

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TEMA

“Diseñar el plan de mantenimiento correctivo y preventivo de la planta de producción Miral de la ciudad Ambato”

Trabajo de titulación, modalidad proyecto técnico previo a la obtención del título de ingeniero mecánico

AUTOR: Nelson Javier Villarreal Diaz

TUTOR: Ing. Christian Byron Castro Miniguano Mg.

Ambato – Ecuador

Junio 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención de Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **"DISEÑAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN MIRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO",** elaborado por el señor Nelson Javier Villarreal Diaz, portador de la cédula de ciudadanía 1600710998, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el Proyecto Técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2025

.....

Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

C.C: 1803441128

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Nelson Javier Villarreal Diaz, portador de la cédula de ciudadanía C.C. 1600710998, declaro que todas las actividades y contenido expuesto en el presente proyecto técnico con el tema: **"DISEÑAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN MIRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO",** así como sus análisis, gráficos, diseños, conclusiones y recomendaciones son de mí exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, junio 2025



.....

Nelson Javier Villarreal Diaz

C.C: 1600710998

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 de mí Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mí derecho de autor.

Ambato, junio 2025

.....

Nelson Javier Villarreal Diaz

C.C: 1600710998

AUTOR

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Nelson Javier Villarreal Diaz, de la carrera de Mecánica bajo el tema: **"DISEÑAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN MIRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO"**

Ambato, junio 2025

Para constancia firman:

.....

Ing. Lascano Moreta Alejandra Marlene, Mg

C.C: 1804280087

MIEMBRO CALIFICADOR

.....

Ing. Morales Rovalino Vanessa Fernanda, MSc

C.C: 1804606810

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi refugio constante, mi fuente de fortaleza y sabiduría. En los momentos más difíciles de este proceso, su presencia me sostuvo y me dio paz. Sin Él, este logro no tendría sentido.

A mis amados padres, Nelson Javier Villarreal Díaz y Verónica Judith Díaz Suárez, gracias por enseñarme con su ejemplo a luchar por mis sueños con esfuerzo, humildad y determinación. Este trabajo es el fruto del amor y los valores que sembraron en mí desde pequeño. Cada página de esta tesis representa también sus sacrificios y su apoyo incondicional.

A mis queridas hermanas, por su compañía, comprensión y cariño. En los días de mayor tensión, su presencia fue un aliento que me impulsó a seguir adelante.

A mis abuelitos, por su amor, sus oraciones y el legado de valores que han dejado en mí. A quienes ya no están, los llevo siempre en el corazón, y sé que estarían orgullosos de este paso que hoy doy.

Gracias a todos ustedes, esta meta es una realidad.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por concederme la vida, la salud y las fuerzas necesarias para culminar esta etapa tan importante. Su guía ha sido esencial en cada paso del camino.

Agradezco a mis docentes y tutores, por compartir su conocimiento, su tiempo y su paciencia. Sus enseñanzas han sido fundamentales para mi formación académica y profesional, y me han inspirado a seguir aprendiendo con pasión y compromiso.

A la institución universitaria, por brindarme las herramientas necesarias para crecer no solo como estudiante, sino como ser humano. Gracias a cada área administrativa, académica y técnica que contribuyó directa o indirectamente a este proceso.

A mis compañeros y amigos, quienes compartieron conmigo largas jornadas de estudio, desvelos, desafíos y también momentos de alegría. Su apoyo y compañerismo hicieron que este camino fuera más llevadero y significativo.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, aportaron con una palabra de aliento, un consejo oportuno o simplemente su presencia en los momentos clave: gracias.

Finalmente, me agradezco a mí mismo por no rendirme, por persistir a pesar del cansancio y las dudas, y por confiar en que todo esfuerzo trae su recompensa. Esta tesis es el resultado de cada paso dado con disciplina, fe y esperanza.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

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 xii

ÍNDICE DE FIGURAS xvi

RESUMEN EJECUTIVO xix

ABSTRACT xx

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1

1.1. Antecedentes Investigativos 1

1.1.1. Justificación 3

1.2. Fundamentación teórica 4

1.2.1. Mantenimiento 4

1.2.2. Tipos de Mantenimiento 4

1.2.2.1. Mantenimiento Correctivo 5

1.2.2.2. Mantenimiento Preventivo 5

1.2.2.3. Mantenimiento Proactivo 6

1.2.2.4. Mantenimiento Predictivo 7

1.2.3. Actividades prioritarias en el mantenimiento preventivo 7

1.2.4. Control del Mantenimiento preventivo 8

1.2.5. Ventajas y desventajas de un plan de Mantenimiento Preventivo 8

1.2.5.1. Ventajas 8
1.2.5.2. Desventajas 10
1.2.6. Análisis de criticidad 10
1.2.6.1. Criterios para evaluar la criticidad 10
1.2.6.2. Matriz de criticidad y su uso en la priorización del mantenimiento 11
1.2.6.3. Análisis de Modo de Fallo y Efecto (AMFE) 12
1.2.7. Importancia de un Plan de Mantenimiento Efectivo 16
1.2.8. Herramientas Tecnológicas en mantenimiento 17
1.2.9. Dossier de la máquina 17
1.2.10. Gestión de Mantenimiento 18
1.2.10.1. Planificación y programación del mantenimiento 18
1.2.10.2. Indicadores del mantenimiento 18
1.3. Objetivos 21
1.3.1. Objetivo general 21
1.3.2. Objetivos Específicos 21
CAPITULO II.- METODOLOGÍA 22
2.1. Materiales 22
2.1.1. Recursos materiales 22
2.1.2. Recursos humanos 23
2.1.3. Recursos institucionales 23
2.1.4. Recursos económicos 23
2.2. Métodos 24
2.2.1. Nivel y tipo de investigación 24
2.2.1.1. Investigación de campo 24
2.2.1.2. Investigación descriptiva 25
2.2.1.3. Investigación bibliográfica 25

2.2.2. Protocolo de recolección de información 25
2.2.3. Metodología para la implementación del plan de mantenimiento correctivo y preventivo 26
2.2.4. Desarrollo del proyecto 26
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28
3.1. Análisis y discusión de los resultados 28
3.1.1. Descripción de la empresa 28
3.1.1.1. Historia 28
3.1.1.2. Misión 28
3.1.1.3. Visión 28
3.1.1.4. Política de la empresa 29
3.2. Diagnóstico de Análisis FODA 29
3.3. Diagrama de elaboración de un bus 29
3.4. Inventario de máquinas 31
3.4.1. Codificación 31
3.5. Análisis externo de las máquinas 34
3.5.1. Ficha técnica 34
3.5.2. Componentes que integran los equipos o herramientas 46
3.5.3. Análisis estadístico de los equipos o herramientas 60
3.5.4. Análisis de fallos y modos de fallo (AMFE) de los Equipos y Herramientas 105
3.5.5. Análisis de criticidad de los Equipos y Herramientas 135
3.5.6. Gammas de mantenimiento 148
3.5.7. Planes de mantenimiento correctivo 173
3.5.7.1. Compresor 173
3.5.7.2. Cortadora de Metal 175
3.5.7.3. Dobladora Manual 177

3.5.7.4. Nibladora 179
3.5.7.5. Torno mecánico y eléctrico 181
3.5.7.6. Esmeril de Banco 183
3.5.7.7. Cizalla / Guillotina CNC 185
3.5.7.8. Soldadora GMAW 187
3.5.7.9. Soldadora de Plasma 189
3.5.7.10. Generador a gas y combustible 191
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 193
4.1. Conclusiones 193
4.2. Recomendaciones 195
MATERIALES DE REFERENCIAS 198

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I CLASIFICACIÓN DE LA FACILIDAD DE DETECCIÓN DEL MODO DE FALLO. 13

TABLA II CLASIFICACIÓN DE LA GRAVEDAD DEL MODO FALLO SEGÚN LA REPERCUSIÓN EN EL CLIENTE / USUARIO. 14

TABLA III CLASIFICACIÓN DE LA FRECUENCIA/PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL MODO DE FALLO. 15

TABLA IV RECURSOS DE MATERIALES 22

TABLA V RECURSOS ECONÓMICOS 23

TABLA VI DIAGRAMA FODA 29

TABLA VII CATEGORIZACIÓN DE CÓDIGOS 32

TABLA VIII CÓDIGOS DE INVENTARIO 33

TABLA IX FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR INDUSTRIAL 35

TABLA X FICHA TÉCNICA DE LA CORTADORA DE METAL 36

TABLA XI FICHA TÉCNICA DE LA DOBLADORA MANUAL 37

TABLA XII FICHA TÉCNICA DE UNA NIBLADORA 38

TABLA XIII FICHA TÉCNICA DE UN TORNO 39

TABLA XIV FICHA TÉCNICA DE UN ESMERIL DE BANCO 40

TABLA XV FICHA TÉCNICA DE UNA CIZALLA HIDRÁULICA 41

TABLA XVI FICHA TÉCNICA DE UNA SOLDADORA GMAW 42

TABLA XVII FICHA TÉCNICA DE UNA SOLDADORA DE PLASMA 43

TABLA XVIII FICHA TÉCNICA DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS 44

TABLA XIX FICHA TÉCNICA DE UNA ESMERILADORA ANGULAR 45

TABLA XX FICHA TÉCNICA DE UN TALADRO PERCUTOR 46

TABLA XXI COMPONENTES DEL COMPRESOR INDUSTRIAL 47

TABLA XXII COMPONENTES DE LA CORTADORA DE METAL 48

TABLA XXIII COMPONENTES DE LA DOBLADORA MANUAL 49
TABLA XXIV COMPONENTES DE LA NIBLADORA 50
TABLA XXV COMPONENTES DEL TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO 51
TABLA XXVI COMPONENTES DEL ESMERIL DE BANCO 53
TABLA XXVII COMPONENTES DE UNA CIZALLA HIDRÁULICA 54
TABLA XXVIII COMPONENTES DE UNA SOLDADORA GMAW 55
TABLA XXIX COMPONENTES DE UNA SOLDADORA DE PLASMA 56
TABLA XXX COMPONENTES DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS .. 57
TABLA XXXI COMPONENTES DE UNA ESMERILADORA ANGULAR 58
TABLA XXXII COMPONENTES DE UN TALADRO PERCUTOR 59
TABLA XXXIII ESTADÍSTICO DE UN COMPRESOR 61
TABLA XXXIV ESTADÍSTICO DE UNA CORTADORA DE METAL 65
TABLA XXXV ESTADÍSTICO DE UNA DOBLADORA MANUAL 68
TABLA XXXVI ESTADÍSTICO DE UNA NIBLADORA 71
TABLA XXXVII ESTADÍSTICO DE UN TORNO 75
TABLA XXXVIII ESTADÍSTICO DE UN ESMERIL DE BANCO 78
TABLA XXXIX ESTADÍSTICO DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC 81
TABLA XL ESTADÍSTICO DE UNA SOLDADORA GMAW 85
TABLA XLI ESTADÍSTICO DE UNA SOLDADORA DE PLASMA 89
TABLA XLII ESTADÍSTICO DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS 93
TABLA XLIII ESTADÍSTICO DE UNA ESMERILADORA ANGULAR 97
TABLA XLIV ESTADÍSTICO DE UN TALADRO PERCUTOR 101
TABLA XLV ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DEL COMPRESOR INDUSTRIAL 106
TABLA XLVI ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE LA CORTADORA DE METAL 110

TABLA XLVII ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA DOBLADORA MANUAL 112

TABLA XLVIII ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA NIBLADORA..... 114

TABLA XLIX ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UN TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO 117

TABLA L ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UN ESMERIL DE BANCO..... 121

TABLA LI ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC 123

TABLA LII ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA SOLDADORA GMAW 125

TABLA LIII ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA SOLDADORA DE PLASMA 127

TABLA LIV ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UN GENERADOR 129

TABLA LV ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA ESMERILADORA ANGULAR 131

TABLA LVI ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA TALADRO PERCUSOR 133

TABLA LVII ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL COMPRESOR INDUSTRIAL ... 136

TABLA LVIII ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA CORTADORA DE METAL 137

TABLA LIX ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA DOBLADORA DE METAL 138

TABLA LX ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA NIBLADORA 139

TABLA LXI ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO..... 140

TABLA LXII ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN ESMERIL DE BANCO..... 141

TABLA LXIII ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC 142

TABLA LXIV ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA SOLDADORA GMAW..... 143

TABLA LXV ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA SOLDADORA DE PLASMA... 144

TABLA LXVI ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS 145

TABLA LXVII ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA ESMERILADORA ANGULAR..... 146

TABLA LXVIII ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN TALADRO PERCUTOR... 147

TABLA LXIX GAMMA DE COLORES DEL MANTENIMIENTO 148

TABLA LXX GAMMA DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR 149

TABLA LXXI GAMMA DE MANTENIMIENTO DE LA CORTADORA DE METAL 151

TABLA LXXII GAMMA DE MANTENIMIENTO DE LA DOBLADORA MANUAL 153

TABLA LXXIII GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA NIBLADORA..... 155

TABLA LXXIV GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO..... 157

TABLA LXXV GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN ESMERIL DE BANCO 159

TABLA LXXVI GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC 161

TABLA LXXVII GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA SOLDADORA GMAW 163

TABLA LXXVIII GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA SOLDADORA DE PLASMA..... 165

TABLA LXXIX GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS..... 167

TABLA LXXX GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN ESMERILADORA ANGULAR..... 169

TABLA LXXXI GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN TALADRO PERCUTOR 171

