1	
7	Lijadora	RONG PENG	2019	Óptimo	TAS-LD-BE2-01	Bodega estante 2	
8	Tronzadora	DEWALT	2015	Óptimo	TAS-TD-AT2-01	Área de trabajo 2	
10	Esmeril	No registra	-	Óptimo	TAS-EM-AT2-01	Área de trabajo 2	
11	Pistola eléctrica	SNAPON	2019	Óptimo	TAS-PE-BE2-01	Bodega estante 2	
12	Pistola eléctrica	TOTAL	2022	Óptimo	TAS-PE-BE2-02	Bodega estante 2	
13	Monta cajas	STRONGWAY	2020	Óptimo	TAS-MC-AT2-01	Área de trabajo 2	
14	Cizalla	SOMAR	2015	Óptimo	TAS-CZ-AT2-01	Área de trabajo 2	
15	Pistola neumática	STANLEY	2019	Óptimo	TAS-PN-BE1-01	Bodega estante 1	
16	Pistola neumática	INGCO	2022	Óptimo	TAS-PN-BE1-02	Bodega estante 1	
17	Pistola neumática	INGCO	2022	Óptimo	TAS-PN-BE1-03	Bodega estante 1	
18	Pistola neumática	INGCO	2022	Óptimo	TAS-PN-BE1-04	Bodega estante 1	
19	Bomba de aceite	No registra	2017	Óptimo	TAS-BA-AT2-01	Área de trabajo 2	
Elaborado por:		Revisado por:			Aprobado por:		
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.			Mtro. José Solis		

Tabla 7. Inventario de máquinas del Tecnico Centro Automotriz Solis

		INVENTARIO DE MÁQUINAS				Edición: 01	
						Código: IM-TAS-01	
N°	MÁQUINAS	MARCA	AÑO DE FABR.	ESTADO	CODIGO	UBICACIÓN	
1	Elevador de vehículos	LAUNCH	2014	Óptimo	TAS-EV-AT1-01	Área de trabajo 1	
2	Elevador de vehículos	LAUNCH	2011	Óptimo	TAS-EV-AT1-02	Área de trabajo 1	
3	Elevador de vehículos	LAUNCH	2014	Óptimo	TAS-EV-AT1-03	Área de trabajo 1	
4	Elevador de vehículos	LAUNCH	2014	Óptimo	TAS-EV-AT1-04	Área de trabajo 1	
5	Taladro de pedestal	RONG LONG	2010	Óptimo	TAS-TDP-AT2-01	Área de trabajo 2	
6	Prensa hidráulica	no registra	-	Medio	TAS-PH-AT2-01	Área de trabajo 2	
7	Compresor de Aire	SCHULZ	2015	Medio	TAS-CA-AT2-01	Área de trabajo 2	
8	Soldadora GMAW	LINCON	2019	Óptimo	TAS-SG-AT2-01	Área de trabajo 2	
9	Soldadora SMAW	M&H	2016	Óptimo	TAS-SS-AT2-01	Área de trabajo 2	
10	Hidrolavadora	PORTEN	2019	Óptimo	TAS-HL-AT2-01	Área de trabajo 1	
Elaborado por:		Revisado por:			Aprobado por:		
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.			Mtro. José Solis		

3.1.4 Consideraciones relevantes previo al desarrollo del plan de mantenimiento preventivo

Para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se considerará la Nota Técnica de Prevención 679, en el cual se habla del índice de prioridad de riesgo (IPR) el cual debe ser calculado para todas las causas de fallo y un IPR inferior a 100 hace referencia a que no es necesaria una intervención salvo que la mejora en los equipos y máquinas fuese fácil de introducir y sirviese para mejorar la calidad de trabajo. Al emplear el IPR se considera el ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo, y se ofrece una primera aproximación de su importancia, y al realizar una reflexión detenida ante los factores que las determinan se facilita la toma de decisiones para la acción preventiva [33].

3.1.5 Fichas técnicas

Las fichas técnicas dentro de un Tecnicentro Automotriz son la forma única de identificación de la maquinaria utilizada dado que en ella aparecen datos esenciales de cada uno de ellos. Desde la Tabla 8 hasta la Tabla 15 se detallan las fichas técnicas de las máquinas consideradas para este proyecto.

Tabla 8. Ficha técnica del Taladro de Pedestal

			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Taladro de Pedestal		
Código	TAS-TDP-AT2-01		
Marca	RONG LONG		
N° de serie	208152		
Modelo	RLD-19		
Año de Fabricación	2007		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	110 / 220v		
Capacidad del mandril	5/8 16 mm		
Rango de amperaje	12-Jun		
Frecuencia	60 Hz		
RPM	1720		
COMPONENTES			
1	Portabrocas	6	Motor
2	Mesa	7	Poleas
3	Columna	8	Banda
4	Soporte	9	Manivela
5	Base	10	Entenalla
FUNCIÓN			
Perforar un metal con gran precisión, sujetando la pieza en la mesa del taladro, ejerciendo presión constante y uniforme.			
Observaciones	Ninguna		

Tabla 9. Ficha técnica del Elevador de vehículos 01

			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Elevador de vehículos		
Código	TAS-EV-AT1-01		
Marca	LAUNCH		
N° de serie	520610648202		
Modelo	TLT240SC		
Año de Fabricación	2014		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	220 V		
Capacidad de elevación	4000 kg		
Fuerza	2200 W		
Frecuencia	60 Hz		
Corriente	16 A		
COMPONENTES			
1	Unidad de poder	6	Unidad de control
2	Columna Principal	7	Poleas
3	Brazos	8	Cilindro hidráulico
4	Soporte de elevación	9	Travesaño
5	Deslizadores	10	Platos
FUNCIÓN			
Levantar vehículos con la finalidad de facilitar el acceso a las ruedas o a la parte inferior para la realización de un mantenimiento.			
Observaciones	Ninguna		

Tabla 10. Ficha técnica del Elevador de vehículos 02

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Elevador de vehículos		
Código	TAS-EV-AT1-02		
Marca	LAUNCH		
N° de serie	520610328802		
Modelo	TLT240SC		
Año de Fabricación	2011		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	220 V		
Capacidad de elevación	4000 kg		
Fuerza	2200 W		
Frecuencia	60 Hz		
Corriente	16 A		
			
COMPONENTES			
1	Unidad de poder	6	Unidad de control
2	Columna Principal	7	Poleas
3	Brazos	8	Cilindro hidráulico
4	Soporte de elevación	9	Travesaño
5	Deslizadores	10	Platos
FUNCIÓN			
Levantar vehículos con la finalidad de facilitar el acceso a las ruedas o a la parte inferior para la realización de un mantenimiento.			
Observaciones	Ninguna		

Tabla 11. Ficha técnica del Elevador de vehículos 03

			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Elevador de vehículos		
Código	TAS-EV-AT1-03		
Marca	LAUNCH		
N° de serie	520610645502		
Modelo	TLT240SC		
Año de Fabricación	2014		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	220 V		
Capacidad de elevación	4000 kg		
Fuerza	2200 W		
Frecuencia	60 Hz		
Corriente	16 A		
			
COMPONENTES			
1	Unidad de poder	6	Unidad de control
2	Columna Principal	7	Poleas
3	Brazos	8	Cilindro hidráulico
4	Soporte de elevación	9	Travesaño
5	Deslizadores	10	Platos
FUNCIÓN			
Levantar vehículos con la finalidad de facilitar el acceso a las ruedas o a la parte inferior para la realización de un mantenimiento.			
Observaciones	Ninguna		

Tabla 12. Ficha técnica del Elevador de vehículos 04

			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Elevador de vehículos		
Código	TAS-EV-AT1-04		
Marca	LAUNCH		
N° de serie	520610648302		
Modelo	TLT240SC		
Año de Fabricación	2014		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	220 V		
Capacidad de elevación	4000 kg		
Fuerza	2200 W		
Frecuencia	60 Hz		
Corriente	16 A		
			
COMPONENTES			
1	Unidad de poder	6	Unidad de control
2	Columna Principal	7	Poleas
3	Brazos	8	Cilindro hidráulico
4	Soporte de elevación	9	Travesaño
5	Deslizadores	10	Platos
FUNCIÓN			
Levantar vehículos con la finalidad de facilitar el acceso a las ruedas o a la parte inferior para la realización de un mantenimiento.			
Observaciones	Ninguna		

Tabla 13. Ficha Técnica de la Soldadora GMAW

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Soldadora GMAW		
Código	TAS-SG-AT2-01		
Marca	LINCON		
N° de serie	M1350605446		
Modelo	Power Mig 210 MP		
Año de Fabricación	2018		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	110 - 220 V		
Rango de amperaje	20 - 220 A		
Rango de Voltaje de salida	15 - 25 V		
Frecuencia	60 Hz		
Rango de salida	1.3-12.7 m/min		
COMPONENTES			
1	Antorcha	6	Regulador de gas
2	Pinza a tierra	7	Rodillos para alimentación
3	Manguera de gas	8	Manómetro
4	Manguera Guía de alambre	9	Carrete
5	Unidad de control	10	Boquillas
FUNCIÓN			
Unir metales mediante la fusión, usando material de aporte y gas de protección.			
Observaciones	Ninguna		



Tabla 14. Ficha técnica del Compresor de aire.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Compresor de aire		
Código	TAS-CA-AT2-01		
Marca	SCHULZ		
N° de serie	N/A		
Modelo	MSV 30		
Año de Fabricación	2010		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	220 - 380 V		
Potencia	7.5 HP		
Presión máxima	175 PSI		
Frecuencia	60 Hz		
RPM	3485		
COMPONENTES			
1	Motor eléctrico	6	Presostato
2	Motor Mecánico	7	Manómetro
3	Depósito de aire	8	Regulador de presión
4	Botonera	9	Purgador
5	Banda	10	Válvula
FUNCIÓN			
Almacenar y comprimir aire del ambiente para ser utilizado a una presión específica mediante una salida.			
Observaciones	Ninguna		



Tabla 15. Ficha técnica de la Prensa hidráulica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MECÁNICA			
DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA			
Nombre	Prensa hidráulica		
Código	TAS-PH-AT2-01		
Marca	N/A		
N° de serie	N/A		
Modelo	80 T		
Año de Fabricación	N/A		
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA			
Sistema de alimentación	220 v		
Potencia	2 HP		
Presión	80 T		
Frecuencia	60 Hz		
Apertura máxima	900 mm		
COMPONENTES			
1	Estructura	6	Depósito de aceite
2	Motor	7	Bomba de aceite
3	Gato hidráulico	8	Manómetro
4	Mangueras	9	Mesa
5	Mando de control	10	Interruptor
FUNCIÓN			
Prensar objetos para doblar o enderezar, cambiando su forma inicial.			
Observaciones	Ninguna		



3.2 Parámetros empleados

3.2.1 Estadísticos

En la realización de los estadísticos se aplicaron los parámetros descritos en la Tabla 16, misma que describe las actividades a realizarse para llevar a cabo el mantenimiento preventivo de forma eficaz. El tiempo de operación es un dato constante asociado a la funcionalidad de cada una de las máquinas del Tecnicentro.

Tabla 16. Fórmulas de los parámetros utilizados en la caracterización de la vida útil de máquinas [34].

Fórmula	Definición
$MTBF = \frac{\sum TO}{n}$	MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos, es una medida de la Fiabilidad TO: Tiempo de operación en horas n: número de datos
$MTTR = \frac{\sum TR}{n}$	MTTR: Tiempo medio de reparación, es una medida de la Mantenibilidad TR: Tiempo de reparación en horas n: número de datos
$\lambda = \frac{1}{MTBF}$	λ: Tasa de fallos MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos
$\mu = \frac{1}{MTTR}$	μ: Tasa de reparación MTTR: Tiempo medio de reparación
$D = \frac{\sum MTBF}{\sum MTBF + \sum MTTR}$	D: Disponibilidad, es función de la Fiabilidad y de la Mantenibilidad MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos MTTR: Tiempo medio de reparación

Tabla 17. Estadístico de la Prensa hidráulica

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			Prensa Hidráulica					CÓDIGO: TAS-PH-AT2-01			
			ÁREA DE TRABAJO 2					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
ENERO	Inicio de actividades	03/01/2022									
	Verificación de correcta funcionalidad	14/01/2022	50	1	0.5	0.5	52	1	0.0192	1.0000	98.11
	Engrasado de partes móviles	31/01/2022	54	1	0.5	0.5					
FEBRERO	Mantenimiento de la cadena del motor y la bomba	11/02/2022	44	2	0.5	1.5	46	1.5	0.0217	0.6667	96.84
	Engrasado de partes móviles	25/02/2022	48	1	0.5	0.5					
MARZO	Cambio de pines desgastados y rodamientos	18/03/2022	64	2	1.5	0.5	53.5	1.5	0.0187	0.6667	97.27
	Engrasado de partes móviles	31/03/2022	43	1	0.5	0.5					
ABRIL	Mantenimiento a de la cadena del motor y la bomba	14/04/2022	49	2	0.5	1.5	48.5	1.5	0.0206	0.6667	97.00
	Engrasado de partes móviles	29/04/2022	48	1	0.5	0.5					
MAYO	Mantenimiento motor eléctrico	13/05/2022	44	2	1	1	51	1.5	0.0196	0.6667	97.14
	Engrasado de partes móviles	31/05/2022	58	1	0.5	0.5					

Tabla 18. Estadístico de la Prensa hidráulica (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			Prensa Hidráulica						CÓDIGO: TAS-PH-AT2-01		
			ÁREA DE TRABAJO 2						VIGENCIA: 2023		
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
JUNIO	Limpieza, cambio de aceite y orings del gato hidráulico	17/06/2022	64	6	4	2	51.5	4	0.0194	0.2500	92.79
	Mantenimiento de la cadena del motor y la bomba	30/06/2022	39	2	0.5	1.5					
JULIO	Verificación de correcta funcionalidad	15/07/2022	53	1	0.5	0.5	51	1	0.0196	1.0000	98.08
	Engrasado de partes móviles	29/07/2022	49	1	0.5	0.5					
AGOSTO	Mantenimiento de la cadena del motor y la bomba	11/01/1900	44	1	0.5	0.5	54	1	0.0185	1.0000	98.18
	Engrasado de partes móviles	31/08/2022	64	1	0.5	0.5					
SEPTIEMBRE	Cambio de pines desgastados y rodamientos	16/09/2022	59	2	1.5	0.5	53.5	1.5	0.0187	0.6667	97.27
	Engrasado de partes móviles	30/09/2022	48	1	0.5	0.5					
OCTUBRE	Mantenimiento a de la cadena del motor y la bomba	14/10/2022	49	2	0.5	1.5	51	1.5	0.0196	0.6667	97.14
	Engrasado de partes móviles	31/10/2022	53	1	0.5	0.5					

Tabla 19. Estadístico de la Prensa hidráulica (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			Prensa Hidráulica					CÓDIGO: TAS-PH-AT2-01			
			ÁREA DE TRABAJO 2					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
NOVIEMBRE	Mantenimiento bomba de aceite	18/11/2022	64	2	1	1	51	1.5	0.0196	0.6667	97.14
	Engrasado de partes móviles	30/11/2022	38	1	0.5	0.5					
DICIEMBRE	Limpieza, cambio de aceite y orings del gato hidráulico	16/12/2022	59	6	4	2	51.5	3.5	0.0194	0.2857	93.64
	Engrasado de partes móviles	30/12/2022	44	1	0.5	0.5					
TOTAL			1229	42	22	20	614.5	21	0.2348	8	1160.62
PROMEDIO			102.42	3.5	1.833	1.667	51.208	1.75	0.0196	0.684	96.718
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 5 horas.

Tabla 20. Estadístico del Compresor de Aire

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			COMPRESOR DE AIRE				CÓDIGO: TAS-CA-AT2-01				
			ÁREA DE TRABAJO 2				VIGENCIA: 2023				
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
ENERO	Inicio de actividades	03/01/2022									
	Limpieza y verificación de correcta funcionalidad	14/01/2022	80	2	1	1	83	1.5	0.0120	0.6667	98.22
	Lubricación de banda	31/01/2022	86	1	0	1					
FEBRERO	Revisión de tensión de bandas y nivel de aceite de motor	11/02/2022	71	1	0.5	0.5	75	1.5	0.0133	0.6667	98.04
	Mantenimiento válvulas	25/02/2022	79	2	0.5	1.5					
MARZO	Cambio de aceite, Filtros de aire, mantenimiento sistema eléctrico	18/03/2022	102	1	0.5	0.5	86.5	2	0.0116	0.5000	97.74
	Mantenimiento al contactor, presostato y manómetro	31/03/2022	71	3	1	2					
ABRIL	Revisión de tensión de bandas y nivel de aceite de motor	14/04/2022	77	1	0.5	0.5	78	1.5	0.0128	0.6667	98.11
	Mantenimiento válvulas	29/04/2022	79	2	0.5	1.5					
MAYO	Cambio de bandas y mantenimiento al sistema eléctrico	13/05/2022	70	3	1	2	81.5	3	0.0123	0.3333	96.45
	Mantenimiento al contactor, presostato y manómetro	31/05/2022	93	3	1	2					

Tabla 21. Estadístico del Compresor de Aire (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			COMPRESOR DE AIRE					CÓDIGO: TAS-CA-AT2-01			
			ÁREA DE TRABAJO 2					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
JUNIO	Revisión de tensión de bandas y nivel de aceite de motor	17/06/2022	101	1	0.5	0.5	86	1.5	0.0116	0.6667	98.29
	Mantenimiento válvulas	30/06/2022	71	2	0.5	1.5					
JULIO	Mantenimiento interno de motor mecánico	15/07/2022	86	4	3	1	81	3.5	0.0123	0.2857	95.86
	Mantenimiento al contactor, presostato y manómetro	29/07/2022	76	3	1	2					
AGOSTO	Revisión de tensión de banda y aceite	11/01/1900	69	1	0.5	0.5	86	1.5	0.0116	0.6667	98.29
	Mantenimiento válvulas	31/08/2022	103	2	0.5	1.5					
SEPTIEMBRE	Cambio de aceite, Filtros de aire, limpieza de motor eléctrico	16/09/2022	94	1	0.5	0.5	86.5	2	0.0116	0.5000	97.74
	Mantenimiento al contactor, presostato y manómetro	30/09/2022	79	3	1	2					
OCTUBRE	Revisión de tensión de banda y aceite	14/10/2022	77	1	0.5	0.5	82	1.5	0.0122	0.6667	98.20
	Mantenimiento válvulas	31/10/2022	87	2	0.5	1.5					

Tabla 22. Estadístico del Compresor de Aire (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			COMPRESOR DE AIRE					CÓDIGO: TAS-CA-AT2-01			
			ÁREA DE TRABAJO 2					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
NOVIEMBRE	Cambio de bandas y mantenimiento al motor	18/11/2022	102	3	2	1	81.5	3	0.0123	0.3333	96.45
	Mantenimiento al contactor, presostato y manómetro	30/11/2022	61	3	1	2					
DICIEMBRE	Revisión de tensión de banda y aceite	16/12/2022	93	1	0.5	0.5	86	1.5	0.0116	0.6667	98.29
	Mantenimiento válvulas antirretorno	30/12/2022	79	2	0.5	1.5					
TOTAL			1986	48	19	29	993	24	0.1453	6.6190	1171.68
PROMEDIO			165.5	4	1.583	2.417	82.75	2	0.01211	0.5516	97.640
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 8 horas.

Tabla 23. Estadístico del Taladro de Pedestal

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			TALADRO DE PEDESTAL				CÓDIGO: TAS-TDP-AT2-01				
			ÁREA DE TRABAJO 2				VIGENCIA: 2023				
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
ENERO	Inicio de actividades	03/01/2022									
	Verificación de correcta funcionalidad	14/01/2022	50	1	0.5	0.5	52	1	0.0192	1.0000	98.11
	Lubricación a los dientes de la columna y de la entenalla	31/01/2022	54	1	0	1					
FEBRERO	Verificación de componentes y encerado de ángulos	11/02/2022	44	1	0.5	0.5	46.5	1.25	0.0215	0.8000	97.38
	Revisión y mantenimiento de poleas y pines	25/02/2022	49	1.5	0.5	1					
MARZO	Revisión del mandril y porta mandril	18/03/2022	63.5	1	0.5	0.5	53.75	1	0.0186	1.0000	98.17
	Lubricación a los dientes de la columna y de la entenalla	31/03/2022	44	1	0	1					
ABRIL	Revisión de desgaste en la caña y mesa	14/04/2022	49	1	0.5	0.5	49	1.25	0.0204	0.8000	97.51
	Revisión y mantenimiento de poleas y pines	29/04/2022	49	1.5	0.5	1					

Tabla 24. Estadístico del Taladro de Pedestal (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			TALADRO DE PEDESTAL				CÓDIGO: TAS-TDP-AT2-01				
			ÁREA DE TRABAJO 2				VIGENCIA: 2023				
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
MAYO	Mantenimiento interno del motor	13/05/2022	43.5	2	0.5	1.5	50.75	1.5	0.0197	0.6667	97.13
	Lubricación a los dientes de la columna y de la entenalla	31/05/2022	58	1	0	1					
JUNIO	Cambio de bandas	17/06/2022	64	1	0.5	0.5	54	1.25	0.0185	0.8000	97.74
	Revisión y mantenimiento de poleas y pines	30/06/2022	44	1.5	0.5	1					
JULIO	limpieza y engrasado de partes móviles	15/07/2022	53.5	1	0.5	0.5	51.25	1	0.0195	1.0000	98.09
	Lubricación a los dientes de la columna y de la entenalla	29/07/2022	49	1	0	1					
AGOSTO	Verificación de componentes y encerado de ángulos	11/01/1900	44	1	0.5	0.5	54	1.25	0.0185	0.8000	97.74
	Revisión y mantenimiento de poleas y pines	31/08/2022	64	1.5	0.5	1					
SEPTIEMBRE	Revisión del mandril y porta mandril	16/09/2022	58.5	1	0.5	0.5	53.75	1	0.0186	1.0000	98.17
	Lubricación a los dientes de la columna y de la entenalla	30/09/2022	49	1	0	1					

Tabla 25. Estadístico del Taladro de Pedestal (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			TALADRO DE PEDESTAL				CÓDIGO: TAS-TDP-AT2-01				
			ÁREA DE TRABAJO 2				VIGENCIA: 2023				
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
OCTUBRE	Revisión de desgaste en la caña y mesa	14/10/2022	49	1	0.5	0.5	51.5	1.25	0.0194	0.8000	97.63
	Revisión y mantenimiento de poleas y pines	31/10/2022	54	1.5	0.5	1					
NOVIEMBRE	Mantenimiento interno del motor	18/11/2022	63.5	2	0.5	1.5	50.75	1.5	0.0197	0.6667	97.13
	Lubricación a los dientes de la columna y de la entenalla	30/11/2022	38	1	0	1					
DICIEMBRE	Cambio de bandas	16/12/2022	59	1	0.5	0.5	54	1.25	0.0185	0.8000	97.74
	Revisión y mantenimiento de poleas y pines	30/12/2022	49	1.5	0.5	1					
TOTAL			1242.5	29	9	20	621.25	14.5	0.2322	10.133	1172.54
PROMEDIO			103.54	2.417	0.75	1.667	51.7708	1.2083	0.0194	0.8444	97.712
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 5 horas.