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Tipos de Mantenimiento. 5

Fig. 2. Actividades prioritarias del mantenimiento preventivo.. 7

Fig. 3. Matriz de consecuencia en procesos.. 11

Fig. 4. Matriz nivel de criticidad en proceso. 11

Fig. 5. Formato AFME. 15

Fig. 6. Diagrama para la ejecución del plan de mantenimiento 26

Fig. 7. Diagrama de flujo del proyecto..... 27

Fig. 8. Diagrama del proceso de fabricación de autobuses 30

Fig. 9. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos del Compresor..... 64

Fig. 10. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Cortadora de Metal..... 67

Fig. 11. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Dobladora Manual..... 70

Fig. 12. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Nibladora..... 74

Fig. 13. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Torno..... 77

Fig. 14. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Esmeril de Banco 80

Fig. 15. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Cizalla Guillotina CNC..... 84

Fig. 16. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Soldadora GMAW..... 88

Fig. 17. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Soldadora de Plasma..... 92

Fig. 18. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Generador a Gasolina y a Gas 96

Fig. 19. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Esmeriladora Angular 100

Fig. 20. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Taladro Percutor 104

Fig. 21. Diagrama de reparación de fuga de aceite del compresor 173

Fig. 22. Diagrama de reemplazo de válvula de admisión del compresor 174

Fig. 23. Diagrama de reemplazo de hoja de corte de una Cortadora de Metal 175

Fig. 24. Diagrama de ajuste/ reparación del sistema de sujeción de una Cortadora de Metal 176

Fig. 25. Diagrama por falla mecánica (eje, bisagra o sujeción) de una Dobladora Manual 177

Fig. 26. Diagrama por falla operativa que se da durante el doblado regular de una Dobladora Manual 178

Fig. 27. Diagrama por falla de punzonado de una Nibladora 179

Fig. 28. Diagrama por falla eléctrica o mecánica del sistema de avance de una Nibladora 180

Fig. 29. Diagrama por falla en el avance automático o del carro transversal del Torno 181

Fig. 30. Diagrama por falla eléctrica o mecánica del motor del Torno 182

Fig. 31. Diagrama de la presencia de vibración o desbalance de un Esmeril de Banco 183

Fig. 32. Diagrama de la presencia de fallo de encendido de un Esmeril de Banco 184

Fig. 33. Diagrama de la falla de corte de una cizalla / guillotina CNC 185

Fig. 34. Diagrama de una falla hidráulica de la cizalla / guillotina CNC 186

Fig. 35. Diagrama del problema de alimentación de alambre de la Soldadora GMAW ... 187

Fig. 36. Diagrama del problema de chispa débil o inestable de la Soldadora GMAW 188

Fig. 37. Diagrama del problema que no genera el arco de plasma de la Soldadora de Plasma..... 189

Fig. 38. Diagrama del problema que no enciende la Soldadora de Plasma..... 190

Fig. 39. Diagrama del generador arranca pero no genera energía..... 191

Fig. 40. Diagrama del problema que el Generador no enciende 192

RESUMEN EJECUTIVO

La planta Miral, dedicada al diseño y producción de autobuses, enfrenta el desafío de mantener la continuidad operativa de sus procesos frente al crecimiento del mercado y la evolución tecnológica. Aunque cuenta con un plan de mantenimiento vigente, la creciente demanda y la necesidad de optimización exigen su actualización integral. En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo actualizar el plan de mantenimiento de la planta mediante la implementación de estrategias correctivas, preventivas y predictivas, orientadas a mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos de inactividad y prolongar la vida útil de los equipos. La metodología aplicada comprende el análisis de recursos materiales, humanos, institucionales y económicos, junto con métodos de investigación de campo, descriptiva y bibliográfica. Se recopiló información técnica y operativa para desarrollar un plan ajustado a las necesidades reales de la planta. Como resultados, se elaboró un inventario detallado de las máquinas y herramientas, con su respectiva codificación y fichas técnicas. Se aplicaron análisis estadísticos, de fallos y modos de fallo (AMFE), así como una matriz de criticidad para priorizar intervenciones. Esto permitió establecer una gama de mantenimiento precisa y desarrollar planes correctivos y preventivos personalizados para equipos como compresores, tornos, soldadoras, esmeriles, entre otros. Por lo que la implementación del nuevo plan contribuirá significativamente a la disponibilidad y fiabilidad de los equipos, a la reducción de costos por reparaciones imprevistas y al mejoramiento del proceso productivo, generando así un impacto positivo tanto para la empresa como para la calidad del transporte público urbano.

DESCRIPTORES: MANTENIMIENTO CORRECTIVO, MANTENIMIENTO PREVENTIVO, FIABILIDAD, CRITICIDAD Y OPTIMIZACIÓN

ABSTRACT

The Miral plant, dedicated to the design and production of buses, faces the challenge of maintaining the operational continuity of its processes in the face of market growth and technological evolution. Although it has a maintenance plan in force, the growing demand and the need for optimization require its comprehensive update. In this context, the objective of this project is to update the plant's maintenance plan through the implementation of corrective, preventive and predictive strategies aimed at improving operational efficiency, reducing downtime and extending the useful life of the equipment. The methodology applied includes the analysis of material, human, institutional and economic resources, together with field, descriptive and bibliographic research methods. Technical and operational information was gathered to develop a plan adjusted to the real needs of the plant. As a result, a detailed inventory of machines and tools was prepared, with their respective coding and technical data sheets. Statistical, failure and failure mode analyses (FMEA) were applied, as well as a criticality matrix to prioritize interventions. This made it possible to establish a precise range of maintenance and develop customized corrective and preventive plans for equipment such as compressors, lathes, welding machines, grinders, among others. Therefore, the implementation of the new plan will contribute significantly to the availability and reliability of the equipment, to the reduction of costs due to unforeseen repairs and to the improvement of the production process, thus generating a positive impact both for the company and for the quality of urban public transportation.

DESCRIPTORS: CORRECTIVE MAINTENANCE, PREVENTIVE MAINTENANCE, RELIABILITY, CRITICALITY AND OPTIMIZATION

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

La administración del mantenimiento en instalaciones industriales es esencial para asegurar la eficacia operacional y la protección de los equipos.

La práctica del mantenimiento industrial es esencial en todos los ámbitos académicos e industriales, dado que se incorpora en un plan de mantenimiento orientado a robustecer el ambiente laboral y lograr resultados positivos en su implementación [1]. Esta metodología sistemática facilita la identificación de opciones para evaluar la eficacia del mantenimiento, emergiendo como un factor esencial para el progreso y el éxito de las áreas implicados.

De acuerdo con Fuentes [2], la instauración de un programa de mantenimiento planificado no solo optimiza la efectividad operativa, sino que además favorece la disminución de costos en un horizonte temporal prolongado. La instauración de un programa de mantenimiento preceptivo en empresas pequeñas, particularmente aquellas que emergieron como iniciativas familiares o artesanales, constituye un aspecto esencial en la optimización de los procesos productivos [3]. Frecuentemente, estas microempresas carecen de la capacidad para implementar estrategias de mantenimiento sofisticadas, como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), que facilita la identificación de los equipos de mayor criticidad a través de un análisis de criticidad. Este método contribuye a la eliminación de fallos, optimizando de esta manera la confiabilidad y aplicación de los activos [4].

Mesa Grajales subraya la importancia crítica de las disciplinas contemporáneas de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en el ámbito del mantenimiento industrial [5]. Estas disciplinas posibilitan un examen exhaustivo de los equipos y sistemas, facilitando la formulación de un mantenimiento más eficiente que se alinee con las demandas operativas de las instalaciones. La incorporación de estos principios en un plan de mantenimiento optimiza el desempeño global de la organización.

Según Arroyo y Obando [6], en su artículo bajo el tema “Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos”; dice que la planificación del mantenimiento es crucial para alcanzar los objetivos de eficiencia, ya que ayuda a reducir los errores o fallos de producción. Este enfoque abarca no solo el equipo, sino también el sector administrativo y a los trabajadores que se ocupan de eventos imprevistos. Un aumento en los costos de mantenimiento puede ayudar a reducir los costos asociados, aumentar la calidad de vida, la rentabilidad operativa y reducir el impacto económico. Una estrategia de progreso continuo puede llevar a una mayor rentabilidad operativa y a una reducción del impacto económico. Un programa de mantenimiento puede llevar a un cambio radical en la lucha contra los costos y la duración del uso de las máquinas, mejorando los procedimientos, aumentando la calidad y durabilidad de las piezas, y sugiriendo una prevención efectiva y oportuna.

De igual manera Ochoa y Tenecela [7] en su investigación titulada como “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo mediante un análisis de criticidad para los vehículos utilitarios del departamento de Cuerpo de Bomberos del cantón Pasaje”; dice que es una estrategia que permite anticipar posibles fallos en los equipos o aparatos, asignando prioridad a las labores de mantenimiento según la importancia de cada componente dentro del proceso productivo. Este enfoque se basa en reconocer y clasificar los equipos según su nivel de relevancia, teniendo en cuenta elementos como la salvaguarda de los trabajadores, el impacto en el entorno, las consecuencias en la producción, el costo de arreglo y la frecuencia de los errores. En base a esta investigación, se establecen costumbres de mantenimiento específicas para cada equipo, determinando la periodicidad y los recursos necesarios para su ejecución. Por lo tanto, se optimizan los tiempos de apoyo, se reducen los riesgos de fallos inesperados y se fortalece la inseguridad operativa de la empresa, al mismo tiempo que se emplean de forma más eficiente los recursos técnicos y financieros disponibles.

De acuerdo con Martínez, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) se presenta como un enfoque avanzado que posibilita a las compañías asignarle prioridad a sus esfuerzos de mantenimiento según la importancia de los equipos [8]. Esta táctica ha probado ser eficaz para incrementar la confiabilidad de los bienes y disminuir gastos, en particular en compañías donde los recursos son escasos.

Con el paso del tiempo, el cuidado industrial ha evolucionado de ser una tarea reactiva, en la que solo se resolvían las fallas tras su ocurrencia, a sistemas más sofisticados que incorporan estrategias de prevención y predicción. Estas técnicas posibilitan a las compañías no solo disminuir los periodos de ausencia, sino también mejorar el desempeño y la durabilidad de los dispositivos [9]. Investigaciones actuales subrayan que una perspectiva organizada en el mantenimiento mejora la eficiencia en las operaciones y disminuye los gastos relacionados con interrupciones inesperadas, lo cual es crucial para sectores como la producción de vehículos, donde los ciclos de construcción son esenciales.

En el contexto particular de la planta Miral, especializada en el diseño y producción de autobuses para el traslado de usuarios, el mantenimiento de máquinas y equipos juega un rol crucial en la sostenibilidad de sus actividades. Aunque existe un plan de mantenimiento vigente, las demandas en aumento del mercado y los desafíos tecnológicos demandan una renovación de este, incluyendo medidas correctivas, preventivas y predictivas. Estas medidas no solo persiguen mejorar los tiempos de construcción, sino también garantizar la disponibilidad de herramientas y piezas de recambio, además de disminuir los gastos relacionados con el inventario impreciso y la duración restringida de los equipos.

1.1.1. Justificación

De este modo, la empresa se beneficiará mediante un registro eficiente y una adecuada transmisión de información, optimizando la gestión del mantenimiento y asignación de tareas para atender las necesidades de los equipos de carrocería, contando con personal capacitado [10].

En la empresa Miral, dedicada al diseño y fabricación de autobuses en Ambato, los equipos críticos requieren mantenimiento constante para asegurar una operación continua que evite retrasos en la entrega y optimice la rentabilidad. La disponibilidad y buen estado de estos equipos son esenciales en el proceso productivo, pues cualquier falla afecta la eficiencia de la planta y la competitividad de la empresa en el mercado de transporte de pasajeros. Según la investigación de Olimpio Melo Álvares una de las estrategias más utilizadas a nivel mundial para disminuir los accidentes es la

implementación de programas de revisión e inspección técnica, así como de mantenimiento preventivo [11].

Este proyecto es urgente para minimizar los tiempos de inactividad y reducir los costos asociados a reparaciones no programadas. Además, la optimización de los procesos en Miral impacta directamente en la movilidad urbana y la calidad del transporte público, beneficiando a la sociedad al asegurar una oferta de vehículos confiables y seguros. Con el fin de abordar estas necesidades, el objetivo general de este estudio es actualizar el plan de mantenimiento de la planta Miral mediante estrategias correctivas, preventivas y predictivas, optimizando así la eficiencia operativa y reduciendo los tiempos de inactividad.

1.2. Fundamentación teórica

1.2.1. Mantenimiento

Se refiere al conjunto de acciones destinadas a mantener o restaurar un equipo para que desempeñe sus tareas. Conservación de preservación: Está diseñado para compensar el deterioro de equipos causado por el uso, conforme a las características físicas y químicas a las que se encuentra expuesto. Se entiende por mantenimiento a todas las acciones destinadas a preservar un artículo o recuperarlo a una condición en la que pueda desempeñar alguna función necesaria. Estas medidas comprenden la mezcla de las medidas técnicas y administrativas pertinentes [12].

Ramírez et al. [13], dice que mantenimiento se entiende por mantenimiento a todas las acciones destinadas a preservar un artículo o recuperarlo a una condición en la que pueda desempeñar alguna función necesaria. Estas medidas abarcan el conjunto de acciones técnicas y administrativas pertinentes. Por lo que se refiere a la mezcla de todas las acciones técnicas y administrativas diseñadas para mantener o recuperar un elemento en un estado que le permita operar de manera adecuada.

1.2.2. Tipos de Mantenimiento

Los tipos de mantenimiento son:

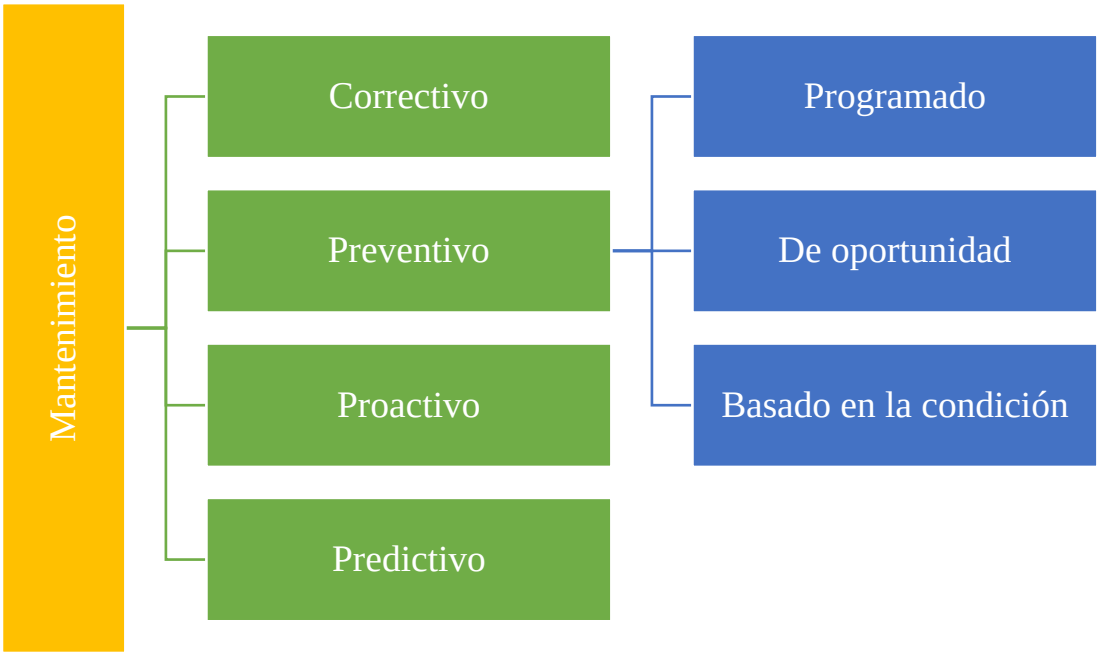


Fig. 1. Tipos de Mantenimiento.

1.2.2.1. Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando un dispositivo ya ha presentado fallos. Se distingue por su reactividad y, a pesar de que puede ser imprescindible en circunstancias inesperadas, puede ser costoso debido a interrupciones imprevistas y reparaciones apremiantes. De acuerdo con González et al. [1], este método puede provocar un incremento considerable en los gastos de operación y en los periodos de parada de los equipos de mantenimiento. Intenta prevenir errores mediante intervenciones planificadas, fundamentadas en el tiempo o en la utilización del equipo.

1.2.2.2. Mantenimiento Preventivo

Se refiere a la ejecución de tareas de mantenimiento programadas de manera periódica con el objetivo de prevenir irregularidades e imprevistos futuros. En conclusión, se trata de reparar los equipos antes de que se deterioren. El propósito del mantenimiento preventivo consiste en: Identificar y rectificar los inconvenientes menores antes de que estos generen averías. El mantenimiento preventivo puede describirse como un conjunto integral de acciones, todas llevadas a cabo por los usuarios, operadores y encargados del mantenimiento [14].

La subclasificación en los mantenimiento preventivos son:

- **Mantenimiento preventivo programado,** es crucial en cuanto a su importancia en relación a las primeras fases de deterioro de un equipo. Se lleva a cabo en periodos de tiempo establecidos previamente, o conforme a un criterio de uso, sin considerar las condiciones de uso de la máquina. Por ejemplo, reemplazar la correa de distribución en un vehículo cada 150.000 kilómetros, o modificar un neón cada 7.000 horas de uso.

  La conservación programada demanda un sólido entendimiento de las normas de degradación, como por ejemplo la curva de vida de un cojinete de bolas. Es necesario llevar a cabo de manera confiable para suprimir cualquier otra revisión adicional entre dos periodos, o prevenir una supervisión adicional más allá de los periodos de inspección [15].

- **Mantenimiento preventivo de oportunidad,** significa que se emplea un lapso de tiempo en el que el equipo no se utiliza para realizar tareas de mantenimiento, con el objetivo de evitar interrupciones en la producción [15].

- **Mantenimiento preventivo basado en la condición,** se emplea para supervisar el funcionamiento de las máquinas, en particular los criterios (presión, nivel, flujo, etc.), incorporando acciones derivadas de dichos controles. Este tipo de mantenimiento preventivo suele lograr superar los inconvenientes del mantenimiento sistemático. No necesita ningún saber extra, sino la comparación de los controles con límites preestablecidos. El mantenimiento condicional podría ser ininterrumpido, con una grabación constante de los parámetros evaluados, o continuo con una medición regular de dichos parámetros [15].

1.2.2.3. Mantenimiento Proactivo

Se trata de prever los problemas a través de la detección y supresión de las causas primordiales de los fallos antes de que ocurran. Este método se fundamenta en el estudio de datos, la vigilancia continua de las condiciones y la aplicación de mejoras

en los componentes u operaciones, con la finalidad de aumentar la fiabilidad y prevenir interrupciones futuras [16].

1.2.2.4. Mantenimiento Predictivo

Es un método que emplea instrumentos y métodos de análisis de datos para identificar irregularidades en el desarrollo y posibles fallos en los equipos y procedimientos, de tal manera que sean corregidos antes de que ocurra el error. El enfoque del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es una metodología que asigna prioridad a los esfuerzos de mantenimiento en función de la importancia de los equipos, tal como indica Montilla [3]. Esto resulta en una mayor eficiencia de los insumos de mantenimiento y en un incremento en la fiabilidad de los activos.

1.2.3. Actividades prioritarias en el mantenimiento preventivo

Las actividades prioritarias en el mantenimiento preventivo, más comunes son:

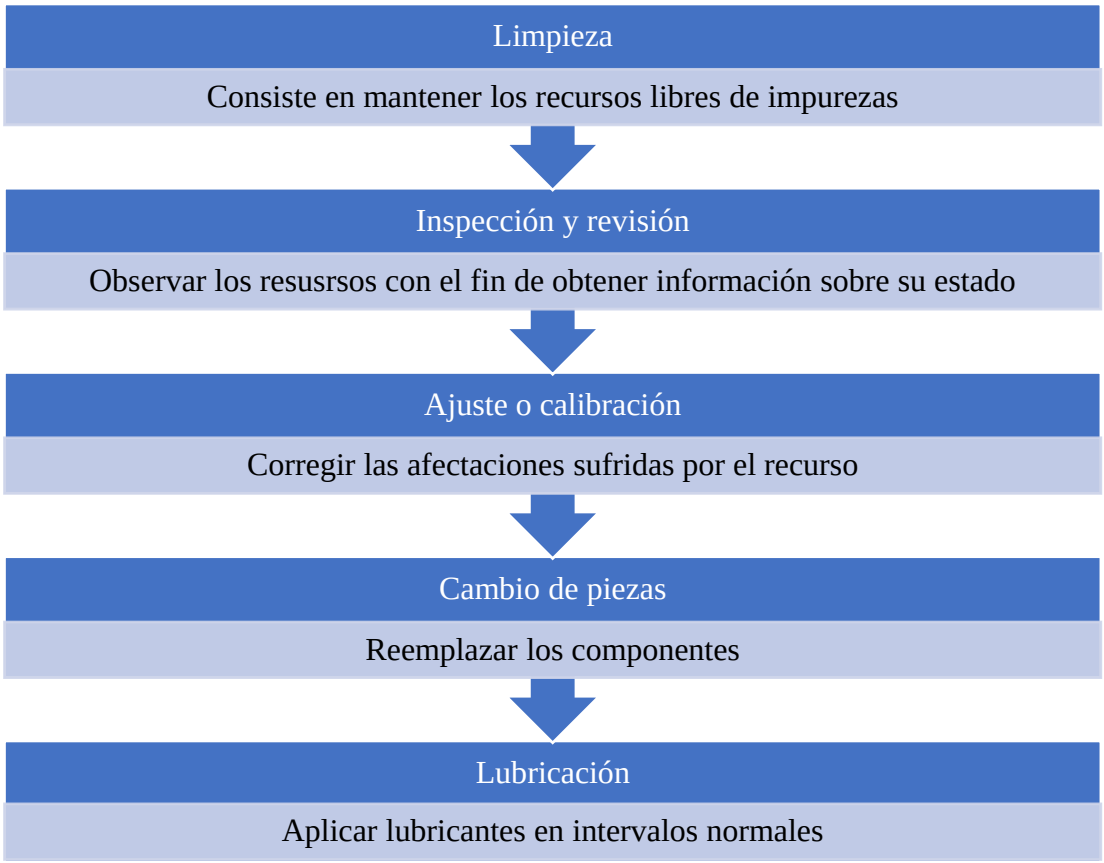


Fig. 2. Actividades prioritarias del mantenimiento preventivo.. Adaptado por Amaguaña [17] (2021).

1.2.4. Control del Mantenimiento preventivo

Con la finalidad de garantizar un control eficaz sobre los equipos, maquinaria, herramientas, componentes e instalaciones, es de suma importancia la elaboración de datos de mantenimiento específicos para cada recurso técnico. Esto facilitará la ejecución eficaz del Plan de Manejo de Activos (PMP) y garantizará un funcionamiento óptimo y duradero de los activos [18].

Por consiguiente, Urquiza [18], dice que se requiere la implementación de los siguientes controles en:

- Inventarios de equipos, máquinas, instrumentos y componentes.
- Establecer los equipos prioritarios a preservar.
- Se solicitará la elaboración de un acuerdo con entidades externas.
- Proceder a documentar las actividades vinculadas al mantenimiento.
- Posterior al mantenimiento, los activos no constituyen amenazas para la protección de individuos, equipos e infraestructuras, ni generan un impacto ambiental adverso.
- Examinar las actividades llevadas a cabo.

1.2.5. Ventajas y desventajas de un plan de Mantenimiento Preventivo

1.2.5.1. Ventajas

Según Urquiza [18], las ventajas que tiene un plan de mantenimiento son:

- **Se incrementa la duración de vida útil de los equipos.** El mantenimiento preventivo puede aumentar la vida útil de varios componentes y equipos hasta en un 30%.Implementar todo el mantenimiento menor y mayor asegura la corrección oportuna de defectos, evitando fallas más graves que disminuyan la vida útil del equipo. Sin embargo, esto también prolonga la vida útil de otros componentes, afectando la perspectiva de ahorro y potencialmente evitando la propagación de fallos a otros equipos.

- **Minimiza los gastos asociados con el mantenimiento.** Un plan de mantenimiento preventivo conduce a beneficios económicos, como la mejora

de la seguridad laboral, el ahorro de tiempo y dinero, y la reducción del consumo de energía. También previene la acumulación de pérdidas y es más económica que las estrategias de mantenimiento actuales. Si un equipo falla, el volumen de pérdidas aumenta y los costos asociados con la reparación son más altos, lo que hace que el mantenimiento preventivo sea la opción óptima.

- **Se incrementa la seguridad en las instalaciones.** De acuerdo con los datos proporcionados por el IPS, más del cincuenta por ciento de los accidentes laborales se originan por el contacto entre los empleados y los equipos, objetos o máquinas. El plan de mantenimiento preventivo debe ser complementado con un manual de prevención y seguridad ocupacional, destinado a instruir a los trabajadores sobre la correcta utilización de maquinaria.

- **Facilita un Control y Planificación más efectivos y optimizados.** Implementar mantenimientos preventivos en equipos puede facilitar un control óptimo y una planificación eficaz, evitando interferencias entre la actividades y el rendimiento, reduciendo la necesidad de intervenciones correctivas y prevenir eventos imprevistos mediante el seguimiento periódico de las condiciones efectivas del funcionamiento.

- **Permite prevenir eventualidades al anticipar la espera de fallos**. El principio de "operar hasta fallar" no aplica acciones preventivas en equipos dejado hasta que se produce una avería que sustituye posteriormente. Esta táctica es apropiada para equipos de poca importancia y bajo valor, sin embargo, puede provocar periodos de inactividad inesperados y gastos considerables a largo plazo si se implementa en equipos de gran valor.

- **Reduzca los tiempos de espera.** La puesta en marcha de un plan de mantenimiento puede disminuir los periodos de espera para las reparaciones o el reajuste de equipos. Facilita la detección exacta de elementos y la programación previa de actividades. Se debe considerar la conservación como un soporte de seguridad, garantizando que el proveedor atienda de forma correcta y eficaz posibles inconvenientes. Este es un soporte duradero y una seguridad en la calidad.

1.2.5.2. Desventajas

Según Urquiza [18], las desventajas que tiene un plan de mantenimiento son:

- Se requerirá un incremento en la mano de obra, lo que requerirá una mayor cantidad de personal disponible.
- Existe un riesgo potencial de mantenimiento exagerado.
- Periodos de inactividad ocasionados por fallos abruptos.
- Una irregularidad mínima inesperada puede, con el paso del tiempo, causar la falla de otros elementos del propio equipo, lo que podría conllevar a una restauración de mayor envergadura.
- Es frecuente que el repuesto necesario para un mantenimiento correctivo no esté disponible en el almacén.

1.2.6. Análisis de criticidad

El enfoque principal de la evaluación de criticidad es disminuir el riesgo, lo cual constituye un beneficio significativo para cualquier compañía. Al identificar dónde es más probable que sucedan las averías y dar prioridad a las que resultarían más dañinas para su empresa, podrá organizar de manera más eficiente las labores de mantenimiento y revisión [19].

1.2.6.1. Criterios para evaluar la criticidad

Según Torres et al. [19] los criterios más aceptados para evaluar la criticidad en la bibliografía científica son:

- Efecto medioambiental.
- Frecuencia de Errores
- Efecto en los seres humanos
- Gastos de arreglo
- Gastos de conservación
- Impacto en la producción.