Tabla 26. Estadístico de la Soldadora GMAW

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			SOLDADORA GMAW						CÓDIGO: TAS-SG-AT2-01		
			ÁREA DE TRABAJO 2						VIGENCIA: 2023		
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
ENERO	Inicio de actividades	03/01/2022									
	Verificación de cables eléctricos e inspección visual	14/01/2022	40	1	0.5	0.5	41.5	1	0.0241	1.0000	97.65
	Mantenimiento a los rodillos del alimentador de alambre de aporte	31/01/2022	43	1	0.5	0.5					
FEBRERO	Mantenimiento a la antorcha y verificación de boquilla	11/02/2022	35	1	0.5	0.5	37	1.25	0.0270	0.8000	96.73
	Verificación de desgaste de rodillos de arrastre de cable y lubricación	25/02/2022	39	1.5	0.5	1					
MARZO	Revisión del sistema de gas	18/03/2022	50.5	1	0.5	0.5	42.75	1	0.0234	1.0000	97.71
	Mantenimiento a los rodillos del alimentador de alambre de aporte	31/03/2022	35	1	0.5	0.5					
ABRIL	Limpieza y cambio de consumibles	14/04/2022	39	1	0.5	0.5	39	1.5	0.0256	0.6667	96.30
	Mantenimiento a la antorcha y verificación de boquilla	29/04/2022	39	2	1	1					

Tabla 27. Estadístico de la Soldadora GMAW (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			SOLDADORA GMAW				CÓDIGO: TAS-SG-AT2-01				
			ÁREA DE TRABAJO 2				VIGENCIA: 2023				
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
MAYO	Cambio del gas de aporte para la soldadura	13/05/2022	34	2	1	1	40	1.5	0.0250	0.6667	96.39
	Mantenimiento a los rodillos del alimentador de alambre de aporte	31/05/2022	46	1	0.5	0.5					
JUNIO	Verificación de desgaste de rodillos de arrastre de cable	17/06/2022	51	1	0.5	0.5	43	1.5	0.0233	0.6667	96.63
	Mantenimiento a la antorcha y verificación de boquilla	30/06/2022	35	2	1	1					
JULIO	Cambio de cable de aporte de soldadura	15/07/2022	42	1	0.5	0.5	40.5	1	0.0247	1.0000	97.59
	Mantenimiento a los rodillos del alimentador de alambre de aporte	29/07/2022	39	1	0.5	0.5					
AGOSTO	Limpieza y cambio de consumibles	11/01/1900	35	1	0.5	0.5	43	1.5	0.0233	0.6667	96.63
	Mantenimiento a la antorcha y verificación de boquilla	31/08/2022	51	2	1	1					
SEPTIEMBRE	Cambio del gas de aporte para la soldadura	16/09/2022	46	2	1	1	42	1.5	0.0238	0.6667	96.55
	Mantenimiento a los rodillos del alimentador de alambre de aporte	30/09/2022	38	1	0.5	0.5					

Tabla 28. Estadístico de la Soldadora GMAW (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			SOLDADORA GMAW				CÓDIGO: TAS-SG-AT2-01				
			ÁREA DE TRABAJO 2				VIGENCIA: 2023				
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
OCTUBRE	Limpieza a ruedas de la porta soldadora	14/10/2022	39	1	0.5	0.5	41	1.5	0.0244	0.6667	96.47
	Mantenimiento a la antorcha y verificación de boquilla	31/10/2022	43	2	1	1					
NOVIEMBRE	Verificación de desgaste de rodillos de arrastre de cable y mantenimiento	18/11/2022	50	1	0.5	0.5	40.5	1.5	0.0247	0.6667	96.43
	Mantenimiento a la unidad de control	30/11/2022	31	2	0.5	1.5					
DICIEMBRE	Cambio de cable de aporte de soldadura	16/12/2022	46	1	0.5	0.5	42.5	1	0.0235	1.0000	97.70
	Lubricación del carrete del cable de aporte	30/12/2022	39	1	0.5	0.5					
TOTAL			985.5	31.5	15	16.5	492.75	15.75	0.2687	8.4667	1065.13
PROMEDIO			82.125	2.625	1.25	1.375	41.0625	1.3125	0.0224	0.7056	96.898
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 4 horas.

Tabla 29. Estadístico del Elevador de Vehículos 01

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-01			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
OCTUBRE	Inicio de actividades	03/10/2022									
	Verificación de correcta funcionalidad	14/10/2022	80	1	0.5	0.5	83.5	1	0.0120	1	98.82
	Lubricación a los deslizadores y brazos	31/10/2022	87	1	0	1					
NOVIEMBRE	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	18/11/2022	103	1.5	0.5	1	82.75	1.75	0.0121	1	97.93
	Mantenimiento a la unidad de control	30/11/2022	62.5	2	0.5	1.5					
DICIEMBRE	Mantenimiento sistema eléctrico y sensor de altura	16/12/2022	94	1.5	0.5	1	86.25	1.25	0.0116	1	98.57
	Lubricación a los deslizadores y brazos	30/12/2022	78.5	1	0	1					
ENERO	Mantenimiento de brazos y regulaciones de altura	13/01/2023	79	1	0.5	0.5	87	1.25	0.0115	1	98.58
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/01/2023	95	1.5	0.5	1					
FEBRERO	Mantenimientos al motor eléctrico	10/02/2023	62.5	3	2	1	73.75	2	0.0136	1	97.36
	Lubricación a los deslizadores y brazos	28/02/2023	85	1	0	1					

Tabla 30. Estadístico del Elevador de Vehículos 01 (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-01			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
MARZO	Engrasado de partes móviles	17/03/2023	103	2	0.5	1.5	90.5	1.75	0.0110	1	98.10
	Mantenimiento sistema eléctrico y fin de carrera	31/03/2023	78	1.5	0.5	1					
ABRIL	Mantenimiento a los gatos hidráulicos	14/04/2023	70.5	3	1	2	73.75	2.25	0.0136	0	97.04
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	28/04/2023	77	1.5	0.5	1					
MAYO	Mantenimiento sistema eléctrico y sensor de altura	12/05/2023	70.5	1.5	0.5	1	82.5	1.25	0.0121	1	98.51
	Lubricación a los deslizadores y brazos	31/05/2023	94.5	1	0	1					
TOTAL			1320	25	8	17	660	12.5	0.0974	5.49	784.91
PROMEDIO			165	3.125	1	2.125	82.5	1.5625	0.01218	0.7	98.114
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 8 horas.

Tabla 31. Estadístico del Elevador de Vehículos 02

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-02			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
OCTUBRE	Inicio de actividades	03/10/2022									
	Verificación de correcta funcionalidad	14/10/2022	70	1	0.5	0.5	73	1	0.0137	1	98.65
	Lubricación a los deslizadores y brazos	31/10/2022	76	1	0	1					
NOVIEMBRE	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	18/11/2022	90	1.5	0.5	1	72.25	1.75	0.0138	1	97.64
	Mantenimiento a la unidad de control	30/11/2022	54.5	2	0.5	1.5					
DICIEMBRE	Mantenimiento sistema eléctrico y sensor de altura	16/12/2022	82	1.5	0.5	1	75.25	1.25	0.0133	1	98.37
	Lubricación a los deslizadores y brazos	30/12/2022	68.5	1	0	1					
ENERO	Mantenimiento de brazos y regulaciones de altura	13/01/2023	69	1	0.5	0.5	76	1.25	0.0132	1	98.38
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/01/2023	83	1.5	0.5	1					
FEBRERO	Lubricación deslizadores y brazos	10/02/2023	54.5	1	0	1	65.25	1.5	0.0153	1	97.75
	Engrasado partes móviles	28/02/2023	76	2	0.5	1.5					

Tabla 32. Estadístico del Elevador de Vehículos 02 (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-02			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
MARZO	Mantenimiento sistema eléctrico y fin de carrera	17/03/2023	89	1.5	0.5	1	78.75	1.5	0.0127	1	98.13
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/03/2023	68.5	1.5	0.5	1					
ABRIL	Mantenimiento al motor eléctrico	14/04/2023	61.5	3	1	2	64.25	2.25	0.0156	0	96.62
	Mantenimiento sistema eléctrico y sensor de altura	28/04/2023	67	1.5	0.5	1					
MAYO	Lubricación a los deslizadores y brazos	12/05/2023	61.5	1	0	1	72.25	1.25	0.0138	1	98.30
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/05/2023	83	1.5	0.5	1					
TOTAL			1154	23.5	6.5	17.0	577	11.75	0.1114	5.75	783.83
PROMEDIO			144.25	2.938	0.813	2.125	72.125	1.4688	0.01393	0.7	97.979
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 7 horas.

Tabla 33. Estadístico del Elevador de Vehículos 03

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-03			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
OCTUBRE	Inicio de actividades	03/10/2022									
	Verificación de correcta funcionalidad	14/10/2022	50	1	0.5	0.5	52	1	0.0192	1	98.11
	Lubricación a los deslizadores y brazos	31/10/2022	54	1	0	1					
NOVIEMBRE	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	18/11/2022	64	1.5	0.5	1	51.25	1.75	0.0195	1	96.70
	Mantenimiento a la unidad de control	30/11/2022	38.5	2	0.5	1.5					
DICIEMBRE	Mantenimiento sistema eléctrico y sensor de altura	16/12/2022	58	1.5	0.5	1	53.25	1.25	0.0188	1	97.71
	Lubricación a los deslizadores y brazos	30/12/2022	48.5	1	0	1					
ENERO	Mantenimiento de brazos y regulaciones de altura	13/01/2023	49	1	0.5	0.5	54	1.25	0.0185	1	97.74
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/01/2023	59	1.5	0.5	1					
FEBRERO	Mantenimientos al motor eléctrico	10/02/2023	38.5	3	2	1	45.25	2	0.0221	1	95.77
	Lubricación a los deslizadores y brazos	28/02/2023	52	1	0	1					

Tabla 34. Estadístico del Elevador de Vehículos 03 (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-03			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
MARZO	Engrasado de partes móviles	17/03/2023	64	2	0.5	1.5	56	1.75	0.0179	1	96.97
	Mantenimiento al sistema eléctrico y fin de carrera	31/03/2023	48	1.5	0.5	1					
ABRIL	Mantenimiento a los gatos hidráulicos	14/04/2023	43.5	3	1	2	45.25	2.25	0.0221	0	95.26
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	28/04/2023	47	1.5	0.5	1					
MAYO	Mantenimiento sistema eléctrico y fin de carrera	12/05/2023	43.5	1.5	0.5	1	51	1.25	0.0196	1	97.61
	Lubricación a los deslizadores y brazos	31/05/2023	58.5	1	0	1					
TOTAL			816	25	8	17.0	408	12.5	0.1577	5.49	775.86
PROMEDIO			102	3.125	1	2.125	51	1.5625	0.01971	0.7	96.983
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 5 horas.

Tabla 35. Estadístico del Elevador de Vehículos 04

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-04			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTTR	λ	μ	D %
OCTUBRE	Inicio de actividades	03/10/2022									
	Verificación de correcta funcionalidad	14/10/2022	40	1	0.5	0.5	41.5	1	0.0241	1	97.65
	Lubricación a los deslizadores y brazos	31/10/2022	43	1	0	1					
NOVIEMBRE	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	18/11/2022	51	1.5	0.5	1	40.75	1.75	0.0245	1	95.88
	Mantenimiento a la unidad de control	30/11/2022	30.5	2	0.5	1.5					
DICIEMBRE	Mantenimiento al sistema eléctrico y sensor de altura	16/12/2022	46	1.5	0.5	1	42.25	1.25	0.0237	1	97.13
	Lubricación a los deslizadores y brazos	30/12/2022	38.5	1	0	1					
ENERO	Mantenimiento de brazos y regulaciones de altura	13/01/2023	39	1	0.5	0.5	43	1.25	0.0233	1	97.18
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/01/2023	47	1.5	0.5	1					
FEBRERO	Lubricación a los deslizadores y brazos	10/02/2023	30.5	1	0	1	36.75	1.5	0.0272	1	96.08
	Engrasado de partes móviles	28/02/2023	43	2	0.5	1.5					

Tabla 36. Estadístico del Elevador de Vehículos 04 (continuación)

			ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					CÓDIGO: TAS-EV-AT1-04			
			ÁREA DE TRABAJO 1					VIGENCIA: 2023			
MES	ACTIVIDADES	FECHA	TO (h)	TP (h)	TR (h)	TM (h)	MTBF	MTRR	λ	μ	D %
MARZO	Mantenimiento al sistema eléctrico y sensor de altura	17/03/2023	50	1.5	0.5	1	44.25	1.5	0.0226	1	96.72
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/03/2023	38.5	1.5	0.5	1					
ABRIL	Mantenimiento al motor eléctrico	14/04/2023	34.5	3	1	2	35.75	2.25	0.0280	0	94.08
	Mantenimiento al sistema eléctrico y sensor de altura	28/04/2023	37	1.5	0.5	1					
MAYO	Lubricación a los deslizadores y brazos	12/05/2023	34.5	1	0	1	40.75	1.25	0.0245	1	97.02
	Mantenimiento, engrasado de platos y dientes del soporte	31/05/2023	47	1.5	0.5	1					
TOTAL			650	23.5	6.5	17.0	325	11.75	0.1979	5.75	771.73
PROMEDIO			81.25	2.9375	0.8125	2.125	40.625	1.4688	0.02474	0.7	96.467
Elaborado por:			Revisado por:					Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis			

Nota: El número de horas que opera diariamente la máquina es de 4 horas.

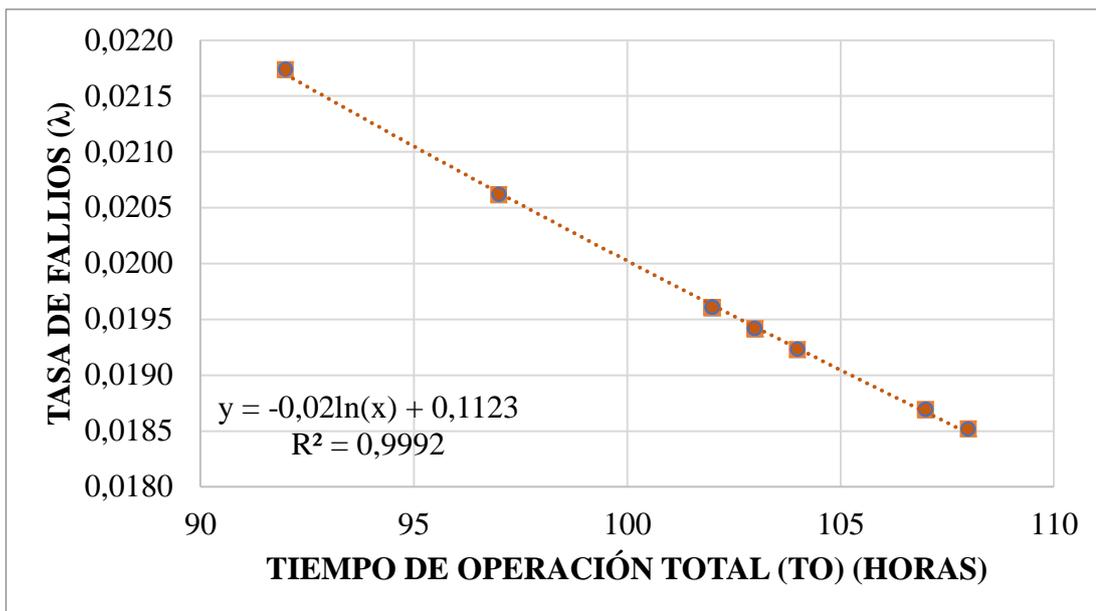


Fig. 2. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la prensa hidráulica. Ecuación logarítmica.

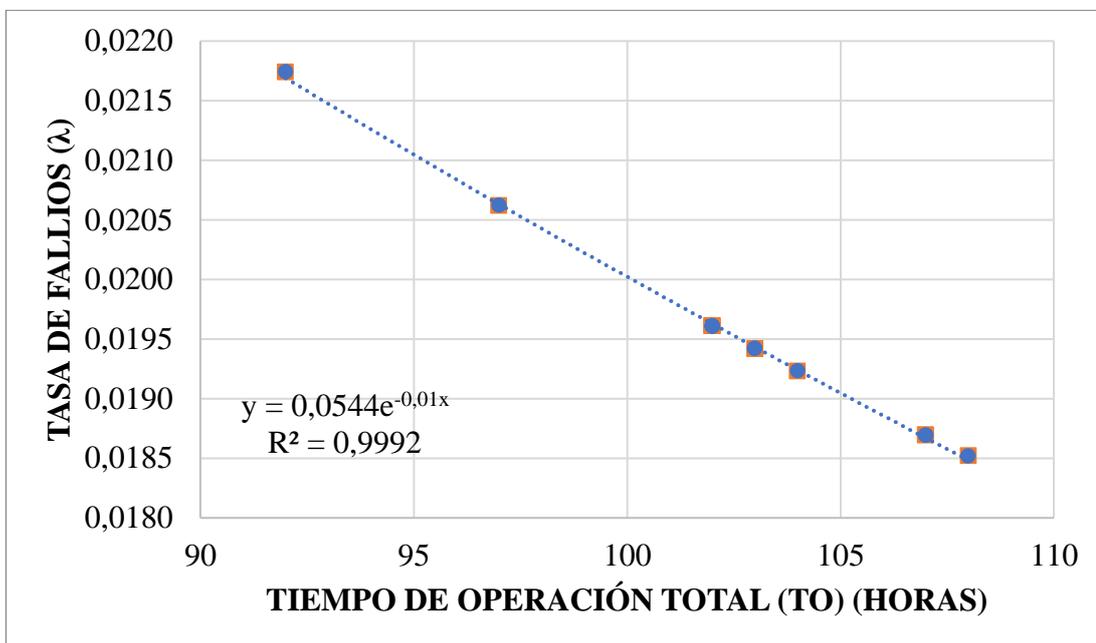


Fig. 3. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la prensa hidráulica. Ecuación exponencial.

En las figuras 2 y 3 se observa la tasa de fallos vs. el tiempo de operación de la prensa hidráulica, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial, respectivamente. Ambas figuras muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan valores de $R^2=0.9992$. Por otro lado, el valor máximo de la prensa hidráulica es 0.0217 y el valor mínimo es 0.0187, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso

de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

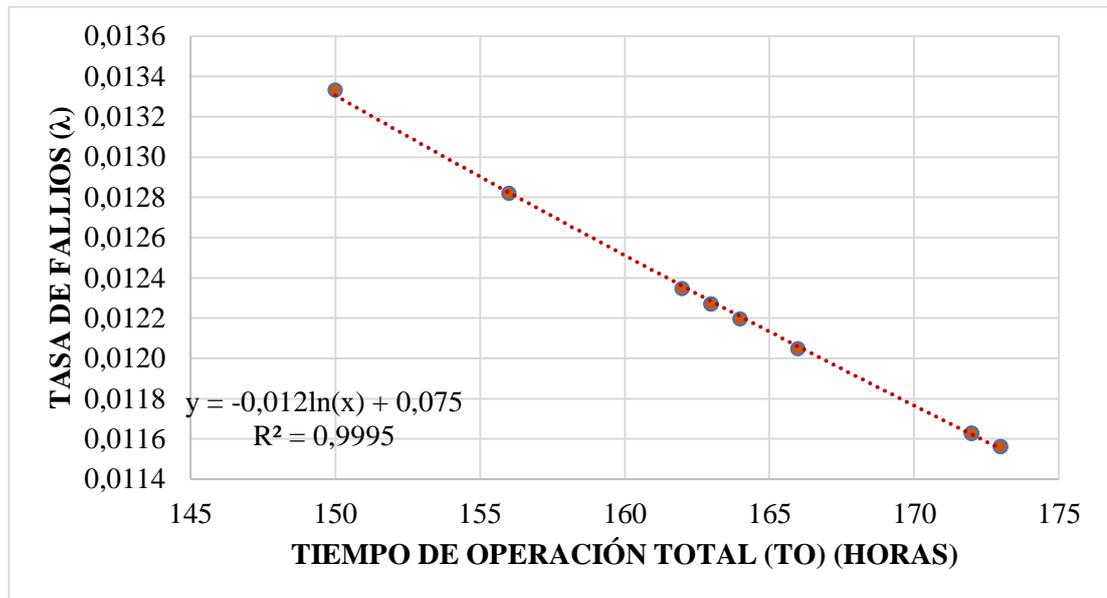


Fig. 4. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del compresor de aire. Ecuación logarítmica.

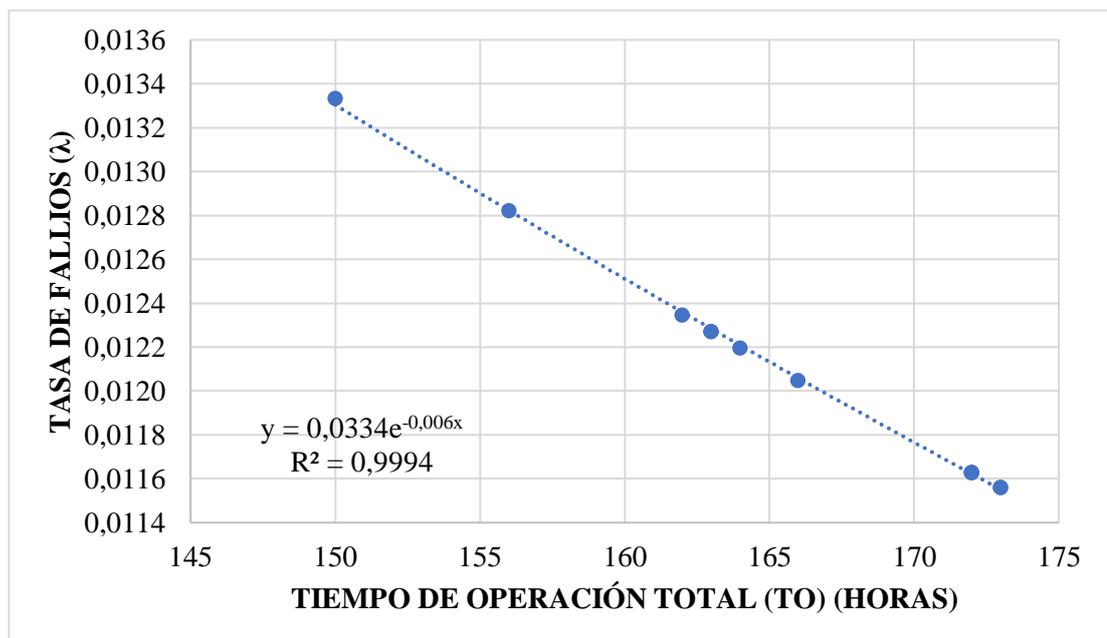


Fig. 5. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del compresor de aire. Ecuación exponencial.