Para determinar la importancia de un equipo, se emplea la clasificación ABC (también conocida como curva ABC). Esta categorización es un procedimiento frecuentemente empleado que facilita la distinción de los activos en función del nivel de influencia que ejercen en la producción de la compañía [19].

1.2.6.2. Matriz de criticidad y su uso en la priorización del mantenimiento

Es una de las herramientas más valiosas de la industria. Ayuda a los profesionales de mantenimiento a determinar la importancia de los activos, identificar riesgos potenciales y planificar estratégicamente medidas preventivas . En el dinámico mundo del mantenimiento, cada minuto cuenta [20].

CONSECUENCIA							
	Muy alta	5	4	5	6	7	8
	Alto	4	3	4	5	6	7
	Medio	3	2	3	4	5	6
	Bajo	2	1	2	3	4	5
	Despreciable	1	1	1	2	3	4
			1	2	3	4	5
			Despreciable	Bajo	Medio	Alto	Muy alta
	PROBABILIDAD						

Fig. 3. Matriz de consecuencia en procesos. Adaptado por Romero [20] (2025).

NIVEL DE CRITICIDAD EN PROCESO							
	Muy alta	6_8	A	A	A	A	A
	Alto	5	B	B	B	A	A
	Medio	4	C	C	B	B	A
	Bajo	3	D	C	C	B	A
	Despreciable	1_2	E	D	C	B	A
			1_2	3	4	5	6_8
			Despreciable	Bajo	Medio	Alto	Muy alta
	NIVEL DE CRITICIDAD QSE						

Fig. 4. Matriz nivel de criticidad en proceso. Adaptado por Romero [20] (2025).

1.2.6.3. Análisis de Modo de Fallo y Efecto (AMFE)

Es un método sistemático y progresivo para detectar y dar prioridad a posibles errores en un proceso de diseño, producción o montaje, producto o servicio. es un método organizado para detectar y tratar posibles problemas o fallos y sus impactos en el sistema o proceso antes de que suceda un suceso adverso. En contraste, el Análisis de Causa Raíz (RCA) es un enfoque organizado para tratar los problemas una vez que suceden [21]. Para lo cual se emplean:

Las Notas Técnicas de Prevención 679, 2004 [22] detalla este método de manera específica, considerando: la detectabilidad del fallo (D), la gravedad de su ocurrencia (G) y la frecuencia con la que puede manifestarse (F). Estos criterios son ponderados en un único resultado denominado Índice o Número de Prioridad de Riesgo (IPR o NPR) [22], el cual se representa mediante la fórmula siguiente:

$$\mathrm{IPR} = \mathrm{D} * \mathrm{G} * \mathrm{F} \qquad (1)$$

Donde:

IPR = Índice de prioridad de riesgo
D = Detectabilidad
G = Gravedad
F = Frecuencia

a) Detectabilidad

Este postulado es crucial en el AMFE: al surgir un fallo, se busca examinar la probabilidad de que no sea detectado. A medida que la detección del fallo existente se torna más desafiante, el tiempo requerido para su detección aumentará. Sin embargo, la relevancia más significativa radica en las repercusiones que este impacto puede generar [22].

Determinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento específico [22].

Para el análisis del valor de probabilidad de ocurrencia, se ponderan en la Norma Técnica Oficial 679 los valores de 1 como mínimo y 10 como máximo, lo que indica la probabilidad de que el evento ocurra. En la actualidad, no se dispone de una norma

normalizada para evaluar la probabilidad de ocurrencia, dado que la Norma Técnica Nacional 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE señala determinados parámetros de evaluación que pueden ser utilizados como referencia [22]. Para lo cual se aplica la siguiente clasificación que es:

TABLA I

CLASIFICACIÓN DE LA FACILIDAD DE DETECCIÓN DEL MODO DE FALLO [22].

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posterior	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectase. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

b) Gravedad

Se encarga de cuantificar el perjuicio causado por el fallo en función de la percepción del cliente y del usuario. Además, se debe tener en cuenta el valor del daño máximo proyectado, que también será correlacionado con su probabilidad de generación [22].

Se procederá a la determinación de la severidad del fallo [22].

Para evaluar la severidad del fallo en la Norma Técnica de Producto (NTP) 679, se emplean valores que oscilan entre 1 y 10, los cuales señalan la repercusión del fallo en el grado de satisfacción del cliente (como en el caso del AMFE de diseño), o la perturbación que el fallo puede provocar en el proceso productivo (como en el caso del AMFE de proceso). En efecto, la Norma Técnica Oficial 679: Análisis modal de

fallos y efectos. AMFE si especifica determinados criterios de evaluación que pueden ser utilizados como referencia en la evaluación de la gravedad [22].

TABLA II
CLASIFICACIÓN DE LA GRAVEDAD DEL MODO FALLO SEGÚN LA REPERCUSIÓN EN EL CLIENTE / USUARIO [22].

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origina efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente ni se daría cuenta del fallo	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas imperceptibles	El tipo de fallo originaria un ligero in conveniente al cliente. Probablemente, este observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado del sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde a 10.	9-10

c) Frecuencia

El objetivo es cuantificar la reiteración potencial o la incidencia de un fallo específico, lo que en términos de fiabilidad o prevención se conoce como la probabilidad de aparición del fallo [22].

Se procederá a establecer la probabilidad de no detección [22].

Indica la posibilidad de que no se identifique el fallo previo a la entrega del producto al cliente (para el AMFE de diseño), o a través de su fabricación (para el AMFE de proceso). La evaluación de la maquinaria de la empresa se basó en la Norma Técnica Oficial 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE [22].

TABLA III
CLASIFICACIÓN DE LA FRECUENCIA/PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL MODO DE FALLO [22].

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actuar. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida componente/ sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9-10

Formato AMFE, para estratificar y priorizar según la gravedad, ocurrencia y detección es:

No.	Interface / Parte / Proceso	Función	Potencial Efecto de Falla	Severidad	Potencial Modo de Falla	Potencial Causa de Falla	Ocurrencia	Criticidad	Modo de Detección	Detección	RPN	Acciones sugeridas	Responsable / Fecha límite
1													
2													
3													
4													
5													

Fig. 5. Formato AFME. Adaptado por Yugcha [23] (2022).

Para lo cual se debe definir:

- **Maquina:** Se refiere a un conjunto de componentes, tanto móviles como fijos, destinados a la utilización o transformación de energía para llevar a cabo una tarea específica, como la producción de un producto tangible (transformación de materia prima), particularmente en el sector industrial [24].

- **Equipo:** Colección de herramientas y aparatos destinados a un propósito específico. En el ámbito industrial, se postula que los equipos proporcionan un servicio o también alteran materia prima, producto verde, insumos semiterminados o productos ya terminados [24].

- **Fallo:** Acto que evidencia una perturbación en el funcionamiento óptimo de los equipos [25].

- **Falla funcional:** anomalía que obstaculiza el correcto funcionamiento de la máquina y su continua operación [24].

- **Causa de falla:** Consecuencia de la falla en el equipo [25].

- **Funcionalidad:** Denota la actividad ejecutada por el equipo conforme a la operación especificada [25].

- **Efecto:** Es el efecto que el fallo ejerce sobre el proceso específico, detallando las repercusiones derivadas del fallo [23]

- **Mantenimiento:** Mediante la intervención de la ingeniería, los componentes de la maquinaria y equipos existentes en una organización se preservan o mantienen en características óptimas para su operación [24].

1.2.7. Importancia de un Plan de Mantenimiento Efectivo

Un plan de mantenimiento bien diseñado es esencial para cualquier planta industrial, ya que puede reducir significativamente los costos de operación y mejorar la productividad. Según Mesa Grajales, las disciplinas de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad son fundamentales en el mantenimiento industrial [5]. Según Almanza et al., un plan de mantenimiento bien estructurado puede reducir significativamente los tiempos de inactividad y los costos asociados a reparaciones inesperadas [26].

Estos autores destacan que la implementación de estrategias de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo es esencial para optimizar el rendimiento de los sistemas, asegurando así una operación continua y eficiente en el entorno industria.

La relevancia de realizar inspecciones en la implementación del Plan de Mantenimiento y Mejoras radica en garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos, asegurando un control de calidad eficiente [27]. En la planta Miral, donde se diseñan y fabrican autobuses, el mantenimiento adecuado de los equipos críticos es vital. Cualquier falla puede impactar en la eficiencia de la producción y en la calidad de los vehículos, lo que a su vez afecta la competitividad de la empresa en el mercado.

1.2.8. Herramientas Tecnológicas en mantenimiento

El progreso tecnológico ha facilitado la creación de software de administración de mantenimiento, que asiste en la organización, realización y monitorización de las tareas de mantenimiento. Instrumentos como el AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) resultan esenciales para detectar y dar prioridad a las posibles averías en los equipos, simplificando la toma de decisiones respecto a las estrategias de mantenimiento a poner en práctica.

Además, es crucial la formación del personal en la utilización de tecnologías emergentes y protocolos de mantenimiento para garantizar la eficacia de las estrategias establecidas. No solo potencia la habilidad del equipo, sino que también fomenta una cultura de conservación proactiva en la organización [28].

1.2.9. Dossier de la máquina

Un dossier es un registro o colección organizada de datos, documentos e información vinculada a un asunto específico. Dentro del marco del Machine Dossier, hace referencia a un ecosistema completo que estructura y armoniza datos provenientes de recursos humanos, máquinas y datos con el fin de facilitar la administración de la fiabilidad. Esta perspectiva suprime la demanda de infraestructura compleja, proporcionando una solución eficaz y asequible, que se pueda ajustar a diferentes presupuestos y requerimientos [29].

1.2.10. Gestión de Mantenimiento

Es el proceso de seguimiento de los activos de la empresa y la supervisión de las actividades de mantenimiento. La organización de las actividades de mantenimiento garantizará la optimización del rendimiento de cada activo [30].

Según Arcos et al. [30], dicen que los beneficios de la gestión de mantenimiento son:

- Reducción de costos
- Prolongación de la vida útil de los equipos: Gracias a operaciones de mantenimiento regulares, los equipos pueden durar más tiempo. Y al detectar problemas más rápidamente, la gestión de mantenimiento anticipa las reparaciones y los reemplazos.

1.2.10.1. Planificación y programación del mantenimiento

La planificación considera las expectativas y solicitudes a largo plazo. Por otro lado, la programación evalúa minuciosamente la demanda de producción. Pronostica las consecuencias de las modificaciones en la producción, las interrupciones, las averías de los equipos y los desplomes, entre otros elementos.

Por lo que significa el monitoreo de las condiciones del activo para determinar la demanda de trabajo de conservación a corto plazo. Las elecciones en la programación de mantenimiento se fundamentan en la presencia de herramientas, personal y recursos [30].

1.2.10.2. Indicadores del mantenimiento

Suelen ser índices técnicos de control, los cuales están vinculados con la calidad de la administración y la productividad del departamento. Estos permiten observar el comportamiento y el desempeño funcional de las estructuras, sistemas y equipos, y también evalúan la calidad de las labores y el nivel de acatamiento de los planes de mantenimiento [31]. Estos indicadores de mantenimiento son:

- Tiempo de operación (**TO**) [31]

TF: Tiempo de funcionamiento

TR: Tiempo de reparación

$$TO = (TF - TR) \tag{2}$$

- Tiempo medio entre fallos (**MTBF**) [32]

TO: Tiempo de operación en horas.

n: número de datos.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{TO}_1+\text{TO}_2+\text{TO}_{n+1}\ldots}{\Sigma_n} \tag{3}$$

- Tiempo medio de reparación (**MTTR**) [32]

TR: Tiempo de reparación en horas

n: número de datos

$$MTTR = \frac{TR_1+TR_2+TR_{n+1}\ldots}{\Sigma_n} \tag{4}$$

- Tiempo medio hasta la falla (**MTTF**) [32]

Ti: Tiempo de funcionamiento hasta la falla del componente

n: número de datos observados

$$\text{MTTF} = \frac{\text{Ti}_1+\text{Ti}_2+\text{Ti}_{n+1}\ldots}{\Sigma_n} \tag{5}$$

- Taza de fallo ($\boldsymbol{\lambda}$) [32]

$\boldsymbol{\lambda}$**:** Tasa de fallo

MTBF: Tiempo medio entre fallos.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \tag{6}$$

- Taza de reparación (***μ***) [32]

  ***μ*:** Tiempo de operación en horas.

  MTTR: Tiempo medio de reparación.

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \tag{7}$$

- Tiempo de paro (***TP***) [32]

  TR: Tiempo de reparación (horas)

  TM: Tiempo muerto (horas)

$$TP = TR + TM \tag{8}$$

- Disponibilidad (D) capacidad de un equipo para desempeñar sus funciones de manera efectiva dentro de un periodo de tiempo determinado [32]

  MTBF: Tiempo medio entre fallos.

  MTTR: Tiempo medio de reparación.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \tag{9}$$

- Fiabilidad (***R***) [32]

  e: Número de Euler (horas)

  ***λ*:** Taza de fallo

  ***t*:** tiempo (horas)

$$R(t) = e^{\wedge}(-\lambda t) \tag{10}$$

- Infiabilidad (***F***) [32]

  R: Fiabilidad

$$F(t) = 1 - R(t) \tag{11}$$

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar el plan de mantenimiento de la planta Miral, mediante la implementación de estrategias de mantenimiento correctivo y preventivo, con el fin de optimizar la eficiencia operativa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual del plan de mantenimiento en la empresa Miral, identificando su efectividad con la verificación de tiempos de operación y tiempos de reparación, para determinar las necesidades de mantenimiento correctivo y preventivo.

- Determinar los fallos y modos de fallo mediante la matriz AMFE para evaluar el índice de prioridad de riesgo de las maquinas.

- Diseñar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo, para los equipos más críticos de la planta Miral, determinando los periodos y actividades a realizar.

CAPITULO II.- METODOLOGÍA

Para la realización del proyecto técnico se precisarán los parámetros que actuarán en el desarrollo del plan de mantenimiento correctivo y preventivo de la Planta de Producción MIRAL de la ciudad de Ambato, como son los materiales (TABLA IV), recursos empleados y la metodología que se puntualiza en el capítulo.

2.1. Materiales

2.1.1. Recursos materiales

TABLA IV
RECURSOS DE MATERIALES

Elemento	Descripción
Planos	Son representaciones visuales minuciosas que revelan la construcción, elementos, dimensiones, conexiones y posición operativa de una máquina o sistema particular en el entramado de una planta manufacturera.
Manuales de Mantenimiento	Son documentos técnicos elaborados por los creadores internamente, que detallan los métodos sugeridos para la verificación, mantenimiento, lubricación, cuidado y calibración de dispositivos.
NTP 679	Establece directrices para la administración del mantenimiento en maquinaria industrial, fomentando prácticas óptimas en la planificación, ejecución, monitoreo y perfeccionamiento constante de las tareas de mantenimiento.
Manuales de operación	Son documentos que explican cómo utilizar de forma segura y eficiente un equipo o sistema. Incluyen instrucciones de puesta en marcha, operación normal, ajustes, paradas de emergencia, así como advertencias de seguridad. Ayudan a los operadores a manejar correctamente los equipos, reduciendo fallas por mal uso.
Inventarios de equipos	Descripción minuciosa de todos los artilugios y máquinas de la planta.

Registros de fallas frecuentes	Dossier histórico donde se registran los fallos más habituales en los dispositivos, su frecuencia, causas probables, medidas correctivas implementadas y lapso de inactividad. Este conocimiento es vital para detectar patrones repetitivos, optimizar el mantenimiento preventivo y disminuir los periodos de reposo.
Checklist de mantenimiento	Análisis meticuloso que garantiza que cada acción de mantenimiento haya sido llevada a cabo con precisión.

2.1.2. Recursos humanos

Se tratan de las personas que estarán a cargo de la ejecución del proyecto que son:

- Estudiante: Nelson Javier Villarreal Diaz
- Docente: Ing. Christian Byron Castro Miniguano Mg.
- Gerente de Carrocerías Miral: Ing. José Miranda

2.1.3. Recursos institucionales

- Instalaciones de la empresa MIRAL AUTOBUSES
- Biblioteca virtual de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

2.1.4. Recursos económicos

TABLA V
RECURSOS ECONÓMICOS

Rubre	**Costo (USD)**
Transporte y logística	$259.80
Bibliografía específica	$89.50
Asesoría técnica	$256.20
Alimentación	$360
Impresiones de alta calidad	$90.50
Materiales de presentación	$29.99
Material de oficina	$200
TOTAL	$1285.99

2.2. Métodos

Para elaborar el programa de mantenimiento correctivo y preventivo en la planta de producción de Carrocerías MIRAL, situada en Ambato, se utiliza una investigación no experimental, de naturaleza descriptiva y enfoque transversal. Se utilizará una mezcla de información numérica y cualitativa, recolectada a través de un exhaustivo análisis de manuales de operación y mantenimiento de equipos, Checklist de mantenimiento, normativas vigentes.

La información recolectada será organizada en un repositorio para su posterior escrutinio. A continuación, se llevarán a cabo inspecciones regulares a la planta para evaluar el estado presente de los equipos, examinar la documentación técnica proporcionada por los fabricantes y recolectar datos esenciales para crear una matriz AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos). Este artilugio facilitará descubrir posibles errores, desentrañar sus raíces y valorar su repercusión.

Se elaborará un plan de mantenimiento que minimice las probabilidades de fallos críticos, acelere los tiempos de funcionamiento y asegure un uso óptimo de los recursos técnicos. En última instancia, se definirán las acciones precisas de mantenimiento preventivo y correctivo, con el propósito de garantizar la operatividad y la seguridad de los dispositivos de producción.

2.2.1. Nivel y tipo de investigación

Los niveles y tipo de investigación aplicado al proyecto son:

2.2.1.1. Investigación de campo

La investigación de campo, se empleó para recolectar datos auténticos del entorno operativo. Mediante observaciones, conversaciones y estudios en campo, que se descubren fallos comunes, estados actuales de los equipos y hábitos del equipo técnico. Este método agilizó la verificación de datos técnicos y la recolección de datos exactos, esenciales para crear un plan alineado con las demandas auténticas de la planta. De esta manera, se optimizó la operatividad, evitándose interrupciones imprevistas y se maximizándose los recursos disponibles.

2.2.1.2. Investigación descriptiva

Se empleó en la elaboración del programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la Planta de Producción MIRAL, ya que facilita un minucioso escrutinio del estado actual de los equipos, actividades y procedimientos de mantenimiento. Este tipo de estudio no alteró las variables, sino que contempló la realidad en su totalidad, permitiendo así descubrir fallos comunes, situaciones operativas y procedimientos implementados. Mediante un análisis técnico basado en datos cualitativamente y cuantitativamente, se elaboraron un plan de mantenimiento eficaz, ajustado a las demandas auténticas de la planta y enfocado en evitar errores.

2.2.1.3. Investigación bibliográfica

Se empleó en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo y correctivo de la Planta de Producción MIRAL para fundamentar la investigación a través del escrutinio de textos, artículos científicos, normativas técnicas y manuales. Este tipo de estudio reveló las técnicas de mantenimiento, los tipos de fallos, las frecuencias sugeridas y las tácticas de prevención empleadas en situaciones análogas. Asimismo, ofreció una base teórica robusta que orienta la elaboración del plan, agilizó la elección de herramientas técnicas como AMFE o checklists, y facilita la comparación de la realidad presente con modelos de referencia, garantizando así decisiones sólidas y técnicamente factibles.

2.2.2. Protocolo de recolección de información

Después de llevar a cabo un exhaustivo análisis en la Planta de Producción MIRAL de Ambato, se inicia la recolección de datos minuciosos sobre las máquinas, equipos y demás bienes de la compañía, con el fin de confeccionar un inventario técnico que facilite su identificación precisa. Para trazar el esquema de mantenimiento correctivo y preventivo, se utilizan los manuales de operación y mantenimiento ofrecidos por los fabricantes, lo que facilita la creación de rutinas y procedimientos precisos. Se lleva a cabo una inspección técnica minuciosa de cada dispositivo, desentrañando sus componentes y estableciendo las medidas de mantenimiento a seguir.

Se procedió a elaborar una matriz de los equipos y máquinas operativas dentro de la Planta de Producción MIRAL de la ciudad de Ambato, incluyendo una descripción técnica detallada de cada uno. Se realizó el levantamiento de fichas técnicas, la evaluación del estado actual de los equipos y la recopilación de información proporcionada por el personal del área de mantenimiento. Esta información permitió identificar posibles fallas recurrentes y establecer las acciones correctivas y preventivas necesarias. Todo este proceso se orientó con el fin de optimizar la disponibilidad y eficiencia de los equipos.

2.2.3. Metodología para la implementación del plan de mantenimiento correctivo y preventivo

Para la realización del plan de mantenimiento se sigue la siguiente metodología, que permite describir el trabajo técnico que se presenta en la Figura 6, el cual consta de varios procesos de desarrollo que garanticen el cumplimiento de dicho plan, que se aplicaría a los equipos que es:

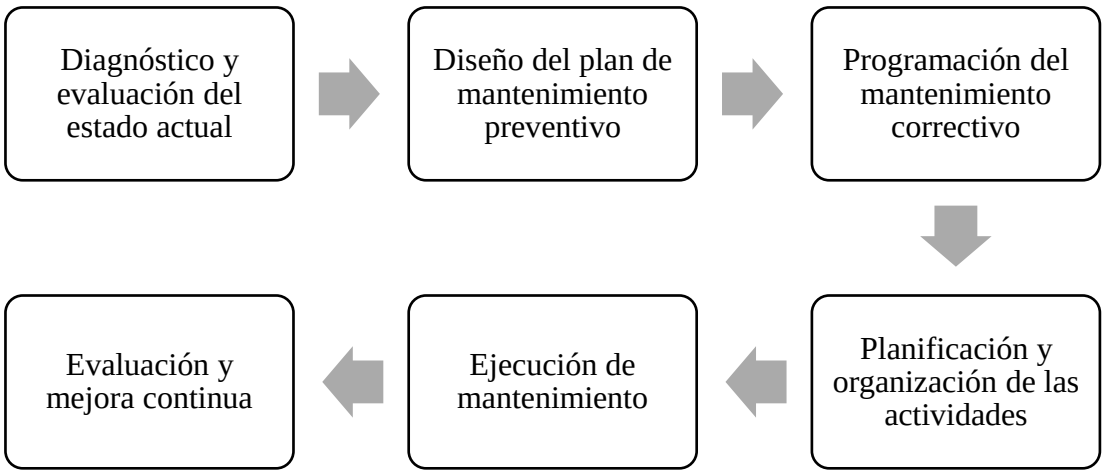


Fig. 6. Diagrama para la ejecución del plan de mantenimiento

2.2.4. Desarrollo del proyecto

A continuación se da el desarrollo del proyecto en la Figura 7, de la siguiente manera, que es:

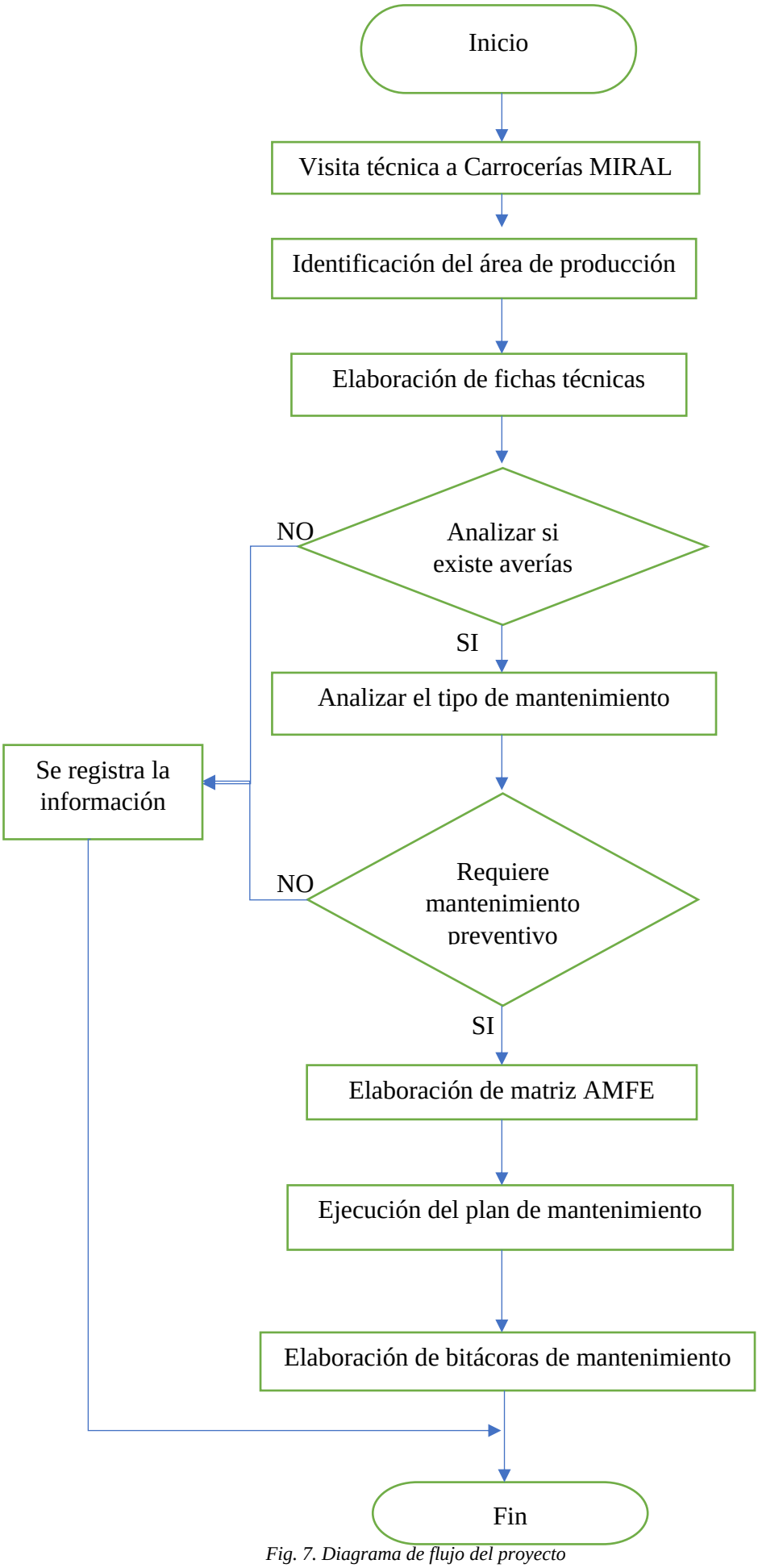


Fig. 7. Diagrama de flujo del proyecto

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

El análisis y discusión de los resultados se da de la siguiente manera que es

3.1.1. Descripción de la empresa

Miral, una compañía ecuatoriana especializada en la creación, fabricación y venta de carrocerías para autobuses, utilizando amplias habilidades de ingeniería en la creación, cálculo y simulación de estructuras y demás componentes; empleando métodos de construcción alineados con el entorno, garantizando seguridad y calidad absoluta, revolucionando las modas en acabados finales, ergonomía y confiabilidad [33].