En las Figuras 4 y 5 se muestra la tasa de fallos en función del tiempo de operación del compresor de aire, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial, respectivamente. Ambas gráficas muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan

valores de $R^2=0.9995$ y $R^2=0.9994$. Por otro lado, el valor máximo del compresor de aire es 0.0133 y el valor mínimo es 0.0116, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

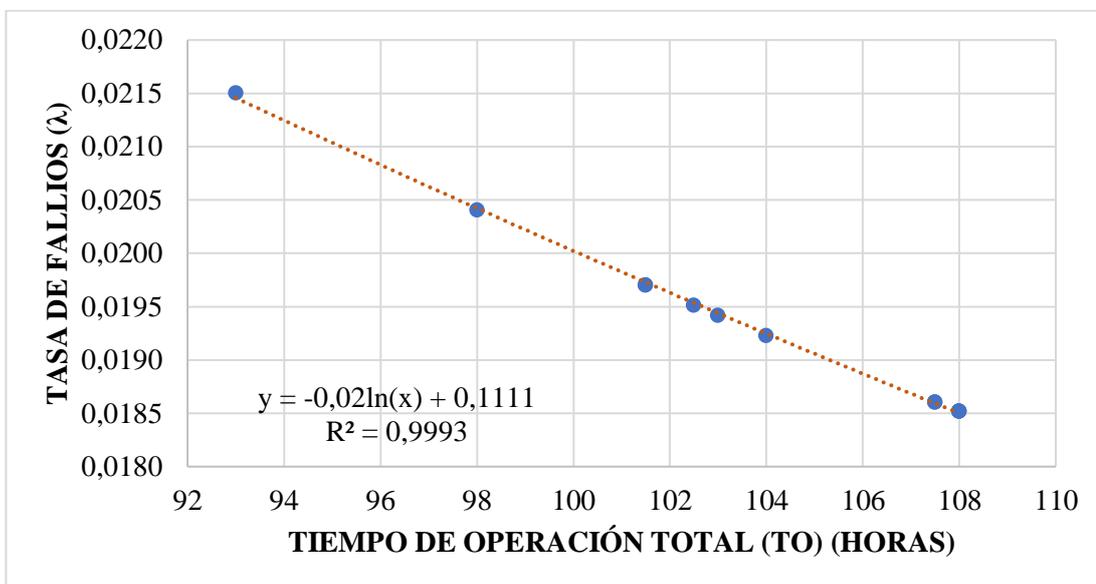


Fig. 6. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del taladro de pedestal. Ecuación logarítmica.

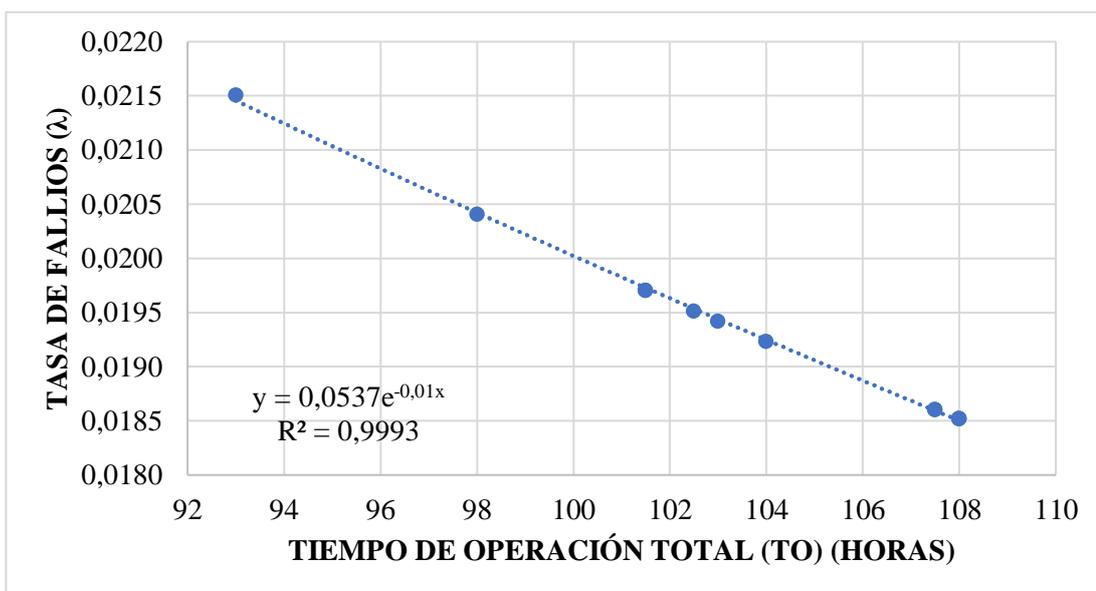


Fig. 7. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del taladro de pedestal. Ecuación exponencial.

En las Figuras 6 y 7 se muestra la tasa de fallos en función del tiempo de operación del taladro de pedestal, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial,

respectivamente. Ambas gráficas muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan valores de $R^2=0.9993$. Por otro lado, el valor máximo del taladro de pedestal es 0.0215 y el valor mínimo es 0.0185, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

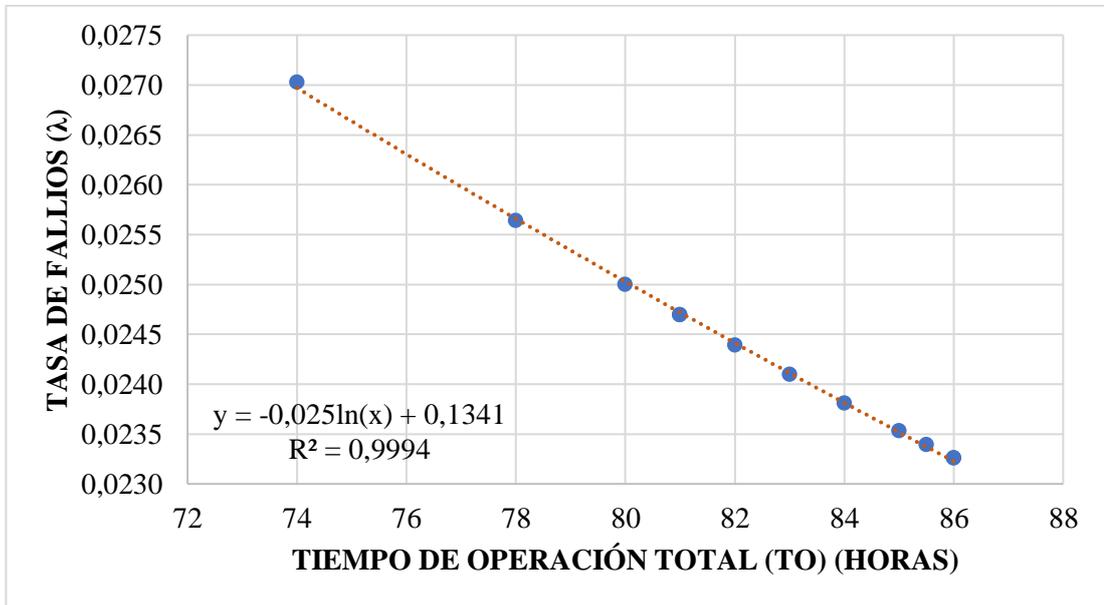


Fig. 8. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la soldadora GMAW. Ecuación logarítmica.

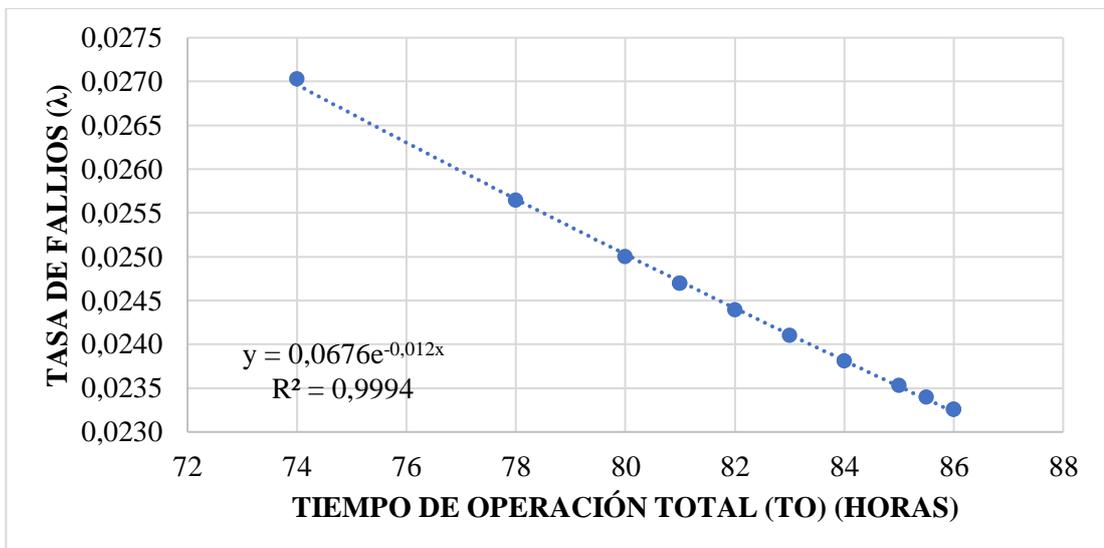


Fig. 9. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total de la soldadora GMAW. Ecuación exponencial.

En las Figuras 8 y 9 se describen la tasa de fallos vs. el tiempo de operación del taladro de pedestal, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial, respectivamente. Ambas gráficas muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan valores de $R^2=0.9994$. Por otro lado, el valor máximo de la soldadora GMAW es 0.0270 y el valor mínimo es 0.0233, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

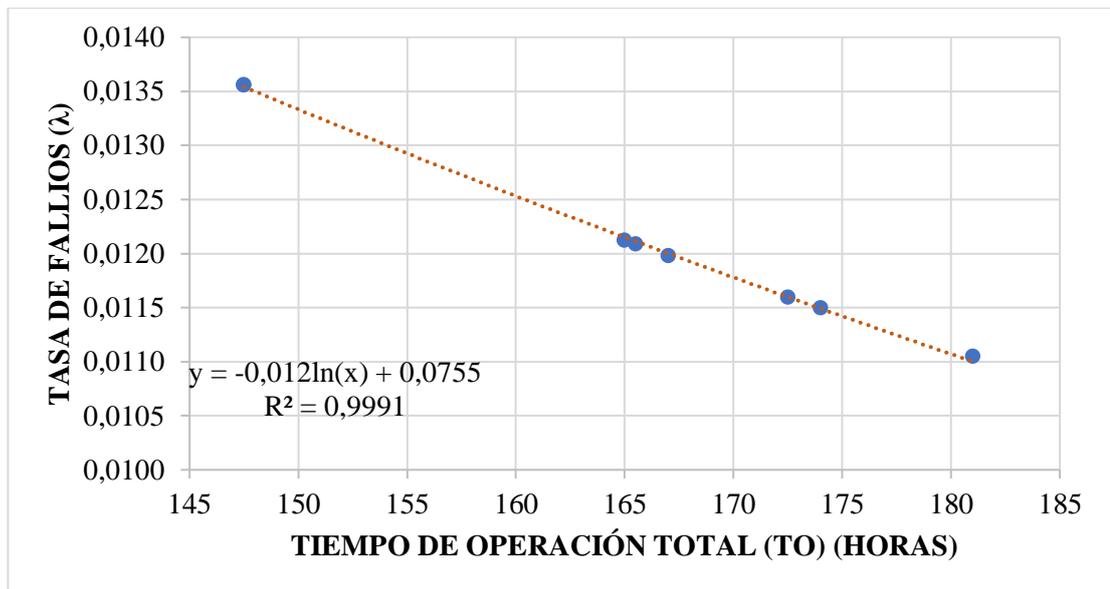


Fig. 10. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 01. Ecuación logarítmica.

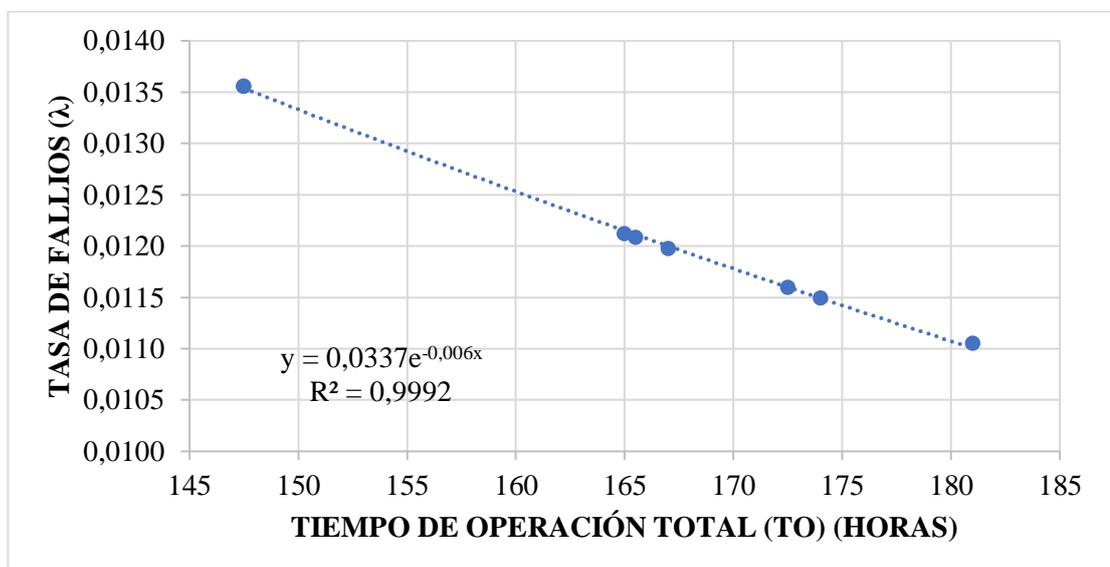


Fig. 11. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 01. Ecuación exponencial.

En las Figuras 10 y 11 se observa la tasa de fallos vs. el tiempo de operación del taladro de pedestal, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial, respectivamente. Ambas gráficas muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan valores de $R^2=0.9991$ y $R^2=0.9992$. Por otro lado, el valor máximo del elevador 1 es 0.0136 y el valor mínimo es 0.0110, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

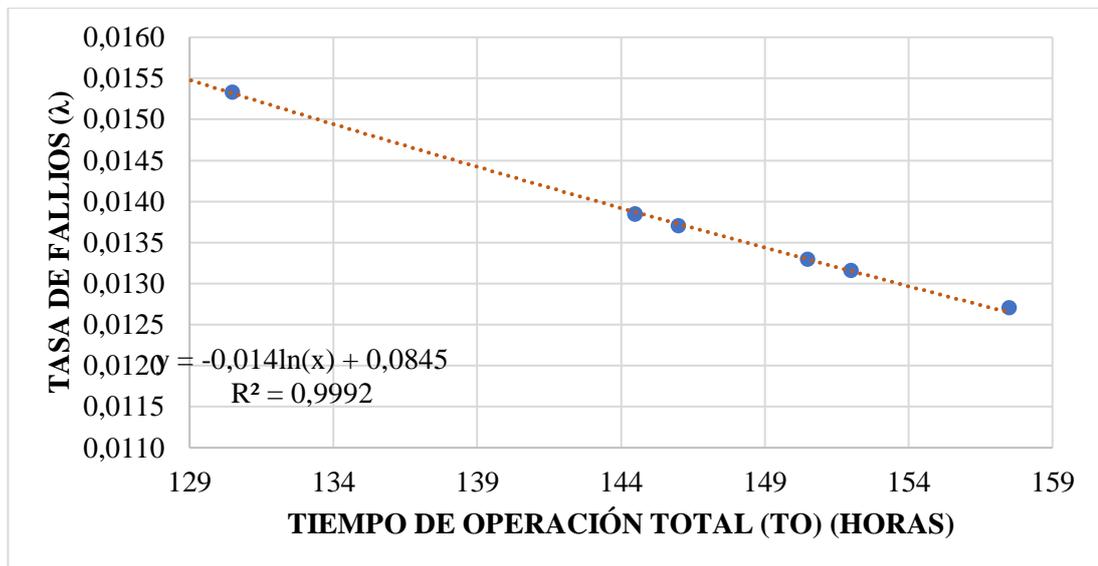


Fig. 12. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 02. Ecuación logarítmica.

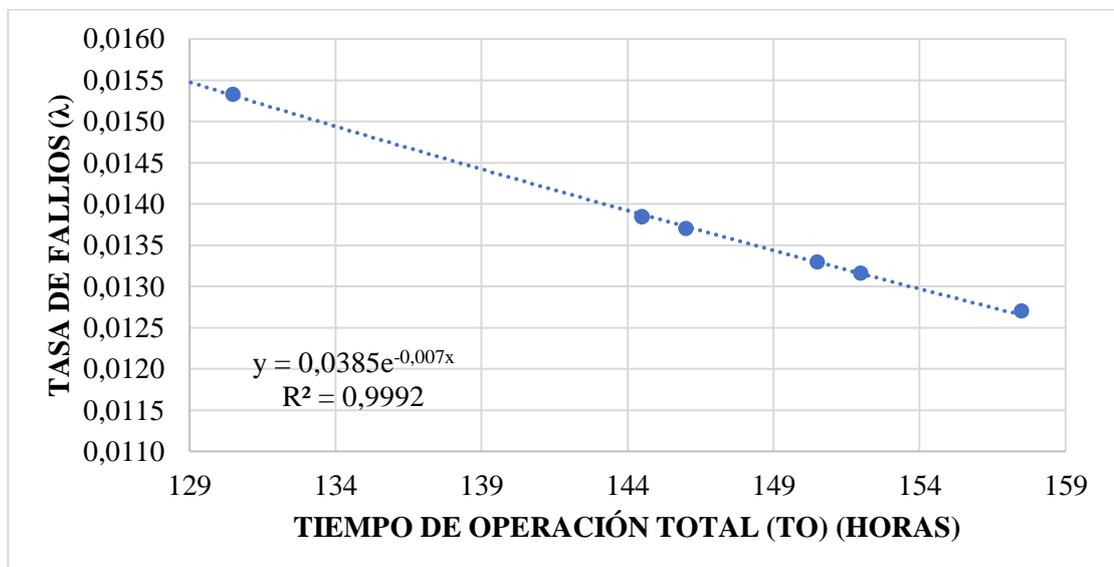


Fig. 13. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 02. Ecuación exponencial.

En las Figuras 12 y 13 se observa la tasa de fallos en función del tiempo de operación del taladro de pedestal, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial, respectivamente. Ambas gráficas muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan valores de $R^2=0.9992$. Por otro lado, el valor máximo del elevador 2 es 0.0153 y el valor mínimo es 0.0127, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

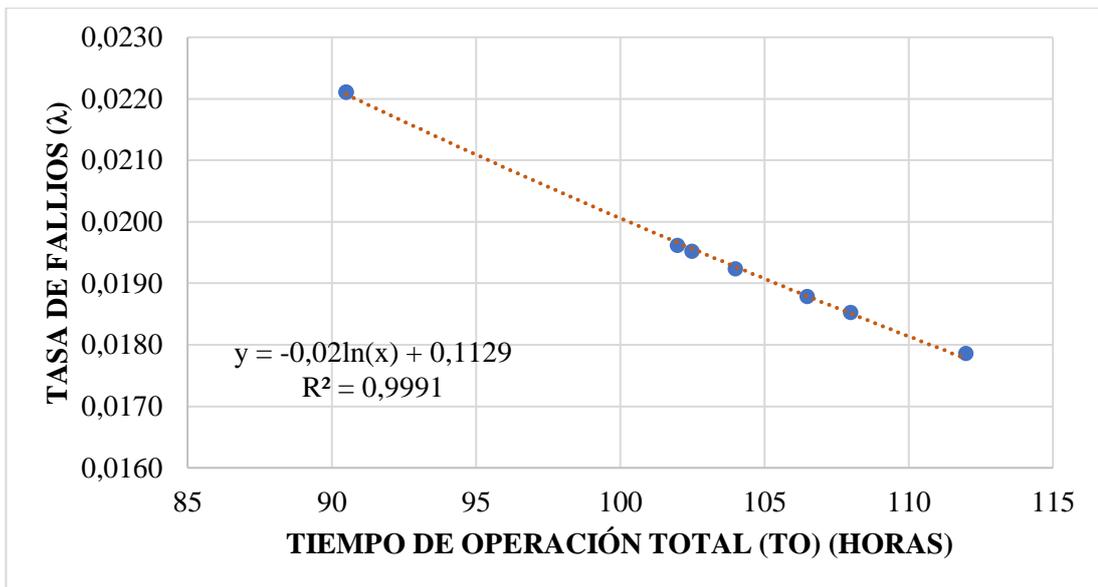


Fig. 14. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 03. Ecuación logarítmica.

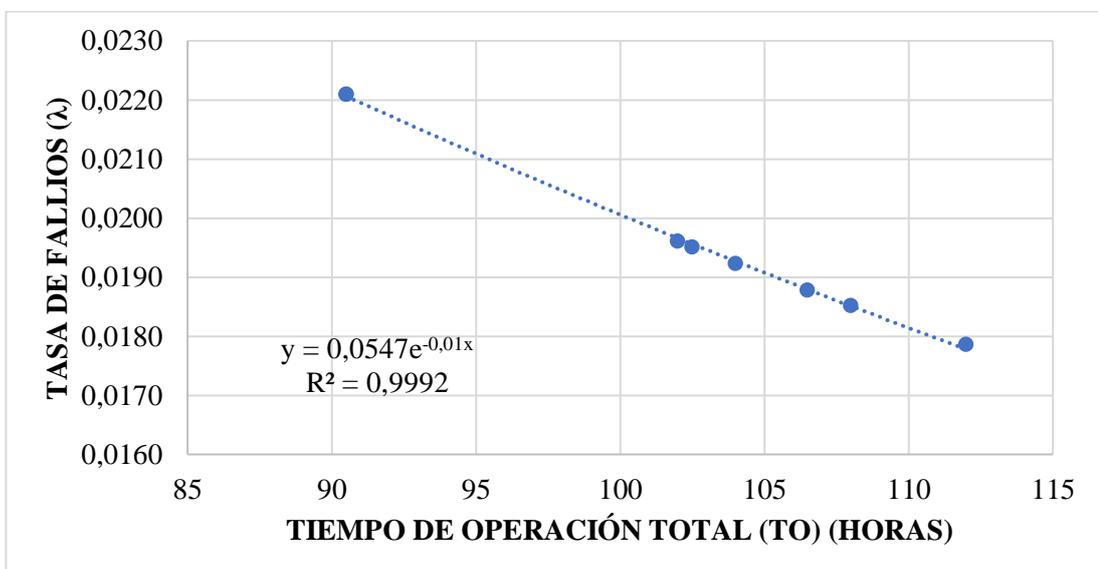


Fig. 15. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 03. Ecuación exponencial.

En las Figuras 14 y 15 se observa la tasa de fallos vs. el tiempo de operación del taladro de pedestal, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial, respectivamente. Ambas gráficas muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan valores de $R^2=0.9991$ y $R^2=0.9992$. Por otro lado, el valor máximo del elevador 3 es 0.0221 y el valor mínimo es 0.0179, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

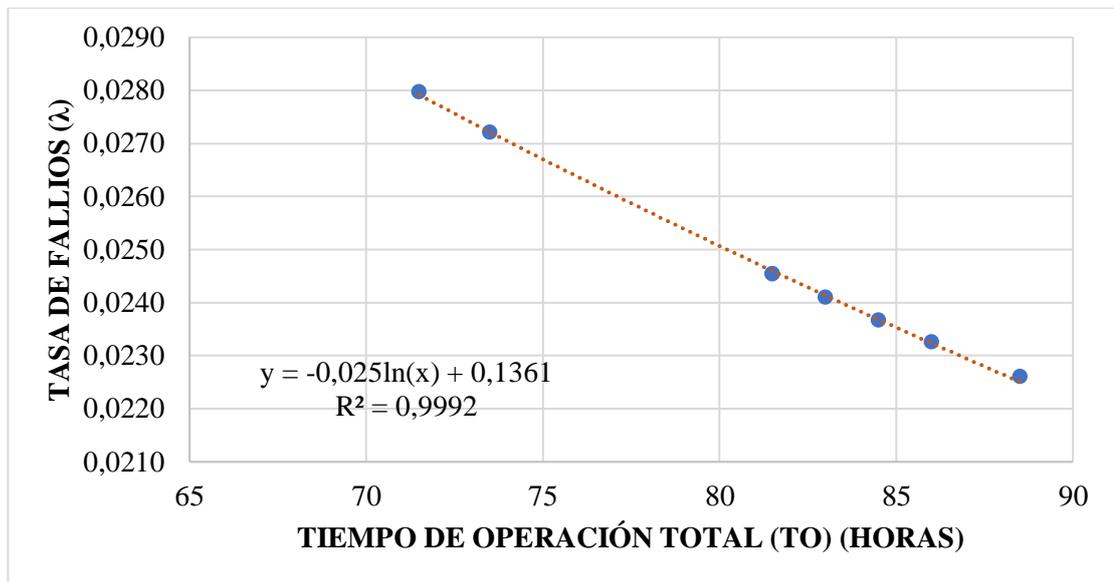


Fig. 16. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 04. Ecuación logarítmica.

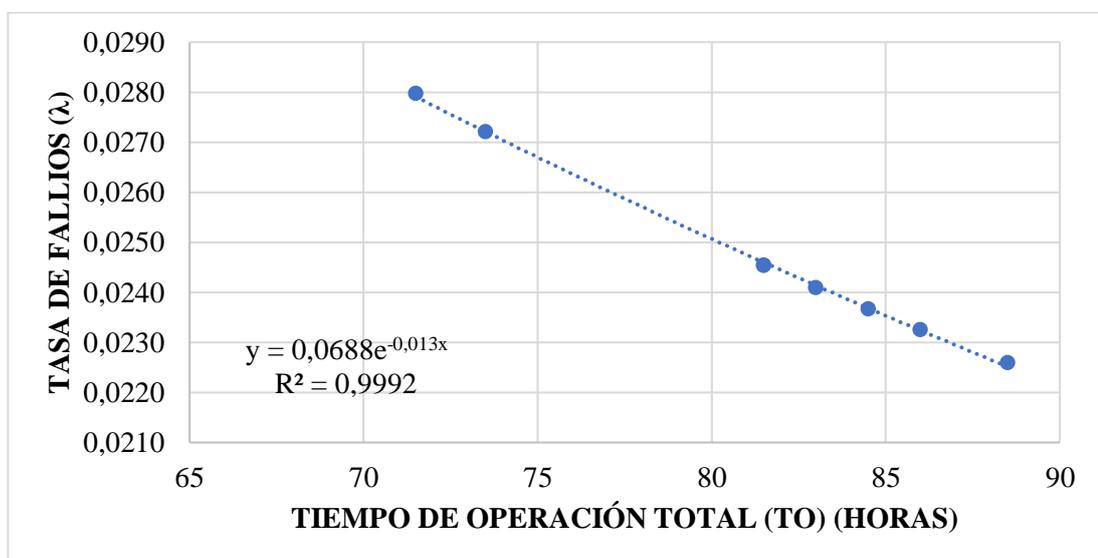


Fig. 17. Tasa de fallos en función del tiempo de operación total del elevador de vehículos 04. Ecuación exponencial.

En las Figuras 16 y 17 se observa la tasa de fallos vs. el tiempo de operación del taladro de pedestal, mostrando, además, la ecuación logarítmica y exponencial, respectivamente. Ambas gráficas muestran una fiabilidad alta dado que alcanzan valores de $R^2=0.9992$. Por otro lado, el valor máximo del elevador 4 es 0.0280 y el valor mínimo es 0.0226, teniendo una curva de bañera en la etapa 2. Este descenso de la tendencia a fallos demuestra que el mantenimiento preventivo genera resultados favorables.

3.2.2 Análisis de modos y efectos de fallo AMFE

La matriz AMFE es empleada con el fin de conocer las fallas existentes en un proceso de trabajo, a través de una investigación de la recurrencia en donde se detallan modos de fallos y sus causas para con ello lograr generar un control de estos. Para los índices de frecuencia, gravedad y detección se detalla los valores asignados en la Tabla 25. Dentro de la tabla se considera los riesgos críticos mayores a 100, representado con color rojo, en base a lo mostrado en la norma NTP 679 [33].

Tabla 37. Tabla de valoración para la matriz AMFE [33]

Tabla de valoración			
Frecuencia		Detección	
Imposible	(1 - 2)	Muy elevada	(1 - 2)
Remota	(3 - 4)	Elevada	(3 - 4)
Ocasional	(5 - 6)	Moderada	(5 - 6)
Frecuente	(7 - 8)	Escasa	(7 - 8)
Muy frecuente	(9 - 10)	Muy escasa	(9 - 10)
Gravedad		Riesgo crítico	IPR >100
Insignificante	(1 - 2)		
Moderado	(3 - 4)		
Importante	(5 - 6)		
Crítico	(7 - 8)		
Catastrófico	(9 - 10)		

Tabla 38. Matriz AMFE de la prensa hidráulica

			MATRIZ AMFE										
			PRENSA HIDRÁULICA				Código: TAS-PH-AT2-01						
			Área de trabajo 2				Vigencia: 2023						
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
1	Estructura	Formar un cuerpo sólido para poder ejercer presión sobre un objeto	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Desgaste de la estructura	4	5	4	80	Mantener la máquina bajo techo		
			Fisuras	Fractura	Exceso de presión	Fisuración en la estructura	3	7	4	84	No exceder de la presión máxima		
2	Motor	Generar movimiento para el funcionamiento de la bomba hidráulica	Pérdida de Potencia	Desgaste	Desgaste de consumibles	Falla del motor, pérdida de potencia	3	6	7	126	Cambiar los consumibles de motor		
			Fundido	Deterioro	Recalentamiento	Prensa no funcional	2	8	6	96	Realizar limpieza al estator y rotor		
3	Gato Hidráulico	Ejercer fuerza en el elemento seleccionado a presar	Desgaste del émbolo	Desgaste	Bocines en mal estado	Mal funcionamiento y pérdida de aceite	3	7	6	126	Cambiar los bocines del émbolo		
			Deformación	Deformación	Sobrepasar el límite de presión	Prensa no funcional	2	8	4	64	No exceder la presión aplicada		
4	Mangueras	Transportar la presión de aceite de la bomba al gato hidráulico	Fisuras por la presión	Fractura	Exceso de presión	Fuga de aceite	3	8	2	48	No exceder la presión máxima		
			Deformación	Deformación	Mangueras en mal estado	Pérdida de presión	4	6	3	72	Revisar el estado de las mangueras de presión		
5	Mando de control	Permite dar paso al aceite desde la bomba al gato hidráulico	Desgaste de sellos	Desgaste	Falta de Mantenimiento	Pérdida de presión en el sistema	3	8	3	72	Realizar mantenimiento al mando cambiando los sellos, cauchos		
			Fuga de aceite	Deformación	Tiempo de Uso	Pérdida de aceite por acoples y sellos	4	7	2	56	Cambiar los acoples y sellos al presenciar humedad de aceite		

Tabla 39. Matriz AMFE de la prensa hidráulica (continuación)

			MATRIZ AMFE										
			PRENSA HIDRÁULICA						Código: TAS-PH-AT2-01				
			Área de trabajo 2						Vigencia: 2023				
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
6	Depósito de aceite	Almacenar y abastecer a la bomba de aceite	Fisuras	Fractura	Condiciones de uso	Pérdida de aceite del sistema	2	7	3	42	Tener precauciones de uso alado del depósito		
			Deformación	Deformación	Aceite muy pesado	Deformación del depósito	4	5	4	80	Usar aceite especificado para la máquina		
7	Bomba de aceite	Circular el aceite al gato hidráulico generando presión	Pérdida de Presión	Desgaste	No cambiar el aceite	No genera presión requerida	4	8	4	128	Cambiar y usar aceite especificado		
			Deterioro interno	Deterioro	Falta de Mantenimiento	Produce sonidos y desgaste	3	8	4	96	Realizar limpieza y verificación de la bomba		
8	Manómetro	Medir la presión de aceite generada por el gato hidráulico	Fuga de aceite	Fisura	Acoples en mal estado	Pérdida de aceite por el acople	3	4	3	36	Revisar el estado del acople y de su sellante		
			Descalibración	Descalibración	Tiempo de Uso	Datos de presión erróneos	2	7	6	84	Adquirir un manómetro de buena calidad		
9	Mesa	Sostener objetos mecánicos para ser prensados	Deformación	Deformación	Exceso de peso y presión	Superficie cóncava	4	6	3	72	No exceder la presión y peso máximo		
			Fisuras	Fractura	Exceso de peso y presión	Prensa no funcional	2	6	5	60	No exceder la presión y peso máximo		
10	Interruptor	Dar paso a la corriente para el funcionamiento del motor	Deterioro	Desgaste	Mala manipulación	Falla al prender y apagar	5	7	3	105	Usar interruptores industriales de buena calidad		
			Rotura	Fractura	Golpes y mala manipulación	No se activa el motor	4	8	3	96	Realizar una correcta manipulación		
Elaborado por:			Revisado por:						Aprobado por:				
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.						Mtro. José Solis				

Tabla 40. Matriz AMFE del compresor de aire

			MATRIZ AMFE								
			COMPRESOR DE AIRE				Código: TAS-CA-AT2-01				
			Área de trabajo 2				Vigencia: 2023				
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
							F	G	D	IPR	
1	Motor Eléctrico	Generar movimiento mediante la electricidad para transmitir al motor mecánico	Desgaste	Desgaste	Consumibles en mal estado	Falla del motor, pérdida de potencia	5	4	6	120	Cambiar consumibles a tiempo
			Fundido	Deterioro	Recalentamiento	Compresor no funcional	2	8	6	96	Realizar limpieza al estator y rotor
2	Motor Mecánico	Tomar aire del exterior y transformarlo en aire comprimido	Deterioro	Deterioro	Filtros de aire en mal estado	Pérdida de fuerza del motor	4	4	5	80	Revisar y cambiar los filtros de aire
			Desgaste interno	Desgaste	Tiempo de uso	Poca presión al comprimir aire	3	8	4	96	Revisar la presión para saber el estado del motor
3	Depósito de aire	Almacenar el aire comprimido producido por el motor mecánico	Fisura	Rotura	Fallo del presostato, exceso de presión	Compresor no funcional	2	10	6	120	Revisar el manómetro y carga del compresor
			Corrosión	Oxidación	Acumulación de Líquidos condensados	Oxidación en el depósito de aire	4	5	6	120	Purgar los líquidos condensados
4	Botonera	Dar paso la corriente eléctrica al motor eléctrico y al presostato	Deterioro	Desgaste	Mala manipulación	Falla al prender y apagar	5	7	3	105	Usar interruptores industriales de buena calidad
			Rotura	Fractura	Golpes y mala manipulación	No se activa el motor	4	8	3	96	Realizar una correcta manipulación
5	Banda	Transmitir el movimiento del motor eléctrico al motor mecánico	Deterioro	Desgaste	Falta de Tensión	Patinan las bandas	6	3	4	72	Revisar la tensión de la banda
			Fractura	Rotura	Exceso de trabajo, falta de tensión	No trabaja el motor mecánico	3	6	3	54	Revisar el estado de la banda

Tabla 41. Matriz AMFE del compresor de aire (continuación)

		MATRIZ AMFE									
		COMPRESOR DE AIRE						Código: TAS-CA-AT2-01			
		Área de trabajo 2						Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
							F	G	D	IPR	
6	Presostato	Controla la presión del aire comprimido activando o desactivando el sistema	Recalentamiento	Mal Instalación	Falta de complemento relé térmico	Desgaste de los platinos del contactor	6	6	3	108	Revisar la instalación que complemente con un relé térmico
			Desgaste de platinos	Desgaste	Relé térmico manda mucha corriente	Funcionamiento incorrecto del presostato	4	6	4	96	Medir que la corriente sea adecuada
7	Manómetro	Medir la presión del aire comprimido del sistema	Fuga de aceite	Fisura	Acoples en mal estado	Pérdida de aceite por el acople	3	4	3	36	Revisar el estado del acople y de su sellante
			Descalibración	Descalibración	Tiempo de Uso	Datos de presión erróneos	2	7	6	84	Adquirir un manómetro de buena calidad
8	Regulador de presión	Regula la presión del aire comprimido almacenada en el depósito	Exceso de presión	Descalibración	Tiempo de Uso	Exceso de presión, puede reventar las mangueras	5	6	3	90	Revisar la medición de presión en el manómetro
			Fuga de presión	Deterioro	Sellos en mal estado	Escapa la presión, medición errónea	4	5	4	80	Revisar posibles fugas en uniones y sellos
9	Purgador	Sirve para drenar el líquido condensado dentro del depósito	Trabado	Deterioro	Exceso de líquidos condensados	Puede provocar oxidación en el depósito de aire	5	4	4	80	Es necesario purgar constantemente los líquidos
			Fuga de liquido	Desgaste	Daño en los sellos del purgador	Pérdida de presión del aire comprimido	3	4	4	48	Cuando se realicen las purgaciones revisar fugas de aire
10	Válvula antirretorno	Cierra por completo el sistema de aire comprimido que no regrese del depósito al motor mecánico	Mal funcionamiento	Deterioro	daño en el mecanismo de cierre de la válvula	El aire regresa del al motor mecánico	3	4	5	60	Revisar estado de la válvula
			Fuga de aire	Desgaste	Daño en los sellos de la válvula	Pérdida de aire por la válvula	3	4	5	60	Revisar posibles fugas de aire
Elaborado por:			Revisado por:				Aprobado por:				
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.				Mtro. José Solis				

Tabla 42. Matriz AMFE del taladro de pedestal

			MATRIZ AMFE								
			TALADRO DE PEDESTAL				Código: TAS-TDP-AT2-01				
			Área de trabajo 2				Vigencia: 2023				
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
							F	G	D	IPR	
1	Portabrocas	Permite sostener la broca o mecha para realizar una perforación	Mala sujeción	Desgaste	Tiempo de uso	Falta de fuerza de sujeción en la broca	5	4	3	60	Realizar una correcta sujeción del portabrocas
			Mal ajuste	Deterioro	No ajustar con la llave indicada	Falta de ajuste del portabrocas	7	5	3	105	Usar la llave indicada para ajustar el portabrocas
2	Mesa	Sostener objetos mecánicos para ser perforados y sostener la Entenalla	Deformación	Deformación	Exceso de peso	Superficie cóncava	4	6	3	72	No exceder el peso de objetos
			Fisuras	Fractura	Exceso de peso y fuerza	Cambiar superficie de apoyo para perforar	3	6	5	90	No exceder el peso indicado
3	Columna	Dar estructura y unir el portabrocas con la base y la mesa	Vibraciones	Fisuración	Exceso de revoluciones al taladrar	Daña el portabrocas y la mesa	6	5	4	120	Verificar las rpm de acuerdo con el material a taladrar
			Deformación	Deformación	Sobrepasar el límite de peso	Perforaciones poco precisas	2	7	4	56	No sobrepasar los límites de peso para taladrar
4	Soporte	Permite sostener la mesa conectada a la columna	Desgaste de pines	Desgaste	Uso de la máquina	Fugas entre el soporte y los brazos	6	3	4	72	Cambiar los bocines dependiendo del uso del elevador
			Fisura	Fractura	Exceso de peso	Elevador no funcional	4	7	3	84	No exceder los límites de peso
5	Base	Dar estructura y equilibrio unido por el soporte, la columna y el motor	Exceso de peso	Deformación	Objetos para taladrar muy pesado	Taladro desnivelado	3	5	4	60	No exceder el peso indicado
			Vibraciones	Fisuras	Exceso de revoluciones	Taladrado no funcional	3	8	4	96	Usar rpm adecuadas al tamaño a taladrar

Tabla 43. Matriz AMFE del taladro de pedestal (continuación)

			MATRIZ AMFE								
			TALADRO DE PEDESTAL				Código: TAS-TDP-AT2-01				
			Área de trabajo 2				Vigencia: 2023				
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
							F	G	D	IPR	
6	Motor	Generar movimiento transmitido por las bandas al portabrocas	Perdida de Potencia	Desgaste	Desgaste de consumibles	Falla del motor, pérdida de potencia	3	6	7	126	Cambiar los consumibles de motor
			Fundido	Deterioro	Recalentamiento	Taladro no funcional	2	8	6	96	Realizar limpieza al estator y rotor
7	Poleas	Transmitir movimiento por medio de las bandas	Rotura	Fractura	Exceso de tensión	Maltrato a las bandas	3	7	2	42	Revisar la tensión de la banda
			Desgaste	Deformación	Bandas en mal estado	Provoca patinajes y vibración	3	4	5	60	Revisar el estado de la banda y su tensión
8	Banda	Transmitir el movimiento del motor eléctrico al portabrocas	Deterioro	Desgaste	Falta de Tensión	Patinan las bandas	6	3	5	90	Revisar la tensión de la banda
			Fractura	Rotura	Exceso de trabajo, exceso de tensión	No transmite el movimiento del motor	3	6	4	72	Revisar el estado y tensión de la banda
9	Manivelas	Convertir el movimiento rectilíneo en movimiento circular, subiendo o bajando la mesa	Desgaste del estriado	Deformación	Tiempo de uso	Fuga entre la manivela y el estriado del soporte	4	6	3	72	Revisar que este ajustado el prisionero de la manivela
			Fractura	Rotura	Mal uso del operario	No sube ni baja la mesa	3	7	3	63	Revisar el uso de la máquina a los operarios y capacitar
10	Entenalla	Mantener fijos los objetos para ser taladrados	Desgaste de muelas	Desgaste	Falta de apriete	Mala sujeción del objeto	4	6	4	96	Realizar un buen apriete de la Entenalla
			Oxidación	Corrosión	Falta de lubricación partes móviles	corrosión de materiales y mala sujeción	5	3	3	45	Mantener limpio y lubricado las partes móviles
Elaborado por:			Revisado por:				Aprobado por:				
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.				Mtro. José Solis				

Tabla 44. Matriz AMFE de la soldadora GMAW

			MATRIZ AMFE										
			SOLDADORA GMAW				Código: TAS-SG-AT2-01						
			Área de trabajo 2				Vigencia: 2023						
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
1	Antorcha	Permite la sujeción para la soldadura oprimiendo un botón, activando el abre el paso al gas y al alambre	Desgaste de conducto	Desgaste	Uso prolongado de soldadura	Trabas en la manguera	3	7	5	105	Mantener limpio y lubricado los conductos		
			Falla el botón	Desgaste	Golpe, Mal uso del operario	No sale ni gas ni alambre	4	7	3	84	Hacer un buen uso de la antorcha evitando golpes		
2	Pinza a tierra	Permite la sujeción por medio de una pinza cerrando el circuito y se pueda soldar	Corrosión	Oxidación	Usar a la intemperie	Falso contacto al soldar	8	3	3	72	Procure que no se use a la intemperie		
			Desgaste de la pinza	Desgaste	Resorte Cedido	Falso contacto al soldar	6	4	3	72	Procure no abrir mucho la pinza al sujetar		
3	Manguera de gas	Permite el paso del tanque de gas a la pistola de soldadura	Fisuras por maltrato	Fractura	Mal uso del operario	Fuga de gas CO ₂	5	8	3	120	Verificar el estado de la manguera de gas		
			Deformación	Deformación	Mangueras en al estado	Se infla pudiendo romperse	4	6	3	72	Revisar posibles anomalías en la manguera		
4	Manguera Guía de alambre	Encargada de aislar y transportar el alambre de aporte para soldar	Fisuras por maltrato	Fractura	Mal uso del operario	Se atranca el alambre	4	8	2	64	Realizar una correcta manipulación de la manguera		
			Deformación	Deformación	Manguera en contacto con líquidos dañinos	Deformación y obstruye el paso de alambre	4	6	3	72	Verificar el lugar que se va a soldar, para no dañar la manguera		
5	Unidad de control	Regula el voltaje y amperaje dependiendo los datos ingresados en la pantalla	Desgaste de botones	Desgaste	Uso de la máquina	No se puede elegir los diámetros	6	7	2	84	Cuidar los botones y pantalla de los golpes		
			Recalentamiento	Deterioro	Exceso de polvo en la unidad	Mal funcionamiento de la unidad	5	7	4	140	Limpiar la unidad evitando recalentamientos		

Tabla 45. Matriz AMFE de la soldadora GMAW (continuación)

			MATRIZ AMFE										
			SOLDADORA GMAW							Código: TAS-SG-AT2-01			
			Área de trabajo 2							Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
6	Regulador de gas	Dar paso a la presión de gas requerida por el operario	Exceso de presión de gas	Descalibración	Tiempo de Uso	Exceso de presión, puede reventar las mangueras	5	6	3	90	Revisar la medición de presión en el manómetro		
			Fuga de presión de gas	Deterioro	Sellos en mal estado	Escapa la presión, medición errónea	4	5	4	80	Revisar posibles fugas en uniones y sellos		
7	Rodillos para alimentación	Empuja el material de aporte desde el carrete a la pistola de soldadura	Desgaste	Deformación	Fuga entre el rodillo y el cable	Alambre sale a tirones	7	4	3	84	Verificar el diámetro de los rodillos		
			Oxidación	Corrosión	Rodillos desgastados a la intemperie	Obstrucción del alambre de aporte	3	6	5	90	Cambiar los deslizadores cuando se note fuga		
8	Manómetro	Medir la presión del aire comprimido del sistema	Fuga de gas	Fisura	Acoples en mal estado	Pérdida de gas por el acople	3	4	3	36	Revisar el estado del acople y de su sellante		
			Descalibración	Descalibración	Tiempo de Uso	Datos de presión erróneos	2	7	6	84	Adquirir un manómetro de buena calidad		
9	Carrete	Suministrar el alambre de aporte a los rodillos, pasando por la manguera y llegando a la antorcha	Vibración	Rotura	Fuga entre el carrete y el porta carrete	Suministro de alambre con tirones	3	4	5	60	Verificar fuga y mantener lubricado		
			Deformación	Deformación	Falta de lubricación	Desbalanceo del carrete	8	5	3	120	Mantener lubricado la parte giratoria del carrete		
10	Boquillas	Permite controlar el flujo y la dirección del alambre de aporte	Deterioro	Desgaste	Poco uso de pasta	Fuga entre la boquilla y el alambre	6	4	3	72	Usar pasta para evitar desgaste en la boquilla		
			Taponamiento	Deformación	Falso contacto con el material	Suele soldarse la boquilla con el alambre	6	7	2	84	Al presenciar desviación del alambre cambiar los consumibles		
Elaborado por:			Revisado por:							Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.							Mtro. José Solis			