3.1.1.1. Historia

Miral, una empresa familiar nacida en 1992, ha caminado con firmeza hacia el porvenir, consolidando las vivencias del ayer y robusteciendo el presente, buscando la excelencia en la creación de cada producto. Para todos los usuarios del transporte nacional e internacional, Miral Autobuses ha logrado ofrecer servicios tecnológicos, administrativos, vanguardistas y de excelencia [34].

3.1.1.2. Misión

Desentrañar, fabricar y vender carrocerías para autobuses, empleando habilidades de ingeniería en la creación, cálculo y simulación de estructuras y demás componentes; empleando métodos de construcción alineados con el entorno, garantizando seguridad y calidad absoluta, revolucionando la moda en acabados finales, ergonomía y fiabilidad [34].

3.1.1.3. Visión

La visión corporativa se enfoca en impulsar el crecimiento nacional, logrando niveles de efectividad y acogida ciudadana que coloquen a Miral como un titán en el mercado regional, nacional e internacional en el sector carrocero; conservando la fe en un producto cuidadosamente confeccionado, enriquecido por la innovación, el diseño y la excelencia [34].

3.1.1.4. Política de la empresa

En Miral, fabricamos y comercializamos autobuses en un constante viaje de desarrollo, innovación y perfeccionamiento, optimizando nuestros procedimientos y productos para acompasar las demandas y exigencias de nuestros clientes, con la implicación entusiasta de nuestro equipo humano, alineado con las metas estratégicas de calidad y los valores corporativos [34].

3.2. Diagnóstico de Análisis FODA

El diagnóstico de la FODA de la empresa se da en la TABLA VI

TABLA VI
DIAGRAMA FODA

FORTALEZAS	**OPORTUNIDADES**
- Respaldo del representante legal en la optimización de los procedimientos y la formación. - Asistencia en la implementación del plan de mantenimiento. - Lealtad y dedicación de los trabajadores de la compañía. - Perfeccionamiento al máximo en los procesos de mejora continua.	- Aumento notable de la eficacia y de la productividad. - Evolución perpetua de los mecanismos. - Abaratamiento de los gastos en cuidados y fallas - Entrega de artículos de la más alta excelencia.
DEBILIDADES	**AMENAZAS**
- Requiere un giro cultural y una transformación radical. - Falta de una filosofía de mantenimiento. - Contar con recursos limitados. - Desorden y desequilibrio en ciertos rincones del área de influencia.	- Recorte de fondos para el mantenimiento constante de los equipos. - Incertidumbre ante los errores de las máquinas. - Transformaciones de normativas en la compañía.

3.3. Diagrama de elaboración de un bus

En la Figura 8, se encuentra un diagrama de procesos de fabricación de un bus.

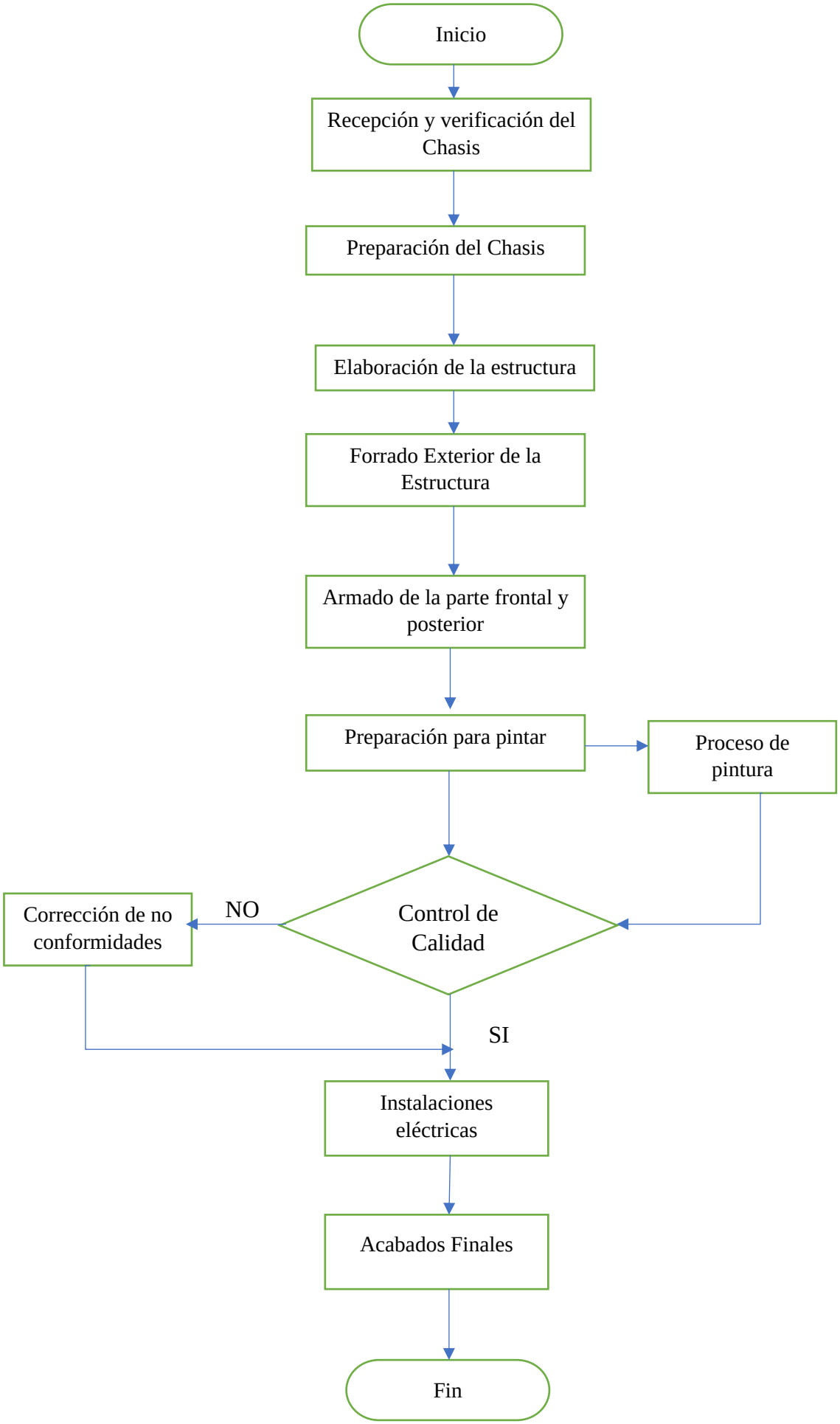


Fig. 8. Diagrama del proceso de fabricación de autobuses

3.4. Inventario de máquinas

El inventario de máquinas es un documento que proporciona una visión detallada de las máquinas ubicadas en el área de la Planta de Producción de la Carrocería MIRAL, esto facilita el manejo eficaz de cada activo.

En la compañía se encuentran diversas equipos y herramientas, que facilitan su operación; todas ellas desempeñando una función específica. Por lo tanto, se presentan a continuación con el objetivo de elegir cuál de ellas será la más convergente en la elaboración del programa de mantenimiento. En la elección se consideraron las necesidades de la empresa proporcionadas por el equipo de mantenimiento para las diferentes tareas. Por otra parte, algunas se eliminaron por su repetibilidad, ya que al definir el plan, las actividades de correctiva y prevención son las mismas. Los códigos señalados provienen de la tabla que se presenta a continuación.

3.4.1. Codificación

Para la codificación, se determinaron los códigos presentes en la Carrocería MIRAL, teniendo en cuenta la categoría a la que se asigna la matriz y la zona.

E: Equipo
H: Herramienta

Para su codificación se toma las primeras letras del equipo a seleccionar, por ejemplo

C: Compresor

En caso de tener 2 equipos o herramientas que inicien con la misma letra, se continuará con la letra que sigue a continuación, por ejemplo:

CC: Compresor Industrial
CM: Cortadora de metal

En caso que fueran 2 o más equipos estos deben darse con los números seguidos.

CI1 y CI2: Para indicar que son 2 Compresores Industriales diferentes.

Pero inicialmente tendrá las letras **CM** que es Carrocería MIRAL

TABLA VII

CATEGORIZACIÓN DE CÓDIGOS

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CATEGORIZACIÓN DE CÓDIGOS	
XX	**X**	**XX**
Carrocería MIRAL	**Equipo o Herramienta**	**El tipo de equipo o herramienta**
CM	**E**	**CI:** Compresor Industrial
CM	**E**	**CM:** Cortadora de Metal
CM	**E**	**DM:** Dobladora Manual
CM	**E**	**N:** Nibladora
CM	**E**	**TE:** Torno Eléctrico y Mecánico
CM	**E**	**EB:** Esmeril de Banco
CM	**E**	**CG:** Cizalla Guillotina CNC
CM	**E**	**PG:** Puente Grúa
CM	**E**	**SG:** Soldadora GMAW
CM	**E**	**SP:** Soldadora de Plasma
CM	**E**	**GG:** Generador Gasolina y a Gas
CM	**H**	**EA:** Esmeriladora Angular
CM	**H**	**TP:** Taladro Percutor

TABLA VIII

CÓDIGOS DE INVENTARIO

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CÓDIGOS DE INVENTARIO	

Maquinaria	Marca	CANTIDAD	CÓDIGO	ESTADO
Compresor Industrial	Compair L30	**1**	**CM-E-CI**	Funcionando
Cortadora de Metal	-----	**1**	**CM-E-CM**	Funcionando
Dobladora Manual	-----	**1**	**CM-E-DM**	Funcionando
Nibladora	ITALPLASTICOS	**1**	**CM-E-N**	Funcionando
Torno Eléctrico y Mecánico	Harrison	**1**	**CM-E-TE**	Funcionando
Esmeril de Banco	MAKITA	**1**	**CM-E-EB**	Funcionando
Cizalla / Guillotina	DURMAZLAR	**1**	**CM-E-CG**	Funcionando
Puente Grúa	FENIX	**1**	**CM-E-PG**	Funcionando
Soldadora GMAW	Miller	**1**	**CM-E-SG**	Funcionando
Soldadora de Plasma	Cebora	**1**	**CM-E-SP**	Funcionando
Generador a Gasolina y gas	MAVIJU	**1**	**CM-E-GG**	Funcionando
Esmeriladora Angular	DEWALT	**1**	**CM-H-EA**	Funcionando
Taladro Percutor	MAKITA	**1**	**CM-H-TP**	Funcionando

En la TABLA VII, está la categorización de los códigos donde se descifran cada código a seguir. Mientras que en la TABLA VIII, está el número total de más máquinas codificando y separando cada maquinaria, diferenciando su funcionamiento o avería, así como su marca.

3.5. Análisis externo de las máquinas

El número total de máquinas para las que se han creado fichas técnicas se eleva a 1 por máquina. Estas fichas ofrecen datos exhaustivos acerca de las propiedades generales de cada equipo, lo que facilita entender su funcionamiento completo. A continuación, se realizará un estudio exhaustivo de cada una de las máquinas que se están estudiando.

3.5.1. Ficha técnica

Primero, como parte del proceso de análisis, se presenta la ficha técnica de cada máquina con el objetivo de reconocer sus características particulares; como marca, código, capacidad, voltaje, frecuencia de trabajo, función, entre otros aspectos.

TABLA IX

FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR INDUSTRIAL

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	03/03/2025	**Vigencia:**	03/03/2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento:	Compresor Industrial
Código:	CM-E-CI
Marca:	Compair L30
Nivel Acústico	67 dB
Avance	Automático
Presión	10 bar
Motor	30 kW
Caudal	5.01 m^3/min
Frecuencia	50 Hz
Dimensión	1722 x 920 x1659 mm
Tensión de Alimentación	400 V
Personal de Operación	1



Funcionamiento	Manipular de manera controlada un caudal de fluido, en este caso aire, con el objetivo específico de aumentar gradualmente su presión y dirigirlo con fuerza hacia una finalidad determinada.

TABLA X

FICHA TÉCNICA DE LA CORTADORA DE METAL

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	03/03/2025	**Vigencia:**	03/03/2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento:	Cortadora de metal
Código:	CM-E-CM
Capacidad de corte	0.025 mm a 1.4 mm
Longitud máxima de corte	2.44 m
Tipo de Material a Cortar	Chapa Metálica (Acero, Aluminio, Galvanizado)
Accionamiento	Manual
Tipo de cuchillas	Rectificadas en Acero templado
Ángulo de corte	1.5 a 2.5º
Personal de Operación	5



Funcionamiento	Es una máquina especializada, conocida como guillotina, ha sido creada con el propósito de realizar cortes precisos y eficientes en láminas de metal. Este dispositivo opera de manera automatizada, garantizando una alta velocidad en el proceso de corte, así como una exactitud milimétrica en cada pieza resultante. El funcionamiento de este dispositivo puede ser tanto manual como motorizado, en función de las preferencias y necesidades del usuario.

TABLA XI

FICHA TÉCNICA DE LA DOBLADORA MANUAL

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	03/03/2025	**Vigencia:**	03/03/2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento:	Dobladora Manual
Código:	CM-E-DM
Longitud de Plegado	2.5 m
Diente	Recta
Regulación	Horizontal y vertical
Capacidad de doblado	2 mm
Ángulo de Plegado	0 - 135º
Alto	1.6 m
Ancho	1.5 m
Longitud	3.9 m
Peso	1850 kg
Personal de Operación	5



Funcionamiento	Es capaz de doblar el material a un ángulo específico de manera manual, produciendo curvas, pliegues o dobleces con exactitud y cuidado, sin necesidad de utilizar maquinaria eléctrica o hidráulica especializada.