Tabla 46. Matriz AMFE del elevador de vehículos 01

			MATRIZ AMFE										
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS							Código: TAS-EV-AT1-01			
			Área de trabajo 1							Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
1	Unidad de poder	Generar presión hidráulica usando una bomba eléctrica	Pérdida de presión	Desgaste	Aceite en mal estado	No genera la presión requerida	3	7	5	105	Cambiar el aceite al tiempo y el especificado por el fabricante		
			Fugas de aceite	Deterioro	Sellos desgatados	Fugas de aceite en el sistema	5	4	2	40	Cambiar sellos al tiempo requerido		
2	Columna principal	Soportar fuerzas de compresión y flexión	Vibraciones	Vibración	Poca lubricación en las paredes	Suele elevar con tirones	6	5	4	120	Mantener lubricada las paredes internas de la columna		
			Deformaciones	Deformación	Sobrepasar el límite permitido	Columnas deformadas, eleva con dificultades	2	7	4	56	Elevar vehículos con el peso permitido por el fabricante		
3	Brazos	Sujetar al vehículo para ser elevado	Deformaciones	Deformación	Mal uso	Varia las alturas de los brazos	5	6	4	120	Posicionar correctamente los brazos con respecto al vehículo		
			Fisura	Fractura	Alargar mucho los Brazos	Elevador no funcional	3	8	4	96	No extender mucho el brazo del soporte		
4	Soporte de elevación	Eleva los brazos y al vehículo mediante la fuerza generada por el gato hidráulico	Desgaste de pines	Desgaste	Uso de la máquina	Fugas entre el soporte y los brazos	6	3	4	72	Cambiar los bocines dependiendo del uso del elevador		
			Fisura	Fractura	Exceso de peso	Elevador no funcional	4	7	3	84	No exceder los límites de peso		
5	Deslizadores	Permite mover el soporte de elevación dentro de las columnas con facilidad	Desgaste	Deformación	Fuga en el soporte de elevación	Elevación desnivelada del soporte	7	4	3	84	Verificar el tiempo de uso de los deslizadores		
			Ruptura	Fractura	Exceso de fuga del soporte con la columna	Elevación desigual del soporte	5	5	3	75	Cambiar los deslizadores cuando se note fuga		

Tabla 47. Matriz AMFE del elevador de vehículos 01 (continuación)

			MATRIZ AMFE										
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS							Código: TAS-EV-AT1-01			
			Área de trabajo 1							Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
6	Unidad de control	Controlar la subida y bajada del elevador usando un botón, una palanca y un sensor	Desgaste de botones	Desgaste	Uso de la máquina	No sube el elevador al presionar el botón	6	7	2	84	Al presenciar desgaste en los botones, realizar el cambio		
			Recalentamiento	Deterioro	Falta de mantenimiento	Mal funcionamiento de la unidad	3	5	4	60	Realizar mantenimiento de la unidad dependiendo el uso		
7	Poleas	Transmitir la fuerza y movimiento por medio del cable de acero	Rotura	Fractura	Exceso de peso	No se podrá usar el elevador	3	7	2	42	No exceder los límites de peso		
			Desgaste	Deformación	cable de acero en mal estado	Deformación de la polea	6	4	5	120	Revisar que los cables no estén lascarados		
8	Cilindro hidráulico	Elevar el soporte de elevación para levantar el vehículo	Desgaste del émbolo	Desgaste	Bocines en mal estado	Fuga entre bocín y gato hidráulico	2	7	6	84	Cambiar bocines al presenciar un ligero desgaste de este		
			Corrosión	Desgaste	Presencia de humedad	Filtraciones de aceite en el Gato hidráulico	3	8	3	72	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo		
9	Travesaño	Formar estructura ayudando a las columnas principales	Deformaciones	Deformación	Exceso de peso	Estructura del elevador deformada	2	6	6	72	No exceder los límites de peso		
			Corrosión	Oxidación	Presencia de humedad	Oxidación en la estructura	3	4	3	36	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo		
10	Platos	Regular la distancia de los brazos al vehículo	Deformación de las roscas	Deformación	Exceso de peso	No poder ajustar la altura del plato	8	4	2	64	No exceder los límites de peso		
			Fractura	Rotura	Mala ubicación de los platos	No se podrá usar el elevador	4	6	2	48	Correcta ubicación de los platos en el vehículo		
Elaborado por:			Revisado por:							Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.							Mtro. José Solis			

Tabla 48. Matriz AMFE del elevador de vehículos 02

			MATRIZ AMFE										
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS							Código: TAS-EV-AT1-02			
			Área de trabajo 1							Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
1	Unidad de poder	Generar presión hidráulica usando una bomba eléctrica	Pérdida de presión	Desgaste	Aceite en mal estado	No genera la presión requerida	3	7	5	105	Cambiar el aceite al tiempo y el especificado por el fabricante		
			Fugas de aceite	Deterioro	Sellos desgastados	Fugas de aceite en el sistema	5	4	2	40	Cambiar sellos al tiempo requerido		
2	Columna principal	Soportar fuerzas de compresión y flexión	Vibraciones	Vibración	Poca lubricación en las paredes	Suele elevar con tirones	6	5	4	120	Mantener lubricada las paredes internas de la columna		
			Deformaciones	Deformación	Sobrepasar el límite permitido	Columnas deformadas, eleva con dificultades	2	7	4	56	Elevar vehículos con el peso permitido por el fabricante		
3	Brazos	Sujetar al vehículo para ser elevado	Deformaciones	Deformación	Mal uso	Varia las alturas de los brazos	5	6	3	90	Posicionar correctamente los brazos con respecto al vehículo		
			Fisura	Fractura	Alargar mucho los Brazos	Elevador no funcional	3	8	4	96	No extender mucho el brazo del soporte		
4	Soporte de elevación	Eleva los brazos y al vehículo mediante la fuerza generada por el gato hidráulico	Desgaste de pines	Desgaste	Uso de la máquina	Fugas entre el soporte y los brazos	6	3	4	72	Cambiar los bocines dependiendo del uso del elevador		
			Fisura	Fractura	Exceso de peso	Elevador no funcional	4	7	3	84	No exceder los límites de peso		
5	Deslizadores	Permite mover el soporte de elevación dentro de las columnas con facilidad	Desgaste	Deformación	Fuga en el soporte de elevación	Elevación desnivelada del soporte	7	4	3	84	Verificar el tiempo de uso de los deslizadores		
			Ruptura	Fractura	Exceso de fuga del soporte con la columna	Elevación desigual del soporte	5	5	3	75	Cambiar los deslizadores cuando se note fuga		

Tabla 49. Matriz AMFE del elevador de vehículos 02 (continuación)

			MATRIZ AMFE										
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS							Código: TAS-EV-AT1-02			
			Área de trabajo 1							Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
6	Unidad de control	Controlar la subida y bajada del elevador usando un botón, una palanca y un sensor	Desgaste de botones	Desgaste	Uso de la máquina	No sube el elevador al presionar el botón	6	7	2	84	Al presenciar desgaste en los botones, realizar el cambio		
			Recalentamiento	Deterioro	Falta de mantenimiento	Mal funcionamiento de la unidad	3	5	4	60	Realizar mantenimiento de la unidad dependiendo el uso		
7	Poleas	Transmitir la fuerza y movimiento por medio del cable de acero	Rotura	Fractura	Exceso de peso	No se podrá usar el elevador	3	7	2	42	No exceder los límites de peso		
			Desgaste	Deformación	Cable de acero en mal estado	Deformación de la polea	6	4	5	120	Revisar que los cables no estén lascados		
8	Cilindro hidráulico	Elevar el soporte de elevación para levantar el vehículo	Desgaste del émbolo	Desgaste	Bocines en mal estado	Fuga entre bocín y gato hidráulico	2	7	6	84	Cambiar bocines al presenciar un ligero desgaste de este		
			Corrosión	Desgaste	Presencia de humedad	Filtraciones de aceite en el Gato hidráulico	3	8	3	72	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo		
9	Travesaño	Formar estructura ayudando a las columnas principales	Deformaciones	Deformación	Exceso de peso	Estructura del elevador deformada	2	6	6	72	No exceder los límites de peso		
			Corrosión	Oxidación	Presencia de humedad	Oxidación en la estructura	3	4	3	36	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo		
10	Platos	Regular la distancia de los brazos al vehículo	Deformación de las roscas	Deformación	Exceso de peso	No poder ajustar la altura del plato	8	4	2	64	No exceder los límites de peso		
			Fractura	Rotura	Mala ubicación de los platos	No se podrá usar el elevador	4	6	2	48	Correcta ubicación de los platos en el vehículo		
Elaborado por:			Revisado por:							Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.							Mtro. José Solis			

Tabla 50. Matriz AMFE del elevador de vehículos 03

			MATRIZ AMFE										
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS							Código: TAS-EV-AT1-03			
			Área de trabajo 1							Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
1	Unidad de poder	Generar presión hidráulica usando una bomba eléctrica	Pérdida de presión	Desgaste	Aceite en mal estado	No genera la presión requerida	3	7	5	105	Cambiar el aceite al tiempo y el especificado por el fabricante		
			Fugas de aceite	Deterioro	Sellos desgatados	Fugas de aceite en el sistema	5	4	2	40	Cambiar sellos al tiempo requerido		
2	Columna principal	Soportar fuerzas de compresión y flexión	Vibraciones	Vibración	Poca lubricación en las paredes	Suele elevar con tirones	6	5	4	120	Mantener lubricada las paredes internas de la columna		
			Deformaciones	Deformación	Sobrepasar el límite permitido	Columnas deformadas, eleva con dificultades	2	7	4	56	Elevar vehículos con el peso permitido por el fabricante		
3	Brazos	Sujetar al vehículo para ser elevado	Deformaciones	Deformación	Mal uso	Varia las alturas de los brazos	5	6	3	90	Posicionar correctamente los brazos con respecto al vehículo		
			Fisura	Fractura	Alargar mucho los Brazos	Elevador no funcional	3	8	4	96	No extender mucho el brazo del soporte		
4	Soporte de elevación	Eleva los brazos y al vehículo mediante la fuerza generada por el gato hidráulico	Desgaste de pines	Desgaste	Uso de la máquina	Fugas entre el soporte y los brazos	6	3	4	72	Cambiar los bocines dependiendo del uso del elevador		
			Fisura	Fractura	Exceso de peso	Elevador no funcional	4	7	3	84	No exceder los límites de peso		
5	Deslizadores	Permite mover el soporte de elevación dentro de las columnas con facilidad	Desgaste	Deformación	Fuga en el soporte de elevación	Elevación desnivelada del soporte	7	4	3	84	Verificar el tiempo de uso de los deslizadores		
			Ruptura	Fractura	Exceso de fuga del soporte con la columna	Elevación desigual del soporte	5	5	3	75	Cambiar los deslizadores cuando se note fuga		

Tabla 51. Matriz AMFE del elevador de vehículos 03 (continuación)

			MATRIZ AMFE										
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS							Código: TAS-EV-AT1-03			
			Área de trabajo 1							Vigencia: 2023			
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
6	Unidad de control	Controlar la subida y bajada del elevador usando un botón, una palanca y un sensor	Desgaste de botones	Desgaste	Uso de la máquina	No sube el elevador al presionar el botón	6	7	2	84	Al presenciar desgaste en los botones, realizar el cambio		
			Recalentamiento	Deterioro	Falta de mantenimiento	Mal funcionamiento de la unidad	3	5	4	60	Realizar mantenimiento de la unidad dependiendo el uso		
7	Poleas	Transmitir la fuerza y movimiento por medio del cable de acero	Rotura	Fractura	Exceso de peso	No se podrá usar el elevador	3	7	2	42	No exceder los límites de peso		
			Desgaste	Deformación	Cable de acero en mal estado	Deformación de la polea	6	4	5	120	Revisar que los cables no estén lascados		
8	Cilindro hidráulico	Elevar el soporte de elevación para levantar el vehículo	Desgaste del émbolo	Desgaste	Bocines en mal estado	Fuga entre bocín y gato hidráulico	2	7	6	84	Cambiar bocines al presenciar un ligero desgaste de este		
			Corrosión	Desgaste	Presencia de humedad	Filtraciones de aceite en el Gato hidráulico	3	8	3	72	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo		
9	Travesaño	Formar estructura ayudando a las columnas principales	Deformaciones	Deformación	Exceso de peso	Estructura del elevador deformada	2	6	6	72	No exceder los límites de peso		
			Corrosión	Oxidación	Presencia de humedad	Oxidación en la estructura	3	4	3	36	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo		
10	Platos	Regular la distancia de los brazos al vehículo	Deformación de las roscas	Deformación	Exceso de peso	No poder ajustar la altura del plato	8	4	2	64	No exceder los límites de peso		
			Fractura	Rotura	Mala ubicación de los platos	No se podrá usar el elevador	4	6	2	48	Correcta ubicación de los platos en el vehículo		
Elaborado por:			Revisado por:							Aprobado por:			
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.							Mtro. José Solis			

Tabla 52. Matriz AMFE del elevador de vehículos 04

			MATRIZ AMFE										
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS							Código: TAS-EV-AT1-04			
			Área de trabajo 1				Vigencia: 2023						
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación		
							F	G	D	IPR			
1	Unidad de poder	Generar presión hidráulica usando una bomba eléctrica	Pérdida de presión	Desgaste	Aceite en mal estado	No genera la presión requerida	3	7	5	105	Cambiar el aceite al tiempo y el especificado por el fabricante		
			Fugas de aceite	Deterioro	Sellos desgastados	Fugas de aceite en el sistema	5	4	2	40	Cambiar sellos al tiempo requerido		
2	Columna principal	Soportar fuerzas de compresión y flexión	Vibraciones	Vibración	Poca lubricación en las paredes	Suele elevar con tirones	6	5	4	120	Mantener lubricada las paredes internas de la columna		
			Deformaciones	Deformación	Sobrepasar el límite permitido	Columnas deformadas, eleva con dificultades	2	7	4	56	Elevar vehículos con el peso permitido por el fabricante		
3	Brazos	Sujetar al vehículo para ser elevado	Deformaciones	Deformación	Mal uso	Varia las alturas de los brazos	5	6	3	90	Posicionar correctamente los brazos con respecto al vehículo		
			Fisura	Fractura	Alargar mucho los Brazos	Elevador no funcional	3	8	4	96	No extender mucho el brazo del soporte		
4	Soporte de elevación	Eleva los brazos y al vehículo mediante la fuerza generada por el gato hidráulico	Desgaste de pines	Desgaste	Uso de la máquina	Fugas entre el soporte y los brazos	6	3	4	72	Cambiar los bocines dependiendo del uso del elevador		
			Fisura	Fractura	Exceso de peso	Elevador no funcional	4	7	3	84	No exceder los límites de peso		
5	Deslizadores	Permite mover el soporte de elevación dentro de las columnas con facilidad	Desgaste	Deformación	Fuga en el soporte de elevación	Elevación desnivelada del soporte	7	4	3	84	Verificar el tiempo de uso de los deslizadores		
			Ruptura	Fractura	Exceso de fuga del soporte con la columna	Elevación desigual del soporte	5	5	3	75	Cambiar los deslizadores cuando se note fuga		

Tabla 53. Matriz AMFE del elevador de vehículos 04 (continuación)

			MATRIZ AMFE								
			ELEVADOR DE VEHÍCULOS					Código: TAS-EV-AT1-04			
			Área de trabajo 1				Vigencia: 2023				
N°	Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de fallos	Causa raíz	Efecto	Valoración				Recomendación
							F	G	D	IPR	
6	Unidad de control	Controlar la subida y bajada del elevador usando un botón, una palanca y un sensor	Desgaste de botones	Desgaste	Uso de la máquina	No sube el elevador al presionar el botón	6	7	2	84	Al presenciar desgaste en los botones, realizar el cambio
			Recalentamiento	Deterioro	Falta de mantenimiento	Mal funcionamiento de la unidad	3	5	4	60	Realizar mantenimiento de la unidad dependiendo el uso
7	Poleas	Transmitir la fuerza y movimiento por medio del cable de acero	Rotura	Fractura	Exceso de peso	No se podrá usar el elevador	3	7	2	42	No exceder los límites de peso
			Desgaste	Deformación	cable de acero en mal estado	Deformación de la polea	6	4	5	120	Revisar que los cables no estén lascados
8	Cilindro hidráulico	Elevar el soporte de elevación para levantar el vehículo	Desgaste del émbolo	Desgaste	Bocines en mal estado	Fuga entre bocín y gato hidráulico	2	7	6	84	Cambiar bocines al presenciar un ligero desgaste de este
			Corrosión	Desgaste	Presencia de humedad	Filtraciones de aceite en el Gato hidráulico	3	8	3	72	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo
9	Travesaño	Formar estructura ayudando a las columnas principales	Deformaciones	Deformación	Exceso de peso	Estructura del elevador deformada	2	6	6	72	No exceder los límites de peso
			Corrosión	Oxidación	Presencia de humedad	Oxidación en la estructura	3	4	3	36	Mantener el elevador en zonas sin humedad y bajo techo
10	Platos	Regular la distancia de los brazos al vehículo	Deformación de las roscas	Deformación	Exceso de peso	No poder ajustar la altura del plato	8	4	2	64	No exceder los límites de peso
			Fractura	Rotura	Mala ubicación de los platos	No se podrá usar el elevador	4	6	2	48	Correcta ubicación de los platos en el vehículo
Elaborado por:			Revisado por:				Aprobado por:				
Jim Alexander Solis Galarza			Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.				Mtro. José Solis				

3.3 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una técnica en la cual se establecen rangos relativos a la probabilidad de ocurrencia de fallas y sus consecuencias [35]. se toman en cuenta criterios de ponderación como la frecuencia de falla, consecuencias, flexibilidad, tiempo operacional, costos de reparación junto con el impacto en la satisfacción del cliente, en el ámbito ambiental y en la seguridad personal. En la Tabla 34 se muestran los valores para cada uno de estos criterios en base a la norma NTP 679.

Tabla 54. Valoraciones para el análisis de criticidad de los fallos y sus riesgos [33].

VALORACIONES	
FRECUENCIA DE FALLAS	Valor
Parámetro mayor a 4 fallas/año	4
Promedio 2 – 4 fallas/año	3
Buena 1 – 2 fallas/año	2
Excelentes menores de 1 falla/año	1
IMPACTO OPERACIONAL	Valor
Parada inmediata total	10
Parada del complejo planta y tiene repercusión en otros complejos	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4
Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	Valor
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	Valor
Mayor o igual a 1200USD	2
Inferior a 1200 USD	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	Valor
Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (Accidentes e incidentes) personal propio	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1

Tabla 55. Análisis de criticidad de la prensa hidráulica

		MATRIZ DE CRITICIDAD								
		PRENSA HIDRAULICA					Código: TAS-PH-AT2-01			
Elaborado por:		Revisado por:					Vigencia: 2023			
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Aprobado por:			
		Mtro. José Solis								
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN	
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA				
1	Estructura	6	4	2	4	30	1	30	CRÍTICO.	
2	Motor	10	2	1	2	23	1	23	SEMICRÍTICO	
3	Gato Hidráulico	10	4	1	4	45	1	45	CRÍTICO.	
4	Mangueras	10	1	1	2	13	2	26	SEMICRÍTICO	
5	Mando de control	4	2	1	2	11	1	11	NO CRÍTICO	
6	Depósito de aceite	10	4	1	2	43	1	43	CRÍTICO.	
7	Bomba de aceite	10	4	1	2	43	1	43	CRÍTICO.	
8	Manómetro	1	1	1	1	3	2	6	NO CRÍTICO	
9	Mesa	4	4	1	2	19	1	19	SEMICRÍTICO	
10	Interruptor	10	1	1	1	12	2	24	SEMICRÍTICO	
							Total	270		
							PROMEDIO	Valores Mayores a	27	CRÍTICO.
							50% PROMEDIO	Valores Intermedios	13.5	SEMICRÍTICO
								Valores Menores a	13.5	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V >= 27)	CRÍTICO
(27 < V < 13,5)	SEMI-CRÍTICO
(V < 13,5)	NO CRÍTICO

Tabla 56. Análisis de criticidad del compresor de aire

		MATRIZ DE CRITICIDAD								
		COMPRESOR DE AIRE					Código: TAS-CA-AT2-01			
Elaborado por:		Revisado por:					Vigencia: 2023			
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Aprobado por:			
		Mtro. José Solis								
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN	
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA				
1	Motor eléctrico	10	4	2	1	43	1	43	CRÍTICO.	
2	Motor mecánico	10	4	2	2	44	1	44	CRÍTICO.	
3	Depósito de aire	10	4	1	4	45	1	45	CRÍTICO.	
4	Botonera	6	2	1	1	14	1	14	SEMICRÍTICO	
5	Banda	4	1	1	1	6	2	12	NO CRÍTICO	
6	Presostato	4	1	1	2	7	2	14	SEMICRÍTICO	
7	Manómetro	2	2	1	1	6	1	6	NO CRÍTICO	
8	Regulador de presión	4	2	1	1	10	2	20	SEMICRÍTICO	
9	Purgador	4	2	1	1	10	2	20	SEMICRÍTICO	
10	Válvula antirretorno	4	2	1	1	10	1	10	NO CRÍTICO	
							Total	228		
							PROMEDIO	Valores Mayores a	22.8	CRÍTICO.
							50% PROMEDIO	Valores Intermedios	11.4	SEMICRÍTICO
								Valores Menores a	11.4	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V>22,8)	CRÍTICO
(22,8<V<11,4)	SEMI-CRÍTICO
(V<11,4)	NO CRÍTICO

Tabla 57. Análisis de criticidad del taladro de pedestal

		MATRIZ DE CRITICIDAD							
		TALADRO DE PEDESTAL					Código: TAS-TDP-AT2-01		
Elaborado por:		Revisado por:					Vigencia: 2023		
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Aprobado por:		
		Mtro. José Solis							
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Portabrocas	6	2	1	1	14	2	28	CRÍTICO.
2	Mesa	6	4	1	1	26	1	26	SEMICRÍTICO
3	Columna	10	4	1	4	45	1	45	CRÍTICO.
4	Soporte	4	4	1	2	19	1	19	SEMICRÍTICO
5	Base	6	4	1	2	27	1	27	SEMICRÍTICO
6	Motor eléctrico	10	4	2	4	46	1	46	CRÍTICO.
7	Poleas	6	1	1	1	8	2	16	SEMICRÍTICO
8	Bandas	6	1	1	1	8	2	16	SEMICRÍTICO
9	Manivela	4	4	1	2	19	1	19	SEMICRÍTICO
10	Entenalla	2	2	1	2	7	1	7	NO CRÍTICO
Total								249	
PROMEDIO							Valores Mayores a	24.9	CRÍTICO.
50% PROMEDIO							Valores Intermedios	12.45	SEMICRÍTICO
							Valores Menores a	12.45	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V>23,5)	CRÍTICO
(23,5<V<11,75)	SEMI-CRÍTICO
(V<11,75)	NO CRÍTICO

Tabla 58. Análisis de criticidad de la soldadora GMAW.