TABLA XII

FICHA TÉCNICA DE UNA NIBLADORA

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">FICHA TÉCNICA</td><td></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>03/03/2025</td><td>Vigencia:</td><td>03/03/2026</td></tr>
<tr><td>Equipo o herramienta</td><td>E</td><td>Autor</td><td>Nelson Villarreal</td></tr>
<tr><td>Elemento:</td><td colspan="3">NIBLADORA</td></tr>
<tr><td>Código:</td><td colspan="3">CM-E-N</td></tr>
<tr><td>Marca:</td><td colspan="3">ITALPLASTICOS</td></tr>
<tr><td>Origen</td><td colspan="3">Italia</td></tr>
<tr><td>Calibre</td><td colspan="3">5/16</td></tr>
<tr><td>Garganta</td><td colspan="3">7 x 29”</td></tr>
<tr><td>Motor</td><td colspan="3">2 HP</td></tr>
<tr><td>Corte de disco</td><td colspan="3">Ø 60 – 150 mm</td></tr>
<tr><td>Frecuencia</td><td colspan="3">50 Hz</td></tr>
<tr><td>Tensión de Alimentación</td><td colspan="3">220 / 380 VAC</td></tr>
<tr><td>Corte de Ángulo L</td><td colspan="3">Máx. 40x40x4 mm</td></tr>
<tr><td>Corte del Tubo Cuadrado</td><td colspan="3">Máx. 40x40x3 mm</td></tr>
<tr><td>Corte del Tubo redondo</td><td colspan="3">Máx. 40 mm Ø</td></tr>
<tr><td>Corte de Platina rectangular</td><td colspan="3">Max. 60x5 mm</td></tr>
<tr><td>Barra redonda o cuadrada</td><td colspan="3">Max. 20 mm</td></tr>
<tr><td>Personal de Operación</td><td colspan="3">3</td></tr>
<tr><td>Funcionamiento</td><td colspan="3">Se emplea para llevar a cabo el corte y conformado de chapas metálicas a través de una secuencia veloz y precisa de múltiples punzonados.</td></tr>
</table>



TABLA XIII

FICHA TÉCNICA DE UN TORNO

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	03/03/2025	**Vigencia:**	03/03/2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento:	Torno Eléctrico y Mecánico
Código:	CM-E-TE
Marca:	Harrison
Longitud entre centros	635 mm
Longitud máximo de torneado	635 mm
Diámetro máximo de volteo	330 mm
Diámetro máx. admitido sobre bancada	330 mm
Diámetro admitido sobre carro	210 mm
Diámetro sobre el escote	480 mm
Potencia del Motor	2.2 kW
Diámetro interior del husillo	38 mm
Velocidad de rotación	2500 rpm
Dimensión	1905,0 × 609,6 × 1422,4 mm
Personal de Operación	2



Funcionamiento	Es una herramienta que se emplea principalmente para moldear componentes a través de un procedimiento de mecanizado a través del arranque de viruta. Su tarea principal consiste en rotar la pieza laboral sobre su propio eje en tanto que una herramienta de corte se mueve para dar forma a la superficie.

TABLA XIV

FICHA TÉCNICA DE UN ESMERIL DE BANCO

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	10/03/2025	**Vigencia:**	10/03/2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento	Esmeril de Banco
Código	CM-E-EB
Marca	MAKITA
Tamaño de la piedra	8 x 1x 5/8 pulg.
Distancia entre discos	345 mm (13-9/16 pulg.)
Potencia de entrada	3/4 HP
Velocidad sin carga	3450 rpm
Longitud total	455 mm (18 pulg.)
Voltaje	110 – 120 V
Frecuencia	60 Hz
Tipo de Corriente	AC
Personal de Operación	1



Funcionamiento	Es un equipo que se emplea principalmente para llevar a cabo tareas de afilado, desbaste, pulido o modelado en componentes de metal u otros materiales resistentes. Este dispositivo opera mediante la utilización de discos abrasivos giratorios que están montados en los dos lados de un motor central.

TABLA XV

FICHA TÉCNICA DE UNA CIZALLA HIDRÁULICA

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	17-03-2025	**Vigencia:**	17-03-2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento	Cizalla / Guillotina CNC
Código	CM-E-CG
Marca	DURMAZLAR
Fase	3
Intensidad	39 A
Potencia del motor	11 kW
Corte de Corriente	50 A
Longitud de corte	3100 mm
Espesor Máx. de Corte	6 mm
Ajuste Máx. de Corte	1.2 º
Capacidad del tope trasero	254 mm
Voltaje de trabajo	220 V
Voltaje de Dominio	24 V
Frecuencia	60 Hz
Dimensiones	3850 x 2120 x 1950
Peso	6900 kg
Personal de Operación	3



Funcionamiento	Es una máquina altamente sofisticada y automatizada que se emplea en la industria metalúrgica para realizar cortes precisos y perfectamente rectos en láminas de diversos materiales, principalmente metales como acero, aluminio y cobre. Gracias a la implementación del sistema de control numérico computarizado (CNC), se posibilita la realización de cortes de manera repetitiva, veloz y con una precisión extraordinaria.

TABLA XVI

FICHA TÉCNICA DE UNA SOLDADORA GMAW

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	FICHA TÉCNICA		
Fecha:	17-03-2025	**Vigencia:**	17-03-2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento	Soldadora GMAW
Código	CM-E-SG
Marca	MILLER
Procesos	MIG / FCAW
Fase	Monofásico
Potencia de entrada	208 / 240 V
Rango de Amperaje	30 – 300 A
Potencia de salida	24V
Amperaje de salida	200 A
Frecuencia	60 Hz
Eficiencia	60%
Vel. Alimentación de alambre	50 – 700 pulg/min
Personal de Operación	1



Funcionamiento	Tanto el proceso de soldadura por arco con gas de metal (GMAW) como el proceso de soldadura por arco con electrodo tubular (FCAW) utilizan un arco eléctrico generado entre el electrodo y la pieza de trabajo para fundir un alambre continuo que cumple la función de electrodo y material de aporte al mismo tiempo.

TABLA XVII

FICHA TÉCNICA DE UNA SOLDADORA DE PLASMA

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	18-03-2025	**Vigencia:**	18-03-2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento	Soldadora de Plasma
Código	CM-E-SP
Marca	CEBORA
Corriente	35 A
Potencia Instalada Máx.	6 kW
Potencia Absorbida	8.4 KVA
Alimentación Monofásica	230 V
Alimentación Trifásico	400 V
Factor de servicio	35 A 30%
Frecuencia	50 Hz
Peso	46 kg
Dimensiones	499 x 388 x635 mm
Personal de operación	1



Funcionamiento	Unir diferentes componentes de naturaleza mecánica utilizando un proceso de soldadura eléctrica con un recubrimiento a base de celulosa para garantizar una unión resistente y duradera.

TABLA XVIII

FICHA TÉCNICA DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	FICHA TÉCNICA		
Fecha:	19-03-2025	**Vigencia:**	19-03-2026
Equipo o herramienta	E	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento	Generador a Gasolina y a Gas
Código	CM-E-GG
Marca	MAVIJU
Capacidad del tanque	25 L
Motor	18 HP
Capacidad Nominal	7.5 kW
Capacidad Máxima	8.0 kW
Frecuencia	60 Hz
Tomas	4
Tensión	110 VCA, 220 VCA, 112 VDC
Combustible	Gas / Gasolina
Material del Generador	100% Cobre
Dimensiones	1000 x 650 x 670 mm
Personal de operación	1



Funcionamiento	Es una solución potente y versátil para satisfacer las necesidades energéticas, asegurando un suministro confiable de energía eléctrica

TABLA XIX

FICHA TÉCNICA DE UNA ESMERILADORA ANGULAR

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	FICHA TÉCNICA	

Fecha:	20-03-2025	**Vigencia:**	20-03-2026
Equipo o herramienta	H	**Autor**	Nelson Villarreal

Elemento	Esmeriladora Angular
Código	CM-H-EA
Marca	Dewalt
Potencia	3.2 HP
Max. rpm	8500 rpm
Guarda sin Llave	No
Tipo de interruptor	Epóxica
Extracción de Polvo	No
Voltios	110 V
Peso	5 kg
Disco	Ideal Ø 7 pulg
Personal de operación	1



Funcionamiento	Es una herramienta eléctrica portátil muy versátil que se utiliza para llevar a cabo diversas tareas como cortar, lijar, desbastar o pulir una amplia variedad de materiales gracias a sus discos giratorios intercambiables que permiten adaptarla a las necesidades específicas de cada proyecto.

TABLA XX

FICHA TÉCNICA DE UN TALADRO PERCUTOR

<table>
<tr><td colspan="2">FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

FICHA TÉCNICA</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>21-03-2025</td><td>Vigencia:</td><td>21-03-2026</td></tr>
<tr><td>Equipo o herramienta</td><td>H</td><td>Autor</td><td>Nelson Villarreal</td></tr>
<tr><td>Elemento</td><td>Taladro Percutor</td><td colspan="2" rowspan="9"></td></tr>
<tr><td>Código</td><td>CM-H-TP</td></tr>
<tr><td>Marca</td><td>Makita</td></tr>
<tr><td>Potencia</td><td>1010 W</td></tr>
<tr><td>Max. rpm</td><td>2900 rpm</td></tr>
<tr><td>Capacidad de perforación de Acero</td><td>5/16”</td></tr>
<tr><td>Frecuencia</td><td>50 – 60 Hz</td></tr>
<tr><td>Amperaje</td><td>8.2 Ah</td></tr>
<tr><td>Personal de operación</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Funcionamiento</td><td colspan="3">Es una herramienta eléctrica extremadamente versátil y potente, especialmente diseñada para realizar perforaciones en una amplia variedad de materiales resistentes, tales como concreto, mampostería, metal y madera. A continuación, procederé a explicarte detalladamente el funcionamiento de este proceso, desglosándolo en una serie de pasos secuenciales para que puedas comprenderlo de manera clara y concisa:</td></tr>
</table>

3.5.2. Componentes que integran los equipos o herramientas

A continuación se da la descomposición de cada equipo o herramienta, para lo cual se permite realizar un análisis integral de cada componente en función de los diferentes factores, dados en códigos señalados son:

TABLA XXI

COMPONENTES DEL COMPRESOR INDUSTRIAL

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	COMPRESOR INDUSTRIAL	

Último mantenimiento	03/03/2025	**Próximo mantenimiento**	03/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-CI-001	Motor eléctrico	Funcionando	Es responsable de poner en marcha el compresor y ofrecer la energía mecánica requerida para la compresión del aire.
CM-E-CI-002	Unidad Compresora	Funcionando	Incluye tornillos giratorios (en compresores de estilo tornillo; por lo que ejecuta la presión de compresión del aire.
CM-E-CI-003	Filtro de aire	Funcionando	Antes de ingresar al sistema de compresión, limpia el aire y resguarda el componente compresor de compuestos y elementos contaminantes.
CM-E-CI-004	Separador de aceite y aire	Funcionando	Antes de enviar el aceite al sistema, separa el aire comprimido y conserva la eficacia del mecanismo de lubricación y la calidad de la ventilación.
CM-E-CI-005	Radiador	Funcionando	Después de la compresión, refrigera el aire y el aceite y evita el calentamiento excesivo del sistema.
CM-E-CI-006	Ventilador	Funcionando	Asiste en la pérdida de calor y conserva la temperatura en funcionamiento estable.
CM-E-CI-007	Sistema de lubricación	Funcionando	Conserva los componentes móviles del compresor en forma e incrementa la durabilidad y minimiza el deterioro de los componentes.

CM-E-CI-008	Panel de control	Funcionando	Facilita el seguimiento y establecimiento de parámetros operativos y puede incorporar alertas de avería o mantenimiento.
CM-E-CI-009	Válvula de carga y descarga	Funcionando	Controlan la entrada y el escape del aire comprimido; regulando el flujo de acuerdo a la demanda.
CM-E-CI-010	Chasis y estructura	Funcionando	Fundamento de respaldo para todos los componentes, la cual ofrece estabilidad y resguardo.

TABLA XXII

COMPONENTES DE LA CORTADORA DE METAL

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CORTADORA DE METAL	

Último mantenimiento	03/03/2025	**Próximo mantenimiento**	03/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-CM-001	Cuchillas de corte	Funcionando	Elaboradas en acero templado y pulidas, para lo efectúan un corte exacto y limpio del material de metal.
CM-E-CM-002	Mesa de trabajo	Funcionando	Superficie lisa en la que se sitúa la placa de metal; por lo que se facilita el respaldo del material durante el corte.
CM-E-CM-003	Tope posterior	Funcionando	Regla ajustable para establecer la profundidad de corte; permite cortes recurrentes de la misma longitud.
CM-E-CM-004	Palanca de accionamiento	Funcionando	Facilita la aplicación de la fuerza requerida para poner en marcha el mecanismo de corte.
CM-E-CM-005	Estructura o Bastidor	Funcionando	Principal apoyo de la máquina; proporcionando firmeza y estabilidad al equipo.

TABLA XXIII

COMPONENTES DE LA DOBLADORA MANUAL

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	DOBLADORA MANUAL	

Último mantenimiento	03/03/2025	**Próximo mantenimiento**	03/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-DM-001	Mordaza Superior	Funcionando	Antes del plegado, asegura la placa metálica contra la base; la cual garantiza que el componente no se mueva en el transcurso del proceso.
CM-E-DM-002	Mordaza Inferior	Funcionando	Estructura que sostiene la chapa para su doblado; la cual ofrece firmeza y robustez al material durante el funcionamiento.
CM-E-DM-003	Palanca de accionamiento	Funcionando	Aplica la cuchilla para llevar a cabo el pliegue, necesitando destreza humana, dado que la operación es totalmente manual.
CM-E-DM-004	Estructura base o bastidor	Funcionando	Mantenimiento sólido que sostiene todos los elementos; usualmente es elaborado de acero estructural para prevenir deformaciones.
CM-E-DM-005	Soporte de chapa	Funcionando	Extensión de la mesa que soporta la chapa en su totalidad; la cual evita la formación de dobles o deformaciones en el material antes del procedimiento.