		MATRIZ DE CRITICIDAD							
		SOLDADORA GMAW				Código: TAS-SG-AT2-01			
Elaborado por:		Área de trabajo 2				Vigencia: 2023			
Jim Alexander Solis Galarza		Revisado por:				Aprobado por:			
		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.				Mtro. José Solis			
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Antorcha	10	4	1	2	43	1	43	CRÍTICO.
2	Pinza a tierra	4	2	1	2	11	2	22	SEMICRÍTICO
3	Manguera de gas	10	2	1	2	23	2	46	CRÍTICO.
4	Manguera Guía de alambre	6	4	1	2	27	1	27	SEMICRÍTICO
5	Unidad de control	10	4	2	4	46	1	46	CRÍTICO.
6	Regulador de gas	4	2	1	2	11	1	11	NO CRÍTICO
7	Rodillos del alimentador	4	4	1	1	18	1	18	SEMICRÍTICO
8	Manómetro	4	2	1	2	11	2	22	SEMICRÍTICO
9	Carrete	6	1	1	1	8	4	32	CRÍTICO.
10	Boquillas	2	1	1	2	5	1	5	NO CRÍTICO
Total								272	
PROMEDIO							Valores Mayores a	27.2	CRÍTICO.
50% PROMEDIO							Valores Intermedios	13.6	SEMICRÍTICO
							Valores Menores a	13.6	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V>27,2)	CRÍTICO
(27,2<V<13,6)	SEMI-CRÍTICO
(V<13,6)	NO CRÍTICO

Tabla 59. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 01

		MATRIZ DE CRITICIDAD								
		ELEVADOR DE VEHÍCULOS					Código: TAS-EV-AT1-01			
Elaborado por:		Revisado por:					Vigencia: 2023			
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Aprobado por:			
		Mtro. José Solis								
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN	
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA				
1	Unidad de poder	10	4	1	4	45	1	45	CRÍTICO.	
2	Columna principal	6	4	2	2	28	1	28	CRÍTICO.	
3	Brazos	6	4	1	4	29	1	29	CRÍTICO.	
4	Soporte de elevación	6	4	1	2	27	1	27	SEMICRÍTICO	
5	Deslizadores	2	4	1	2	11	2	22	SEMICRÍTICO	
6	Unidad de control	10	2	2	2	24	1	24	SEMICRÍTICO	
7	Poleas	2	1	1	2	5	2	10	NO CRÍTICO	
8	Cilindro hidráulico	10	4	1	0	41	1	41	CRÍTICO	
9	Travesaño	4	4	1	2	19	1	19	SEMICRÍTICO	
10	Platos	2	2	1	0	5	2	10	NO CRÍTICO	
							Total	255		
							PROMEDIO	Valores Mayores a	25.5	CRÍTICO
							50% PROMEDIO	Valores Intermedios	12.75	SEMICRÍTICO
								Valores Menores a	13.6	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V>25,5)	CRÍTICO
(25,2<V<12,75)	SEMI-CRÍTICO
(V<12,75)	NO CRÍTICO

Tabla 60. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 02

		MATRIZ DE CRITICIDAD							
		ELEVADOR DE VEHÍCULOS					Código: TAS-EV-AT1-02		
Elaborado por:		Área de trabajo 1					Vigencia: 2023		
Jim Alexander Solis Galarza		Revisado por:					Aprobado por:		
		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Mtro. José Solis		
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Unidad de poder	10	4	1	4	45	1	45	CRÍTICO.
2	Columna principal	6	4	2	2	28	1	28	CRÍTICO.
3	Brazos	6	4	1	4	29	1	29	CRÍTICO.
4	Soporte de elevación	6	4	1	2	27	1	27	SEMICRÍTICO
5	Deslizadores	2	4	1	2	11	2	22	SEMICRÍTICO
6	Unidad de control	10	2	2	2	24	1	24	SEMICRÍTICO
7	Poleas	2	1	1	2	5	2	10	NO CRÍTICO
8	Cilindro hidráulico	10	4	1	0	41	1	41	CRÍTICO.
9	Travesaño	4	4	1	2	19	1	19	SEMICRÍTICO
10	Platos	2	2	1	0	5	2	10	NO CRÍTICO
Total								255	
PROMEDIO							Valores Mayores a	25.5	CRÍTICO.
50% PROMEDIO							Valores Intermedios	12.75	SEMICRÍTICO
							Valores Menores a	12.75	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V>25,5)	CRÍTICO
(25,2<V<12,75)	SEMI-CRÍTICO
(V<12,75)	NO CRÍTICO

Tabla 61. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 03

		MATRIZ DE CRITICIDAD							
		ELEVADOR DE VEHÍCULOS					Código: TAS-EV-AT1-03		
Elaborado por:		Revisado por:					Vigencia: 2023		
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Aprobado por:		
		Mtro. José Solis							
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Unidad de poder	10	4	1	4	45	1	45	CRÍTICO.
2	Columna principal	6	4	2	2	28	1	28	CRÍTICO.
3	Brazos	6	4	1	4	29	1	29	CRÍTICO.
4	Soporte de elevación	6	4	1	2	27	1	27	SEMICRÍTICO
5	Deslizadores	2	4	1	2	11	2	22	SEMICRÍTICO
6	Unidad de control	10	2	2	2	24	1	24	SEMICRÍTICO
7	Poleas	2	1	1	2	5	2	10	NO CRÍTICO
8	Cilindro hidráulico	10	4	1	0	41	1	41	CRÍTICO.
9	Travesaño	4	4	1	2	19	1	19	SEMICRÍTICO
10	Platos	2	2	1	0	5	2	10	NO CRÍTICO
Total								255	
PROMEDIO							Valores Mayores a	25.5	CRÍTICO.
50% PROMEDIO							Valores Intermedios	12.75	SEMICRÍTICO
							Valores Menores a	12.75	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V>25,5)	CRÍTICO
(25,2<V<12,75)	SEMI-CRÍTICO
(V<12,75)	NO CRÍTICO

Tabla 62. Análisis de criticidad del elevador de vehículos 04

		MATRIZ DE CRITICIDAD							
		ELEVADOR DE VEHÍCULOS					Código: TAS-EV-AT1-04		
Elaborado por:		Revisado por:					Vigencia: 2023		
Jim Alexander Solis Galarza		Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.					Aprobado por:		
		Mtro. José Solis							
N°	COMPONENTES	CONSECUENCIAS					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Unidad de poder	10	4	1	4	45	1	45	CRÍTICO.
2	Columna principal	6	4	2	2	28	1	28	CRÍTICO.
3	Brazos	6	4	1	4	29	1	29	CRÍTICO.
4	Soporte de elevación	6	4	1	2	27	1	27	SEMICRÍTICO
5	Deslizadores	2	4	1	2	11	2	22	SEMICRÍTICO
6	Unidad de control	10	2	2	2	24	1	24	SEMICRÍTICO
7	Poleas	2	1	1	2	5	2	10	NO CRÍTICO
8	Cilindro hidráulico	10	4	1	0	41	1	41	CRÍTICO.
9	Travesaño	4	4	1	2	19	1	19	SEMICRÍTICO
10	Platos	2	2	1	0	5	2	10	NO CRÍTICO
Total								255	
PROMEDIO							Valores Mayores a	25.5	CRÍTICO
50% PROMEDIO							Valores Intermedios	12.75	SEMICRÍTICO
							Valores Menores a	12.75	NO CRÍTICO

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
(V>25,5)	CRÍTICO
(25,2<V<12,75)	SEMI-CRÍTICO
(V<12,75)	NO CRÍTICO

Los criterios empleados para el análisis de criticidad se basan en el producto de la frecuencia de falla por la consecuencia, esto se refleja en las tablas consiguientes a través de las cuales se establecieron el valor y jerarquización de criticidad para cada máquina o equipo. Para cada caso el valor mayor de consecuencia calculado y el valor máximo de frecuencia están asociados a las valoraciones presentes en la Tabla 34.

Tabla 63. Matriz frecuencia vs. consecuencia para la prensa hidráulica

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
	CONSECUENCIA																							

Tabla 64. Matriz frecuencia vs. consecuencia para el compresor de aire

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
	CONSECUENCIA																							

Tabla 65. Matriz frecuencia vs. consecuencia para el taladro de pedestal

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
	CONSECUENCIA																							

Tabla 66. Matriz frecuencia vs. consecuencia para la soldadora GMAW

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
	CONSECUENCIA																							

Tabla 67. Matriz frecuencia vs. consecuencia para los elevadores de vehículos

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
	CONSECUENCIA																							

3.4 Fiabilidad e in fiabilidad de los equipos de soldadura

En fiabilidad e in fiabilidad se considerará un modelo ideal con una tasa de fallo constante de forma que:

Índice de fiabilidad

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

R(t) = índice de fiabilidad

F(t) = índice de in fiabilidad

e = euler

-λ = Tasa de fracaso

t = Tiempo de operación

Índice de in fiabilidad

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Tabla 68. Fiabilidad e in fiabilidad de la prensa hidráulica

					
FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
PRENSA HIDRÁULICA			Código: TAS-PH-AT2-01		
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
ENERO 2022	50	52	0.0192	38.23%	61.77%
	54		0.0192	35.40%	64.60%
FEBRERO 2022	44	46	0.0217	38.42%	61.58%
	48		0.0217	35.22%	64.78%
MARZO 2022	64	53.5	0.0187	30.23%	69.77%
	43		0.0187	44.77%	55.23%
ABRIL 2022	49	48.5	0.0206	36.41%	63.59%
	48		0.0206	37.17%	62.83%
MAYO 2022	44	51	0.0196	42.20%	57.80%
	58		0.0196	32.07%	67.93%
JUNIO 2022	64	51.5	0.0194	28.86%	71.14%
	39		0.0194	46.89%	53.11%
JULIO 2022	53	51	0.0196	35.37%	64.63%
	49		0.0196	38.26%	61.74%
AGOSTO 2022	44	54	0.0185	44.27%	55.73%
	64		0.0185	30.57%	69.43%
SEPTIEMBRE 2022	59	53.5	0.0187	33.19%	66.81%
	48		0.0187	40.77%	59.23%
OCTUBRE 2022	49	51	0.0196	38.26%	61.74%
	53		0.0196	35.37%	64.63%
NOVIEMBRE 2022	64	51	0.0196	28.51%	71.49%
	38		0.0196	47.47%	52.53%
DICIEMBRE 2022	59	51.5	0.0194	31.80%	68.20%
	44		0.0194	42.56%	57.44%

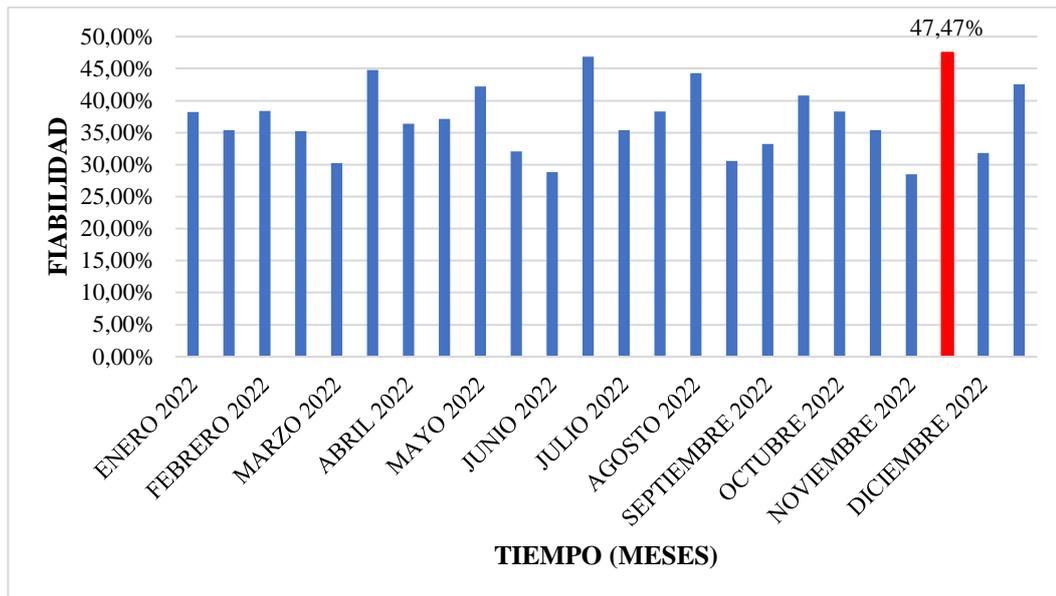


Fig. 18. Resumen mensual de la fiabilidad de la prensa hidráulica

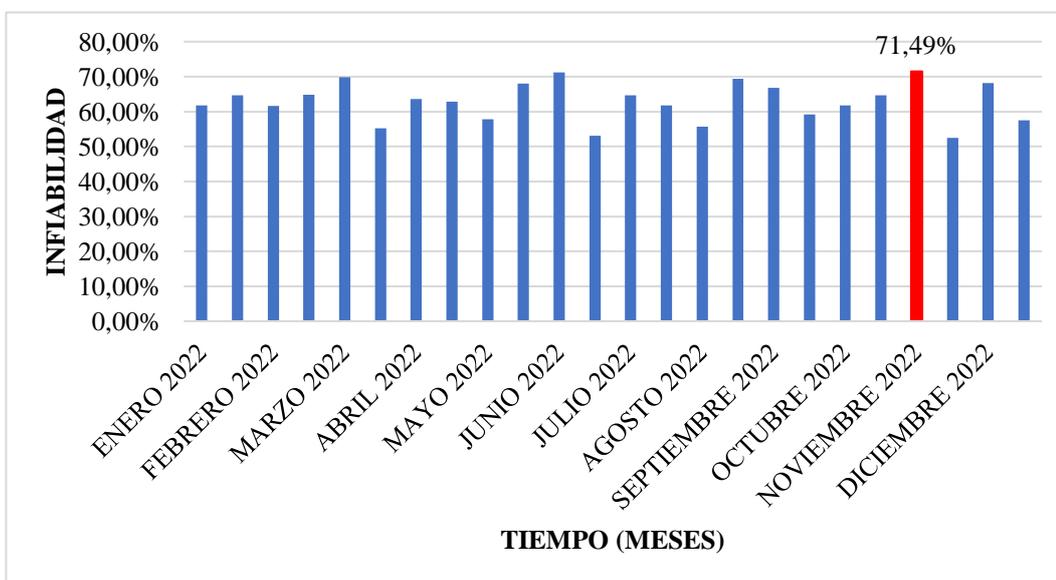


Fig. 19. Resumen mensual de la infiabilidad de la prensa hidráulica

En las Figuras 18 y 19 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 47.47% y 71.49%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en la prensa hidráulica con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

Tabla 69. Fiabilidad e in fiabilidad del compresor de aire

 FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
COMPRESOR DE AIRE			Código: TAS-PH-AT2-01		
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
ENERO 2022	80	83	0.0120	38.14%	61.86%
	86		0.0120	35.48%	64.52%
FEBRERO 2022	71	75	0.0133	38.80%	61.20%
	79		0.0133	34.88%	65.12%
MARZO 2022	102	86.5	0.0116	30.75%	69.25%
	71		0.0116	44.01%	55.99%
ABRIL 2022	77	78	0.0128	37.26%	62.74%
	79		0.0128	36.32%	63.68%
MAYO 2022	70	81.5	0.0123	42.36%	57.64%
	93		0.0123	31.95%	68.05%
JUNIO 2022	101	86	0.0116	30.90%	69.10%
	71		0.0116	43.80%	56.20%
JULIO 2022	86	81	0.0123	34.59%	65.41%
	76		0.0123	39.13%	60.87%
AGOSTO 2022	69	86	0.0116	44.83%	55.17%
	103		0.0116	30.19%	69.81%
SEPTIEMBRE 2022	94	86.5	0.0116	33.73%	66.27%
	79		0.0116	40.12%	59.88%
OCTUBRE 2022	77	82	0.0122	39.10%	60.90%
	87		0.0122	34.61%	65.39%
NOVIEMBRE 2022	102	81.5	0.0123	28.61%	71.39%
	61		0.0123	47.31%	52.69%
DICIEMBRE 2022	93	86	0.0116	33.91%	66.09%
	79		0.0116	39.91%	60.09%

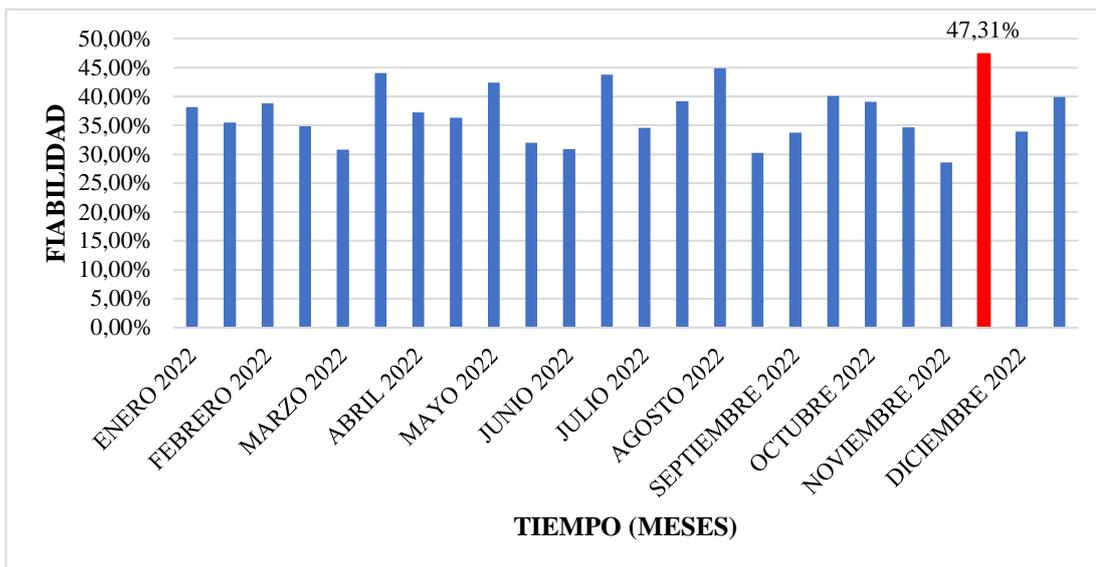


Fig. 20. Resumen mensual de la fiabilidad del compresor de aire

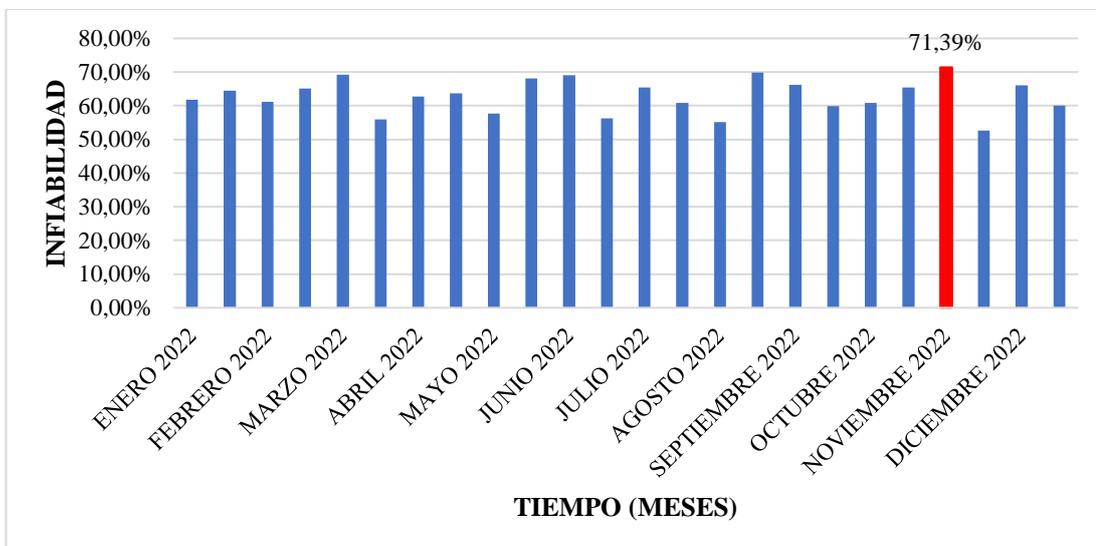


Fig. 21. Resumen mensual de la in fiabilidad del compresor de aire

En las Figuras 20 y 21 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e in fiabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 47.31% y 71.39%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en el compresor de aire con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

Tabla 70. Fiabilidad e in fiabilidad del taladro de pedestal

 FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
TALADRO DE PEDESTAL			Código: TAS-TDP-AT2-01		
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
ENERO 2022	50	52	0.0192	38.23%	61.77%
	54		0.0192	35.40%	64.60%
FEBRERO 2022	44	46.5	0.0215	38.82%	61.18%
	49		0.0215	34.86%	65.14%
MARZO 2022	63.5	53.75	0.0186	30.69%	69.31%
	44		0.0186	44.10%	55.90%
ABRIL 2022	49	49	0.0204	36.79%	63.21%
	49		0.0204	36.79%	63.21%
MAYO 2022	43.5	50.75	0.0197	42.44%	57.56%
	58		0.0197	31.89%	68.11%
JUNIO 2022	64	54	0.0185	30.57%	69.43%
	44		0.0185	44.27%	55.73%
JULIO 2022	53.5	51.25	0.0195	35.21%	64.79%
	49		0.0195	38.44%	61.56%
AGOSTO 2022	44	54	0.0185	44.27%	55.73%
	64		0.0185	30.57%	69.43%
SEPTIEMBRE 2022	58.5	53.75	0.0186	33.68%	66.32%
	49		0.0186	40.19%	59.81%
OCTUBRE 2022	49	51.5	0.0194	38.62%	61.38%
	54		0.0194	35.04%	64.96%
NOVIEMBRE 2022	63.5	50.75	0.0197	28.62%	71.38%
	38		0.0197	47.29%	52.71%
DICIEMBRE 2022	59	54	0.0185	33.53%	66.47%
	49		0.0185	40.36%	59.64%

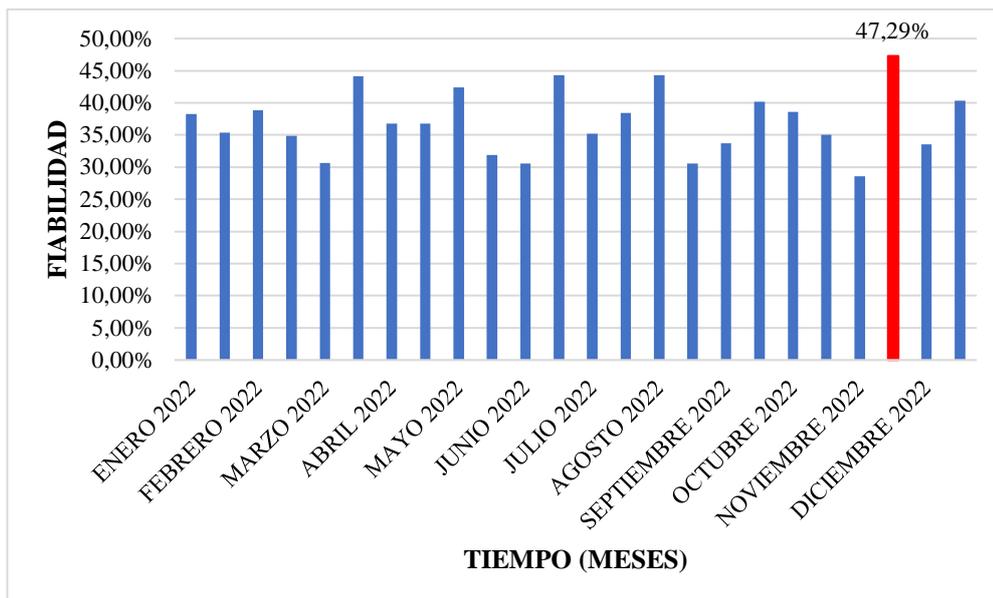


Fig. 22. Resumen mensual de la fiabilidad del taladro de pedestal

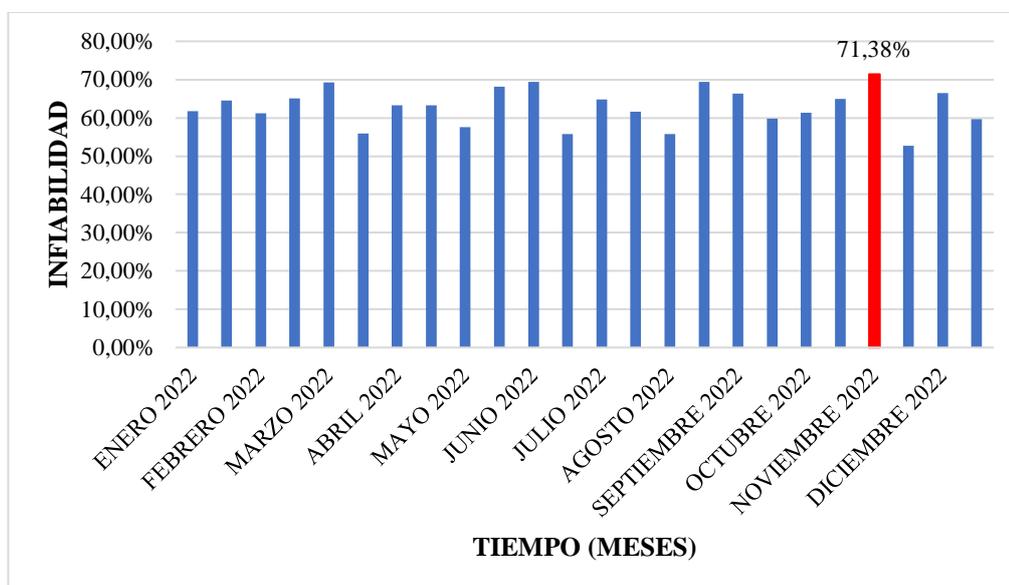


Fig. 23. Resumen mensual de la infiabilidad del taladro de pedestal

En las Figuras 22 y 23 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 47.29% y 71.38%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en el taladro de pedestal con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

Tabla 71. Fiabilidad e in fiabilidad de la soldadora GMAW

 FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
SOLDADORA GMAW			Código: TAS-SG-AT2-01		
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
ENERO 2022	40	41.5	0.0241	38.14%	61.86%
	43		0.0241	35.48%	64.52%
FEBRERO 2022	35	37	0.0270	38.83%	61.17%
	39		0.0270	34.85%	65.15%
MARZO 2022	50.5	42.75	0.0234	30.69%	69.31%
	35		0.0234	44.10%	55.90%
ABRIL 2022	39	39	0.0256	36.79%	63.21%
	39		0.0256	36.79%	63.21%
MAYO 2022	34	40	0.0250	42.74%	57.26%
	46		0.0250	31.66%	68.34%
JUNIO 2022	51	43	0.0233	30.54%	69.46%
	35		0.0233	44.31%	55.69%
JULIO 2022	42	40.5	0.0247	35.45%	64.55%
	39		0.0247	38.18%	61.82%
AGOSTO 2022	35	43	0.0233	44.31%	55.69%
	51		0.0233	30.54%	69.46%
SEPTIEMBRE 2022	46	42	0.0238	33.45%	66.55%
	38		0.0238	40.46%	59.54%
OCTUBRE 2022	39	41	0.0244	38.63%	61.37%
	43		0.0244	35.04%	64.96%
NOVIEMBRE 2022	50	40.5	0.0247	29.10%	70.90%
	31		0.0247	46.51%	53.49%
DICIEMBRE 2022	46	42.5	0.0235	33.88%	66.12%
	39		0.0235	39.95%	60.05%

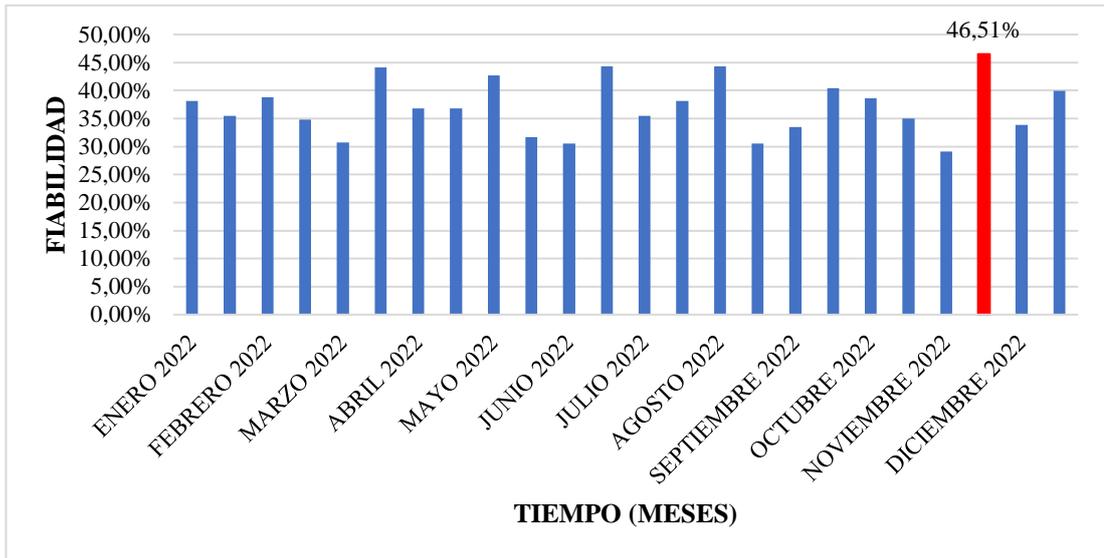


Fig. 24. Resumen mensual de la fiabilidad de la soldadora GMAW

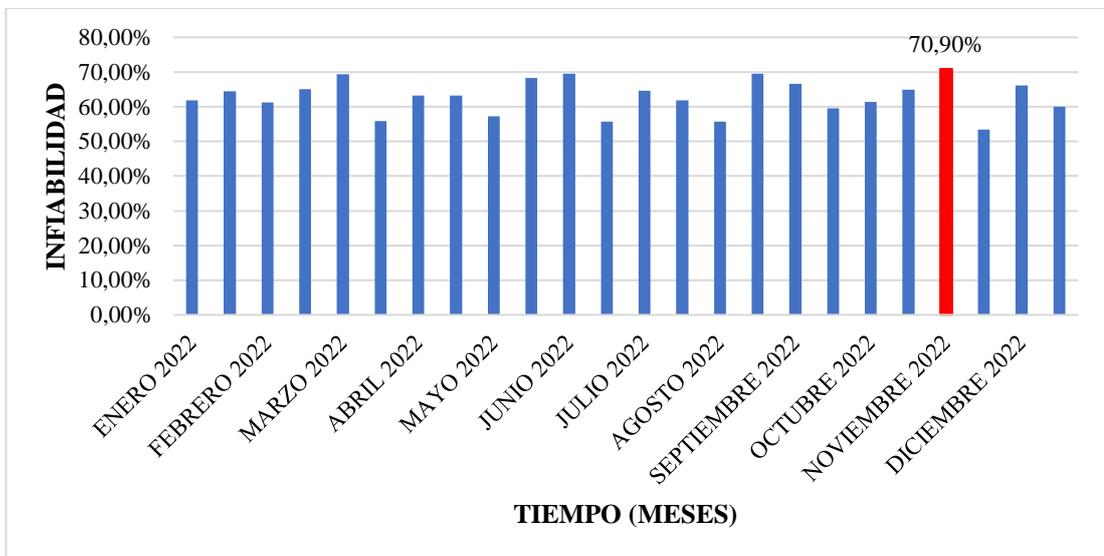


Fig. 25. Resumen mensual de la infiabilidad de la soldadora GMAW

En las Figuras 24 y 25 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 46.51% y 70.90%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en la soldadora GMAW con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

Tabla 72. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 01

 FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
ELEVADOR DE VEHICULOS				Código: TAS-EV-AT1-01	
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
OCTUBRE 2022	80	83.5	0.0120	38.36%	61.64%
	87		0.0120	35.28%	64.72%
NOVIEMBRE 2022	103	82.75	0.0121	28.80%	71.20%
	62.5		0.0121	46.99%	53.01%
DICIEMBRE 2022	94	86.25	0.0116	33.63%	66.37%
	78.5		0.0116	40.25%	59.75%
ENERO 2023	79	87	0.0115	40.33%	59.67%
	95		0.0115	33.56%	66.44%
FEBRERO 2023	62.5	73.75	0.0136	42.85%	57.15%
	85		0.0136	31.58%	68.42%
MARZO 2023	103	90.5	0.0110	32.04%	67.96%
	78		0.0110	42.24%	57.76%
ABRIL 2023	70.5	73.75	0.0136	38.45%	61.55%
	77		0.0136	35.20%	64.80%
MAYO 2023	70.5	82.5	0.0121	42.55%	57.45%
	94.5		0.0121	31.81%	68.19%

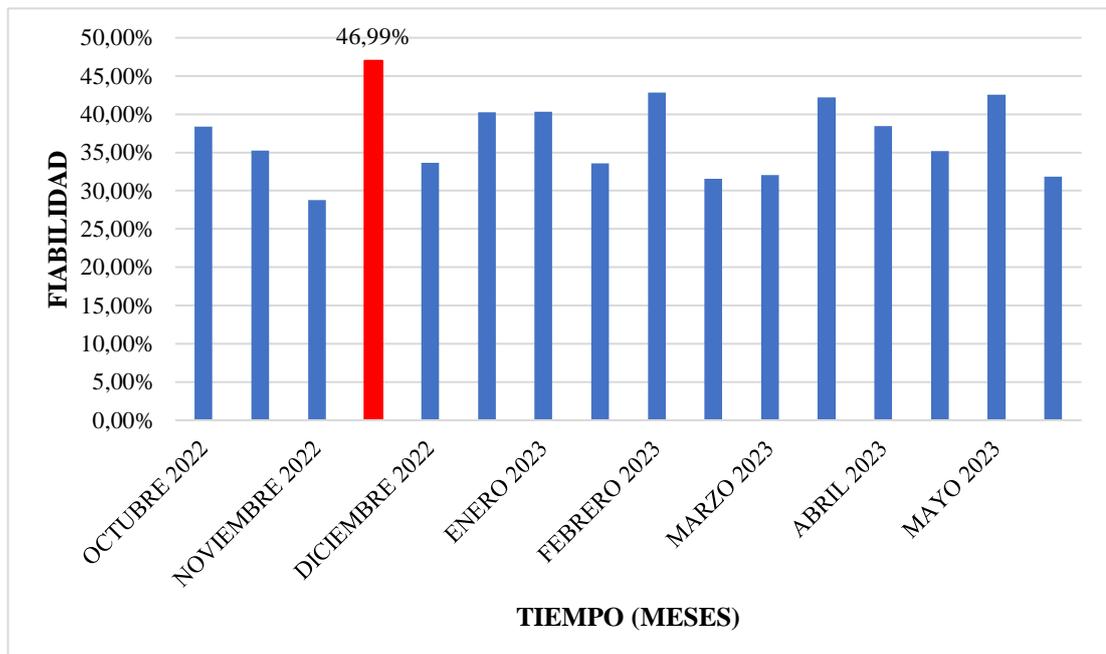


Fig. 26. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 01

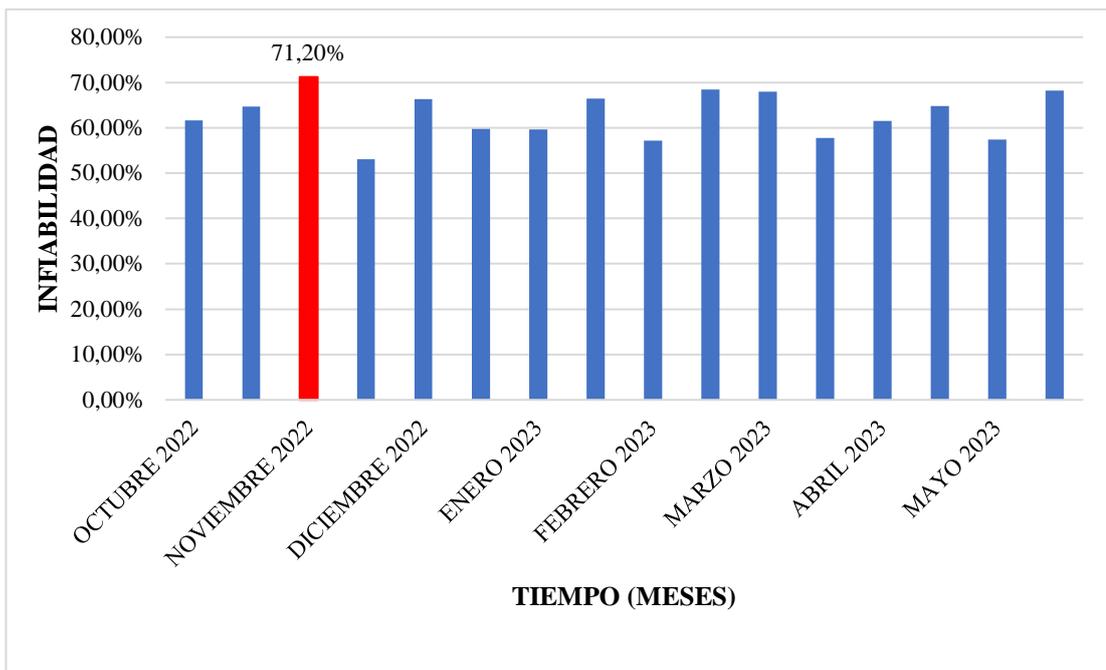


Fig. 27. Resumen mensual de la infiabilidad del elevador de vehículos 01

En las Figuras 26 y 27 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 46.99% y 71.20%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en el elevador de vehículos 01 con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

Tabla 73. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 02

 FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
ELEVADOR DE VEHICULOS				Código: TAS-EV-AT1-02	
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
OCTUBRE 2022	70	73	0.0137	38.33%	61.67%
	76		0.0137	35.31%	64.69%
NOVIEMBRE 2022	90	72.25	0.0138	28.77%	71.23%
	54.5		0.0138	47.03%	52.97%
DICIEMBRE 2022	82	75.25	0.0133	33.63%	66.37%
	68.5		0.0133	40.24%	59.76%
ENERO 2023	69	76	0.0132	40.34%	59.66%
	83		0.0132	33.55%	66.45%
FEBRERO 2023	54.5	65.25	0.0153	43.38%	56.62%
	76		0.0153	31.20%	68.80%
MARZO 2023	89	78.75	0.0127	32.30%	67.70%
	68.5		0.0127	41.90%	58.10%
ABRIL 2023	61.5	64.25	0.0156	38.40%	61.60%
	67		0.0156	35.25%	64.75%
MAYO 2023	61.5	72.25	0.0138	42.69%	57.31%
	83		0.0138	31.70%	68.30%

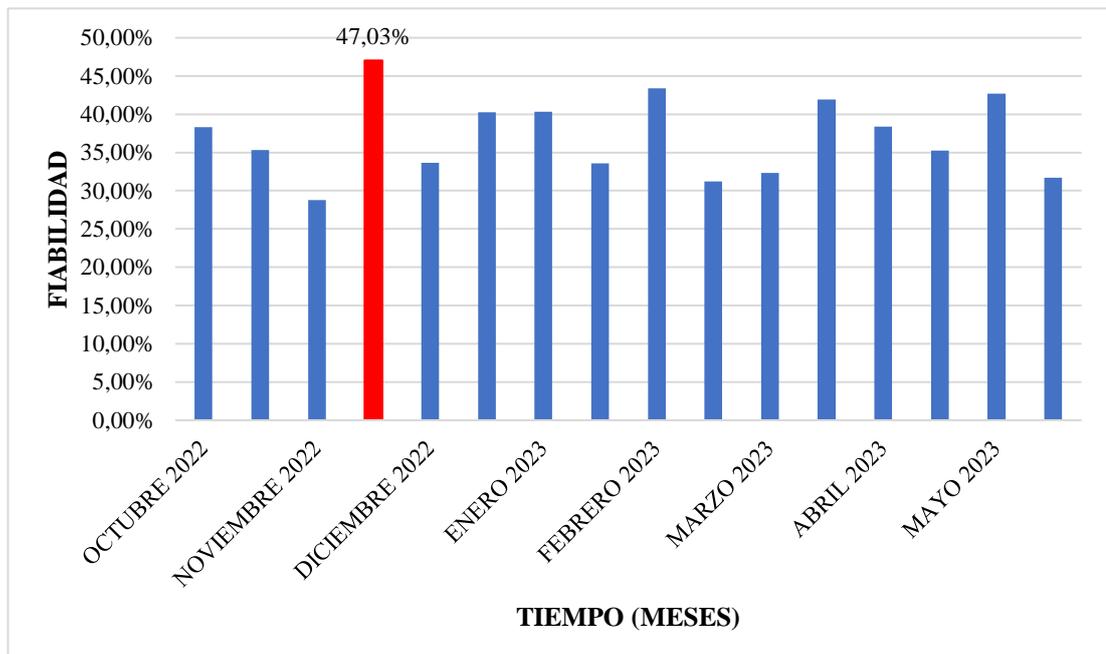


Fig. 28. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 02

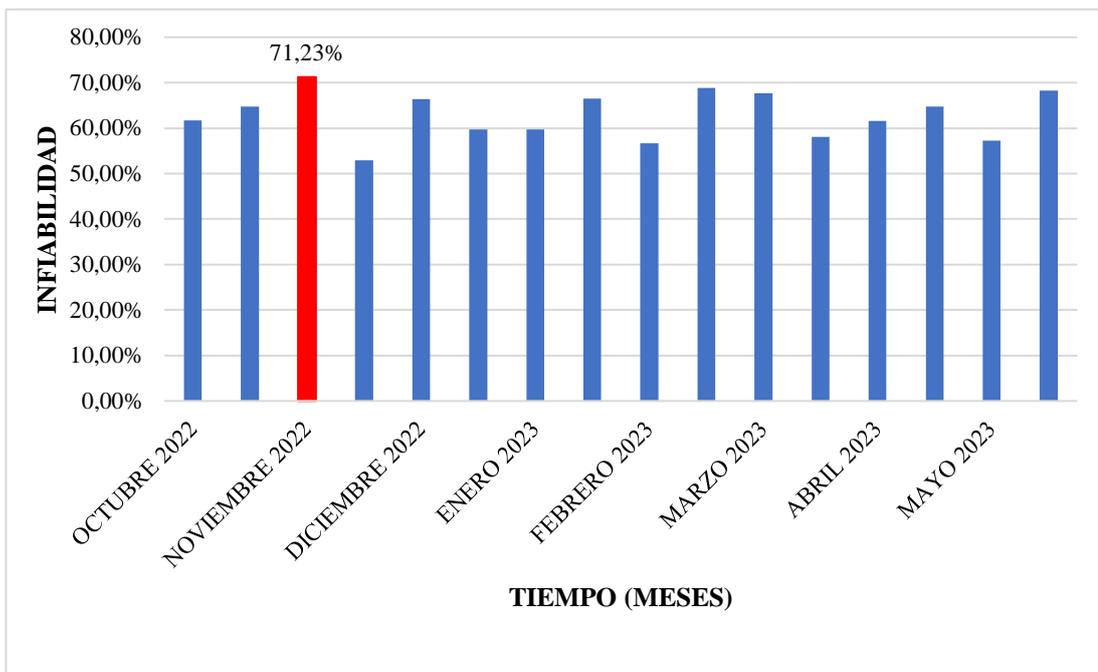


Fig. 29. Resumen mensual de la inoperabilidad del elevador de vehículos 02

En las Figuras 28 y 29 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e inoperabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 47.03% y 71.23%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en el elevador de vehículos 02 con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

Tabla 74. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 03

 FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
ELEVADOR DE VEHICULOS				Código: TAS-EV-AT1-03	
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
OCTUBRE 2022	50	52	0.0192	38.23%	61.77%
	54		0.0192	35.40%	64.60%
NOVIEMBRE 2022	64	51.25	0.0195	28.69%	71.31%
	38.5		0.0195	47.18%	52.82%
DICIEMBRE 2022	58	53.25	0.0188	33.65%	66.35%
	48.5		0.0188	40.22%	59.78%
ENERO 2023	49	54	0.0185	40.36%	59.64%
	59		0.0185	33.53%	66.47%
FEBRERO 2023	38.5	45.25	0.0221	42.71%	57.29%
	52		0.0221	31.69%	68.31%
MARZO 2023	64	56	0.0179	31.89%	68.11%
	48		0.0179	42.44%	57.56%
ABRIL 2023	43.5	45.25	0.0221	38.24%	61.76%
	47		0.0221	35.39%	64.61%
MAYO 2023	43.5	51	0.0196	42.62%	57.38%
	58.5		0.0196	31.8%	68.2%

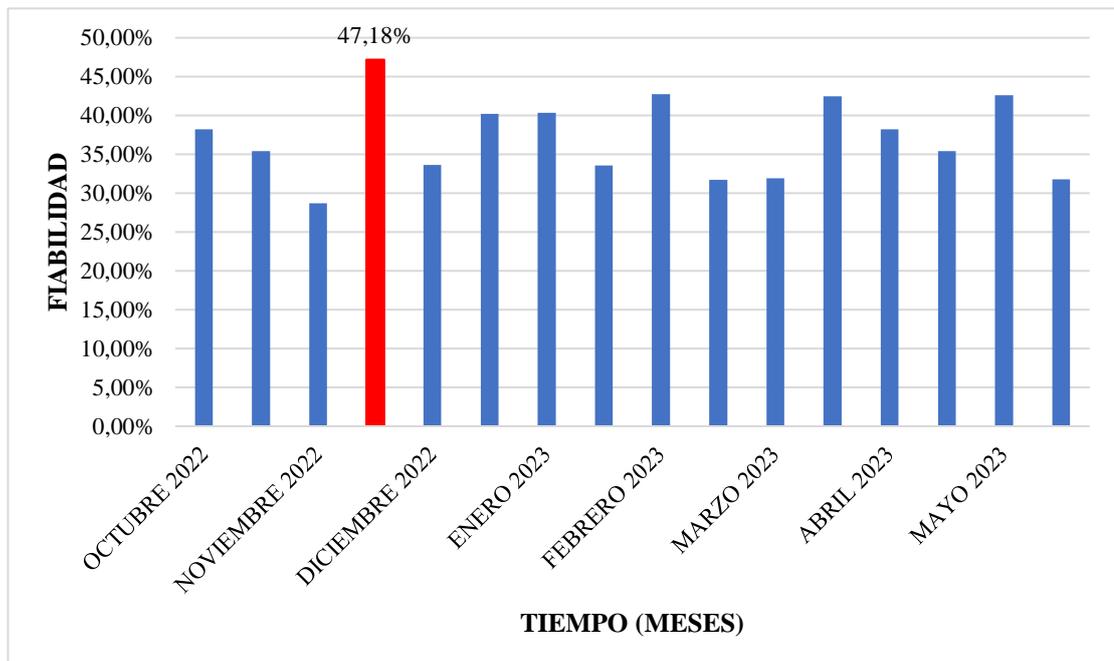


Fig. 30. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 03

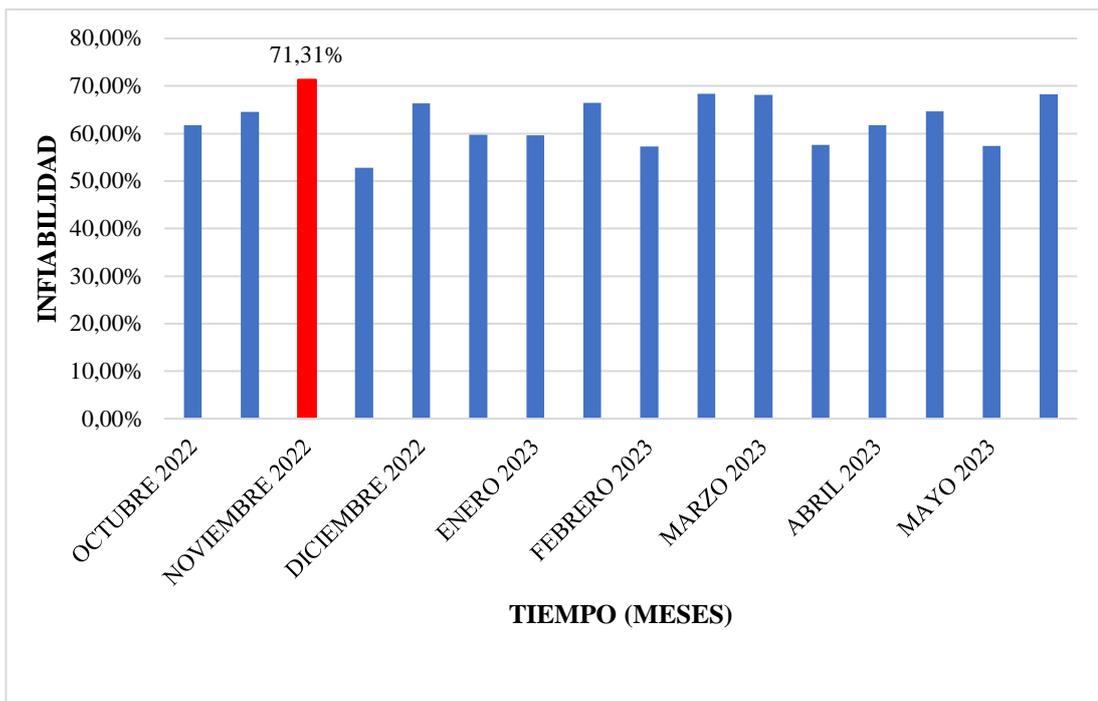


Fig. 31. Resumen mensual de la infiabilidad del elevador de vehículos 03

En las Figuras 30 y 31 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 47.18% y 71.31%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en el elevador de vehículos 03 con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

Tabla 75. Fiabilidad e in fiabilidad del elevador de vehículos 04

 FIABILIDAD E INFIABILIDAD					
ELEVADOR DE VEHICULOS				Código: TAS-EV-AT1-04	
MES	TO (h)	MTBF (h)	CONSTANTE λ	FIABILIDAD R(t)	INFIABILIDAD F(t)
OCTUBRE 2022	40	41.5	0.0241	38.14%	61.86%
	43		0.0241	35.48%	64.52%
NOVIEMBRE 2022	51	40.75	0.0245	28.61%	71.39%
	30.5		0.0245	47.31%	52.69%
DICIEMBRE 2022	46	42.25	0.0237	33.66%	66.34%
	38.5		0.0237	40.20%	59.80%
ENERO 2023	39	43	0.0233	40.37%	59.63%
	47		0.0233	33.52%	66.48%
FEBRERO 2023	30.5	36.75	0.0272	43.61%	56.39%
	43		0.0272	31.03%	68.97%
MARZO 2023	50	44.25	0.0226	32.31%	67.69%
	38.5		0.0226	41.89%	58.11%
ABRIL 2023	34.5	35.75	0.0280	38.10%	61.90%
	37		0.0280	35.52%	64.48%
MAYO 2023	34.5	40.75	0.0245	42.89%	57.11%
	47		0.0245	31.56%	68.44%

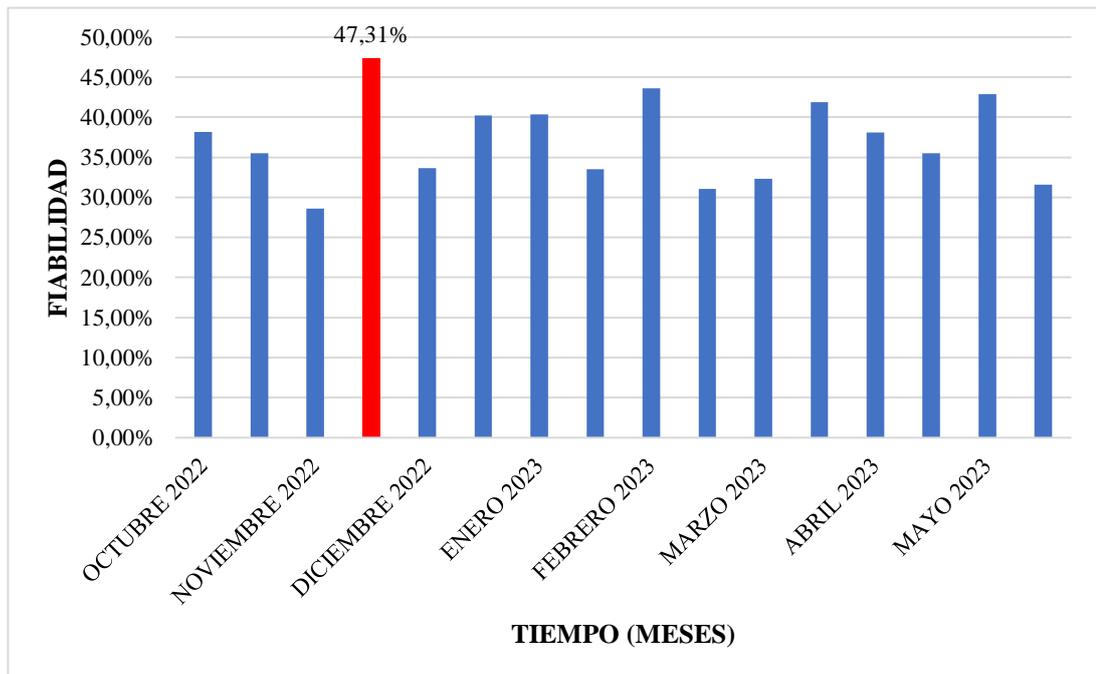


Fig. 32. Resumen mensual de la fiabilidad del elevador de vehículos 04

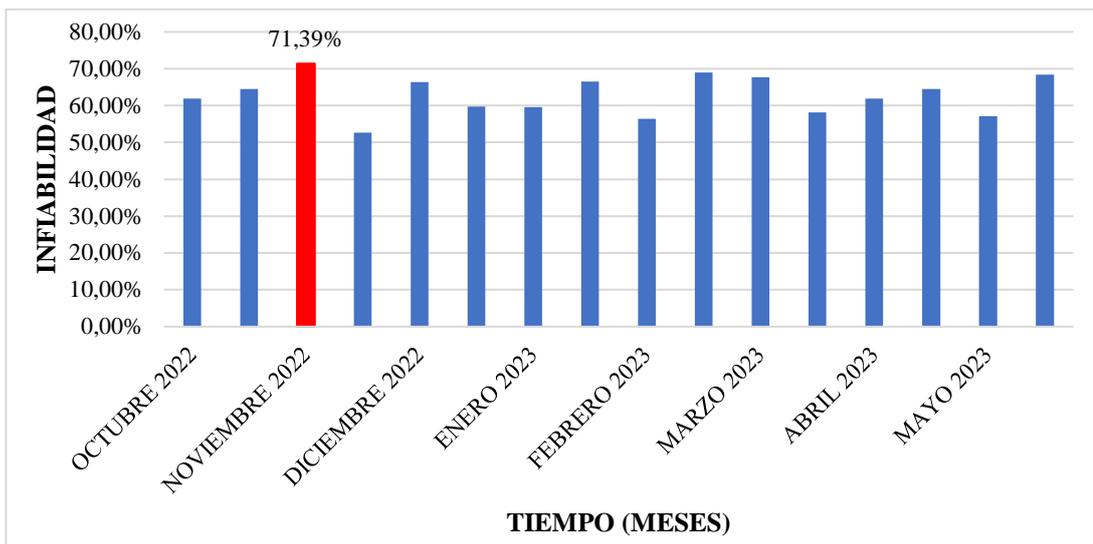


Fig. 33. Resumen mensual de la infiabilidad del elevador de vehículos 04

En las Figuras 30 y 31 se expresan los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad, respectivamente. Se observa que para el mes de noviembre 2022 con valores de 47.31% y 71.39%, respectivamente. De esta forma, se reconoce cuáles son los meses en los que es necesario realizar acciones correctivas en el elevador de vehículos 04 con el fin de evitar interrupciones en las actividades diarias del Tecnicentro.

3.5 Gamas de mantenimiento

Se consideró la realización de una gama de mantenimiento total con el objetivo de generar una optimización de tiempo y recursos durante el mantenimiento preventivo. El protocolo de mantenimiento se encuentra establecido desde enero del 2022 hasta diciembre del 2022 y se enfoca en cuatro actividades diarias diseñadas para controlar el funcionamiento, el deterioro y la vida útil de la máquina. La Tabla 56 muestra los colores asociados a la frecuencia con la que se deben realizar las actividades enumeradas en el registro.

Tabla 76. Gamas de mantenimiento

Frecuencia	Código	Color
Diario	DIR	Verde claro
Semanal	SML	Verde
Mensual	MNS	Amarillo
Trimestral	TRM	Naranja
Semestral	SMT	Rojo
Anual	ANL	Rojo oscuro

Tabla 80. Gama de mantenimiento del compresor de aire (continuación)

	GAMA DE MANTENIMIENTO																Realizado por: Jim Alexander Solis Galarza																															
	COMPRESOR DE AIRE								CÓDIGO: TAS-CA-AT2-01								Revisado por: Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.																															
	ÁREA DE TRABAJO 2								VIGENCIA: 2023								Aprobado por: Mtro. José Solis																															
ACTIVIDAD	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tensionar la banda																																																
Verificación de válvula antirretorno																																																
Verificación fugas del depósito																																																
Verificación de presión del sistema																																																
Mantenimiento regulador de presión y presostato																																																
Cambio de aceite y filtros																																																
Mantenimiento motor eléctrico																																																
Mantenimiento al motor mecánico																																																
Cambio de banda del sistema																																																

Tabla 81. Gama de mantenimiento del taladro de pedestal

	GAMA DE MANTENIMIENTO																Realizado por: Jim Alexander Solis Galarza																															
	TALADRO DE PEDESTAL								CÓDIGO: TAS-TDP-AT2-01								Revisado por: Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.																															
	ÁREA DE TRABAJO 2								VIGENCIA: 2023								Aprobado por: Mtro. José Solis																															
ACTIVIDAD	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Verificación de encendido	[Green]																																															
Verificación de correcta funcionalidad	[Green]																																															
Verificación de alineación de la base con la columna	[Green]																																															
Lubricación de partes móviles, dientes, sin fin y bandas	[Green]																																															
Verificación del estado de la banda			Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow	
Verificación del estado del porta brocas			Yellow																																													
verificación del estado de las poleas			Yellow																																													
Tensión de las bandas			Yellow																																													
Verificación y ajuste de fuga de Entenalla			Red																																													

Tabla 82. Gama de mantenimiento del taladro de pedestal (continuación)

	GAMA DE MANTENIMIENTO																Realizado por: Jim Alexander Solis Galarza																																			
	TALADRO DE PEDESTAL								CÓDIGO: TAS-TDP-AT2-01								Revisado por: Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.																																			
	ÁREA DE TRABAJO 2								VIGENCIA: 2023								Aprobado por: Mtro. José Solis																																			
ACTIVIDAD	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Verificación de fisuras de la base, columna y brazo																																																				
Mantenimiento al motor eléctrico																																																				
Cambio de bandas																																																				

Tabla 84. Gama de mantenimiento de la soldadora GMAW (continuación)

	GAMA DE MANTENIMIENTO												Realizado por: Jim Alexander Solis Galarza																																			
	SOLDADORA GMAW						CÓDIGO: TAS-SG-AT2-01						Revisado por: Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.																																			
	ÁREA DE TRABAJO 2						VIGENCIA: 2023						Aprobado por: Mtro. José Solis																																			
ACTIVIDAD	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Cambio del carrete de alambre de aporte																																																
Verificación y calibración de los rodillos de arrastre																																																
Cambio del gas CO ₂																																																
Revisión de las llantas de la porta soldadora																																																
Cambio de pinza a tierra																																																
Mantenimiento a la unidad de control																																																

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Tras la realización de un inventario de los equipos y máquinas del Tecnicentro se logró conocer el estado externo de la maquinaria y observar si es necesario la aplicación de un plan de mantenimiento inmediato. En base a los inventarios realizados se determinó que los equipos y máquinas se encuentran en estado óptimo mostrando ausencia de oxidación, golpes, ralladuras o cortes.
- En la determinación del estado actual de los equipos y máquinas en el Tecnicentro Automotriz Solís se observó que de los cuatro elevadores eléctricos únicamente dos son los más utilizados, y dentro del Tecnicentro son considerados de uso prioritario e indispensable. De la misma forma se registró el uso continuo de la prensa hidráulica, taladro de pedestal, compresor de aire y soldadora GMAW.
- Luego de establecer las matrices AMFE y de criticidad de los componentes de cada uno de los equipos usando la norma NTP 769 se obtuvieron las matrices a través de un análisis de fallos y consecuencia ponderados. Se analizó cualitativa y cuantitativamente cada uno de los componentes de las máquinas en donde se mostró que, en la prensa hidráulica, la bomba de aceite posee un IPR = 128. Por otro lado, el compresor de aire presenta en su motor eléctrico y bomba de aceite con un IPR = 120. Respecto al taladro de pedestal, este presenta un motor con un IPR= 126, la soldadora GMAW con una unidad de control con IPR =140 y los elevadores con poleas y columna principal con un IPR = 120. Por otro lado, respecto al análisis de criticidad de 3 a 4 componentes presentan un estado crítico, seguido de 4 a 6 componentes en estado semicrítico y de 3 a 1 componente presenta un estado no crítico.
- Aplicando los requerimientos del Tecnicentro Automotriz Solis se realizaron las gamas de mantenimiento, esto con el fin de que los trabajadores logren ejecutar el mantenimiento preventivo en un año basándose en actividades diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales establecidas en el protocolo de mantenimiento.

- A través del desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos y máquinas del Tecnicentro Automotriz Solis se consiguió establecer prácticas de mantenimiento preventivo para las máquinas de dos diferentes áreas de trabajo entre las que se incluyen una prensa hidráulica, compresor de aire, taladro de pedestal, soldadora GMAW y 4 elevadores de vehículos. Para cada uno de estos se contaron con fichas técnicas y fichas para el establecimiento de actividades.

4.2. Recomendaciones

- Crear una base de datos para actualizar de forma continua las actividades ligadas al registro de los equipos y máquinas que se encuentran dentro del plan de mantenimiento.
- Emplear fichas, manuales, documentos técnicos que permitan conocer de forma más detallada el funcionamiento del equipo y máquina, con el fin de lograr desarrollar un plan de mantenimiento enfocado a cada necesidad de la maquinaria.
- Optimizar los planes de mantenimiento de forma anual con el fin de lograr determinar nuevos riesgos críticos en los componentes de los equipos y máquinas del Tecnicentro.
- Desarrollar una capacitación del personal que labora en el Tecnicentro, con el fin de mantener el estado óptimo de la maquinaria a través de un manejo y mantenimiento adecuado por parte de los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. Zhang, D. Yang, and H. Wang, “Data-Driven Methods for Predictive Maintenance of Industrial Equipment: A Survey,” *IEEE Syst. J.*, vol. 13, no. 3, pp. 2213–2227, Sep. 2019, doi: 10.1109/JSYST.2019.2905565.
- [2] M. D. Ramere and O. T. Laseinde, “Optimization of condition-based maintenance strategy prediction for aging automotive industrial equipment using FMEA,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 180, pp. 229–238, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.PROCS.2021.01.160.
- [3] H. Shao, J. Lin, L. Zhang, D. Galar, and U. Kumar, “A novel approach of multisensory fusion to collaborative fault diagnosis in maintenance,” *Inf. Fusion*, vol. 74, pp. 65–76, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.INFFUS.2021.03.008.
- [4] C. A. Guayasamin Caiza and C. J. Imba Pacheco, “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transportes Puembo ‘TRAPUCA C.A’ en la parroquia de Puembo,” Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2023.
- [5] L. E. Chávez Farroñán, “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo y metodología 5s para mejorar el mantenimiento del área de maquinado de la empresa Budge SAC – Callao,” Universidad Politécnica Amazónica, Bagua Grande, 2023.
- [6] H. M. Altamirano Aguilar, “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa Megaingga S.A. de la ciudad de Latacunga,” Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, Ambato, 2023.
- [7] N. E. Montealegre Yela, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios pertenecientes a la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira,” Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2018.
- [8] J. L. Peña Centray, “Análisis de los fallos en el elevador de autos de dos columnas perteneciente al Taller de Reparación del Ejército Oriental,” Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica, Holguín,

2019.

- [9] M. Braglia, D. Castellano, and M. Gallo, “A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work,” *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 25, no. 4, pp. 612–634, Sep. 2019, doi: 10.1108/JQME-05-2016-0018/FULL/XML.
- [10] J. Zhao, C. Gao, and T. Tang, “A Review of Sustainable Maintenance Strategies for Single Component and Multicomponent Equipment,” *Sustain. 2022, Vol. 14, Page 2992*, vol. 14, no. 5, p. 2992, Mar. 2022, doi: 10.3390/SU14052992.
- [11] B. de Jonge and P. A. Scarf, “A review on maintenance optimization,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 285, no. 3, pp. 805–824, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.EJOR.2019.09.047.
- [12] M. Shafiee, “Maintenance strategy selection problem: An MCDM overview,” *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 21, no. 4, pp. 378–402, Oct. 2015, doi: 10.1108/JQME-09-2013-0063/FULL/XML.
- [13] E. I. Basri, I. H. A. Razak, H. Ab-Samat, and S. Kamaruddin, “Preventive maintenance (PM) planning: A review,” *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 23, no. 2. Emerald Group Publishing Ltd., pp. 114–143, 2017, doi: 10.1108/JQME-04-2016-0014.
- [14] R. Ahmad, ; S Kamaruddin, ; I Azid, and ; I Almanar, “Maintenance management decision model for preventive maintenance strategy on production equipment,” *J. Ind. Eng. Int*, vol. 7, no. 13, pp. 22–34, 2011.
- [15] C. A. Montilla Montaña, *Fundamentos de mantenimiento industrial*. Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.
- [16] E. Petritoli, F. Leccese, and L. Ciani, “Reliability and maintenance analysis of unmanned aerial vehicles,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 9, p. 3171, Sep. 2018, doi: 10.3390/s18093171.
- [17] R. Austin, *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*. 2010.
- [18] S. Wang, M. Tomovic, and H. Liu, *Commercial Aircraft Hydraulic Systems:*

Shanghai Jiao Tong University Press Aerospace Series. 2015.

- [19] K. Mercer, *Practical E-Manufacturing and Supply Chain Management*. Elsevier, 2013.
- [20] S. Saraswat and G. S. Yadava, “An overview on reliability, availability, maintainability and supportability (RAMS) engineering,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 25, no. 3, pp. 330–344, 2008, doi: 10.1108/02656710810854313.
- [21] B. G. Mwanza and C. Mbohwa, “Safety in Maintenance: An Improvement Framework,” *Procedia Manuf.*, vol. 8, pp. 657–664, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.02.084.
- [22] Y. Wang, C. Deng, J. Wu, Y. Wang, and Y. Xiong, “A corrective maintenance scheme for engineering equipment,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 36, pp. 269–283, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.engfailanal.2013.10.006.
- [23] O. Merkt, “Predictive models for maintenance optimization: An analytical literature survey of industrial maintenance strategies,” in *Lecture Notes in Business Information Processing*, 2020, vol. 380 LNBIP, pp. 135–154, doi: 10.1007/978-3-030-43353-6_8.
- [24] T. Zonta, C. A. da Costa, R. da Rosa Righi, M. J. de Lima, E. S. da Trindade, and G. P. Li, “Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 150, p. 106889, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106889.
- [25] A. Van Horenbeek, J. Buré, D. Cattrysse, L. Pintelon, and P. Vansteenwegen, “Joint maintenance and inventory optimization systems: A review,” in *International Journal of Production Economics*, Jun. 2013, vol. 143, no. 2, pp. 499–508, doi: 10.1016/j.ijpe.2012.04.001.
- [26] G. Ványi, “Improving the effectiveness of FMEA analysis in automotive – a case study,” *Acta Univ. Sapientiae, Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 82–95, Jun. 2016, doi: 10.1515/AUSI-2016-0005.
- [27] K. Dev, S. Gurukula, K. Vishwavidyalaya, S. Srivastava, and G. Kangri Vishwavidyalaya, “Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Implementation: A

Literature Review Bottling of Biogas-A Renewable Approach View project,” 2018.

- [28] R. Godina, B. G. R. Silva, and P. Espadinha-Cruz, “A DMAIC Integrated Fuzzy FMEA Model: A Case Study in the Automotive Industry,” *Appl. Sci.* 2021, Vol. 11, Page 3726, vol. 11, no. 8, p. 3726, Apr. 2021, doi: 10.3390/APP11083726.
- [29] Z. Wu, W. Liu, and W. Nie, “Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2021 1125, vol. 112, no. 5, pp. 1409–1436, Jan. 2021, doi: 10.1007/S00170-020-06425-0.
- [30] N. Chanamool and T. Naenna, “Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 43, pp. 441–453, Jun. 2016, doi: 10.1016/J.ASOC.2016.01.007.
- [31] C. F. Liew, J. Prakash, S. Kamaruddin, al -, Y. S. Triana, and R. A. M Pangabea, “Risk Analysis in the Application of Financore Information Systems Using FMEA Method,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1751, no. 1, p. 012032, Jan. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1751/1/012032.
- [32] S. Rana and R. M. Belokar, “Quality Improvement Using FMEA : A Short Review,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 2017.
- [33] M. Bestratén-Belloví, R. M. Orriolss-Ramos, and C. Mata-París, “NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE,” Barcelona, 2004.
- [34] J. Daz-Navarro, “Análisis de Fiabilidad de Equipos,” in *Técnicas de Mnatenimiento Industrial*, Calpe Institute of Technology, 2004, pp. 63–79.
- [35] L. Sarabia, Y. Arbella, M. Moreno, and R. Torres, “La gestión del mantenimiento acorde a la criticidad de los activos,” *Cent. Inf. y Gestión Tecnológica Holguín*, vol. 29, no. 2, pp. 0–11, 2023.

ANEXOS

Norma NTP 679

Año: 2004



NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE
Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

Rosa M^a Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas
CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carles Mata París
Ingeniero Técnico
SEAT, S.A.

La presente NTP tiene por objeto exponer el método de análisis modal de fallos y efectos de elementos clave de procesos o productos. Esta herramienta es una de las técnicas empleadas en el ámbito de la Calidad para la identificación y análisis de potenciales desviaciones de funcionamiento o fallos, preferentemente en la fase de diseño. Se trata de un método cualitativo que por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, incluidos los laborales.

1. INTRODUCCIÓN

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeronáutica en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiendo que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede contar con un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejoría de la calidad de productos y procesos reduciendo costes.

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente. Evidentemente tal cliente o usuario podrá ser un trabajador o equipo de personas que reciben en un momento determinado un producto o parte del mismo en un proceso productivo, para intervenir en él, o bien en último término, el usuario final de tal producto cuando haya de utilizarlo en su lugar de aplicación. Es sabido que los fallos materiales suelen estar mayoritariamente asociados en su origen a la fase de diseño y cuanto más se tarde en detectarlos más costosa será su solución. De ahí la importancia de realizar el análisis de potenciales problemas en instalaciones, equipos y procesos desde el inicio de su concepción y pensando siempre en las diferentes fases de su funcionamiento previsto. A continuación se aportan una serie de definiciones sobre los conceptos asumidos por este método.

Este método no considera los errores humanos directamente, sino su correspondencia inmediata de mala operación en la situación de un componente o sistema. En definitiva, el AMFE es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso.

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

Como paso previo a la descripción del método y su aplicación es necesario sentar los términos y conceptos fundamentales, que a continuación se describen.