TABLA XXIV

COMPONENTES DE LA NIBLADORA

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	NIBLADORA	

Último mantenimiento	03/03/2025	**Próximo mantenimiento**	03/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-N-001	Cabezal de punzonado	Funcionando	Proceso principal que lleva a cabo el corte en tiras a través de un punzón y matriz. Para lo cual realiza cortes irregulares o curvados sin deformar el material.
CM-E-N-002	Matriz de corte	Funcionando	Unidad estable que orienta el punzón y establece el perfil del corte; esta construida en acero fortalecido para resistir el deterioro.
CM-E-N-003	Punzón	Funcionando	Unidad portátil que ejerce presión sobre el material en la matriz para llevar a cabo el corte; es reemplazable y ajustable dependiendo del tipo de labor.
CM-E-N-004	Motor eléctrico	Funcionando	Ofrece la fuerza mecánica requerida para el desplazamiento del punzón. Funciona con una frecuencia de 50 Hz.
CM-E-N-005	Estructura o bastidor	Funcionando	Soporte sólido que alberga y sostiene todos los elementos. Usualmente fabricado en acero estructural.
CM-E-N-006	Mesa de trabajo	Funcionando	Superficie donde el material se sustenta durante el proceso de corte, la cual incorpora guías y barreras para incrementar la exactitud.
CM-E-N-007	Garganta (7 x 29”)	Funcionando	Es la distancia entre la parte delantera y la parte trasera de la máquina, por lo que facilita la inserción de láminas de gran tamaño para cortes profundos.

CM-E-N-008	Sistema de control	Funcionando	Panel de control o botón de encendido/apagado y modificaciones de funcionamiento. Por lo que es posible que contemple controles de seguridad y paralización de emergencias.
CM-E-N-009	Sistema de refrigeración	Funcionando	Asegura que el motor se conserve en la temperatura operativa correcta.
CM-E-N-010	Protección de seguridad	Funcionando	Protección en torno al cabezal para evitar incidentes; por lo que realiza las tareas de protección para el operador.
CM-E-N-011	Disco de coste (Ø 60 – 150 mm)	Funcionando	Auxiliar intercambiable que facilita la modificación del diámetro de corte. La cual es perfecto para cortes de forma circular u orificios exactos.

TABLA XXV

COMPONENTES DEL TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO	

Último mantenimiento	03/03/2025	**Próximo mantenimiento**	03/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-TE-001	Cabeza fijo	Funcionando	Incluye tanto el motor (2.2 kW) como el eje principal; la cual facilita la rotación del componente a rpm de hasta 2500, esta incorporada de engranajes para la variación de velocidad.
CM-E-TE-002	Husillo principal	Funcionando	Es el eje que mantiene y comunica el movimiento a la pieza a través del plato; el cual genera un espacio para facilitar el tránsito de barras de gran longitud.

CM-E-TE-003	Plato de garras	Funcionando	Mantén la pieza a mecanizar en forma; la cual podría ser de 3 o 4 garras, dependiendo de la forma del instrumento.
CM-E-TE-004	Contrapunto	Funcionando	Mantiene el extremo desnudo de la pieza para prevenir vibraciones; esta parte podría incluir utensilios como brocas o puntas rotatorias.
CM-E-TE-005	Carro principal	Funcionando	Se mueve a través de la bancada y asegura los carros de nivel transversal y superior; esta facilita el progreso manual o automático.
CM-E-TE-006	Carro transversal	Funcionando	Se desplaza en sentido perpendicular al eje del componente; por lo que regula el tamaño del mecanizado.
CM-E-TE-007	Carro superior	Funcionando	Permite el uso de herramientas de recorte, rota para simplificar los cortes en ángulos.
CM-E-TE-008	Bancada	Funcionando	Base sólida que proporciona apoyo y alineación a todos los elementos; por lo que se emplea para que el carro principal se desplace sobre ella.
CM-E-TE-009	Caja Norton	Funcionando	Transmite diversos progresos para la rotura o mecanización automática; la cual además facilita la elección de pasos de rosca o ritmos de progreso.
CM-E-TE-010	Sistema eléctrico	Funcionando	Incluye motor, interruptores, botones de inicio/fin y sistema de protección; por lo que asegura la operación eléctrica del torno.
CM-E-TE-011	Sistema de refrigeración	Funcionando	Bomba que proporciona líquido de enfriamiento durante el proceso de mecanizado; por lo que incrementa la durabilidad de la herramienta y eleva la calidad del resultado final.
CM-E-TE-012	Guardas de seguridad	Funcionando	Se tratan de resguardos físicos para prevenir el contacto con componentes móviles.
CM-E-TE-013	Base	Funcionando	Es la estructura que sostiene la máquina en equilibrio; además incorpora lugares para utensilios y desechos de viruta.

TABLA XXVI

COMPONENTES DEL ESMERIL DE BANCO

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	ESMERIL DE BANCO	

Último mantenimiento	10/03/2025	**Próximo mantenimiento**	10/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-EB-001	Motor eléctrico	Funcionando	Capacidad: 3/4 HP; Tipo de alimentación: AC. Velocidad de voltaje: 110–120 V. Respuesta Frecuencia: 60 Hz.
CM-E-EB-002	Piedras de esmeriles	Funcionando	Dimensiones: 8x1x5/8 pulgadas. Por lo que están ubicadas en los extremos ambos del eje motor. Por lo que es necesario emplearlos para afilar, desbastar o pulir componentes de metal.
CM-E-EB-003	Eje del motor	Funcionando	Hace que el motor gire a las piedras; por lo que permite la carga axial y radial durante la labor.
CM-E-EB-004	Cubiertas protectoras de piedra	Funcionando	Las piedras son parcialmente encapsuladas para garantizar su seguridad.
CM-E-EB-005	Interruptores de encendido/apagado	Funcionando	Facilita el control de la operación del motor, por lo que es posible que incluya un botón de parada de emergencia.
CM-E-EB-006	Base del esmeril	Funcionando	Organización metálica sólida que mantiene todo el equipo, por lo que es posible atornillarse al banco laboral para obtener una mayor estabilidad.
CM-E-EB-007	Carcasa del motor	Funcionando	Protege el motor eléctrico frente a polvo e impactos.

TABLA XXVII

COMPONENTES DE UNA CIZALLA HIDRÁULICA

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	CIZALLA HIDRÁULICA	

Último mantenimiento	17-03-2025	**Próximo mantenimiento**	17-03-2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-CG-001	Motor principal	Funcionando	Ofrece la energía impulsora para el sistema de corte.
CM-E-CG-002	Sistema hidráulico	Funcionando	Regula la trayectoria de la cuchilla, y garantiza un corte homogéneo y con presión controlada.
CM-E-CG-003	Unidad de control CNC	Funcionando	El procedimiento de corte se automatiza y facilita la introducción de parámetros como la longitud, la cantidad y la secuencia.
CM-E-CG-004	Cuchilla de corte	Funcionando	Material duradero para cortar placas metálicas con un espesor de hasta 6 mm.
CM-E-CG-005	Mesa de trabajo	Funcionando	Es la superficie en la que se sitúa la lámina que se va a cortar e incorpora orientaciones y topes para un posicionamiento exacto.
CM-E-CG-006	Tope posterior	Funcionando	Facilita ubicar la lámina de acuerdo al largo de corte deseado.
CM-E-CG-007	Sistema de sujeción	Funcionando	Sujetadores hidráulicos que aseguran la fijación de la lámina durante el proceso de corte y evitan traslados y potencian la exactitud.
CM-E-CG-008	Panel eléctrico	Funcionando	Incluye defensas, escudos y sistema de torsión.
CM-E-CG-009	Estructura metálica	Funcionando	Es robusta, creada para resistir el trabajo mecánico del corte.
CM-E-CG-010	Sistema de seguridad	Funcionando	Incluye interruptores de emergencia, sensores y resguardos para el usuario.

TABLA XXVIII

COMPONENTES DE UNA SOLDADORA GMAW

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	SOLDADORA GMAW	

Último mantenimiento	17-03-2025	**Próximo mantenimiento**	17-03-2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-SG-001	Fuente de alimentación	Funcionando	Convierte la corriente inicial para el procedimiento de soldadura.
CM-E-SG-002	Módulo de control eléctrico	Funcionando	Facilita la configuración de parámetros dependiendo del tipo de trabajo.
CM-E-SG-003	Sistema de alimentación de alambre	Funcionando	Impulsor y rodillos que dirigen el hilo de soldadura hacia la antorcha.
CM-E-SG-004	Antorcha	Funcionando	Electrocute el hilo, el gas de protección y la corriente hacia el lugar de soldado. Es operado manualmente por el usuario.
CM-E-SG-005	Cable de masa a tierra	Funcionando	Concluye el enlace eléctrico entre el componente laboral y la soldadora. Es fundamental para una soldadura segura y estable.
CM-E-SG-006	Sistema de ventilación	Funcionando	Ventilación interna para salvaguardar los elementos electrónicos. Evita que la máquina se sobrecaliente.
CM-E-SG-007	Panel de control	Funcionando	Indicadores de tensión, amperaje y rapidez del hilo. Perillas o botones para ajustes exactos.
CM-E-SG-008	Carcasa metálica	Funcionando	Salvaguarda los elementos internos. Promueve el traslado y funcionamiento.
CM-E-SG-009	Conectores para gas de protección	Funcionando	Es imprescindible para salvaguardar el baño de soldadura contra la oxidación.

TABLA XXIX

COMPONENTES DE UNA SOLDADORA DE PLASMA

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	SOLDADORA DE PLASMA	

Último mantenimiento	18-03-2025	**Próximo mantenimiento**	181-03-2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-SP-001	Fuente de alimentación	Funcionando	Convierte la energía eléctrica en la necesaria para el corte por plasma.
CM-E-SP-002	Unidad de control eléctrico	Funcionando	Panel de control para establecer parámetros.
CM-E-SP-003	Sistema de enfriamiento	Funcionando	Ventiladores o disipadores internos que impidan el exceso de calor. Conserva el equipo operativo durante un periodo más extenso.
CM-E-SP-004	Antorcha	Funcionando	Transfiere el gas ionizado al material que se va a cortar; además incorpora el electrodo y la boquilla que producen el arco de plasma.
CM-E-SP-005	Cableado de conexión	Funcionando	Conductos de energía eléctrica. Cable de masa para unir el circuito con el componente laboral.
CM-E-SP-006	Sistema de encendido	Funcionando	Impulsado por alta frecuencia para comenzar el arco de plasma sin necesidad de contacto directo.
CM-E-SP-007	Controles	Funcionando	Monitor digital para el seguimiento de voltaje, corriente y fallos. Perillas para modificar la intensidad y rapidez.
CM-E-SP-008	Carcasa estructural	Funcionando	Estructura de metal de resguardo.

CM-E-SP-009	Conexión para aire comprimido	Funcionando	Necesita aire para crear el chorro de plasma. Es un sistema de entrada y control de presión.

TABLA XXX

COMPONENTES DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	GENERADOR A GASOLINA Y A GAS	

Último mantenimiento	19/03/2026	**Próximo mantenimiento**	19/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-E-GG-001	Motor de combustión interna	Funcionando	Ofrece la tarea de convertir la energía del combustible (gas o gasolina) en energía mecanizada.
CM-E-GG-002	Alternador	Funcionando	Transforma la energía mecánica en electricidad.
CM-E-GG-003	Tanque de combustible	Funcionando	Facilita el almacenaje del combustible para un funcionamiento constante.
CM-E-GG-004	Sistema de alimentación dual	Funcionando	Permite la utilización de gas y gasolina como combustibles.
CM-E-GG-005	Panel de control	Funcionando	Leds de tensión y frecuencia. Toma de inicio. Transformadores y defensa frente a sobrecargas.
CM-E-GG-006	Sistema de arranque	Funcionando	Según el modelo, puede ser manual o eléctrico.
CM-E-GG-007	Estructura metálica	Funcionando	Estructura robusta que resguarda los elementos y simplifica el traslado.
CM-E-GG-008	Sistema de refrigeración	Funcionando	Evaporación forzada por aire y evita que el motor se sobrecaliente durante su operación.
CM-E-GG-009	Silenciador	Funcionando	Minimiza el ruido producido por el motor de combustión y fomenta la comodidad sonora durante el funcionamiento.

TABLA XXXI

COMPONENTES DE UNA ESMERILADORA ANGULAR

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	ESMERILADORA ANGULAR	

Último mantenimiento	20/03/2026	**Próximo mantenimiento**	20/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-H-EA-001	Motor eléctrico	Funcionando	Ofrece la fuerza requerida para rotar el disco a una velocidad elevada.
CM-H-EA-002	Caja de engranes	Funcionando	Distribuye la energía del motor al eje del disco y facilita una rotación eficaz y disminuye el deterioro mecánico.
CM-H-EA-003	Eje o husillo	Funcionando	Eje de rotación en el que se ubica el disco abrasivo; asegurando un enlace con el dispositivo de corte o desbaste.
CM-H-EA-004	Disco abrasivo	Funcionando	Empleada para cortes, lijación o desbastar materiales.
CM-H-EA-005	Carcasa de protección	Funcionando	En este modelo: no necesita llave (exige herramienta para modificar) y contiene una salvaguarda al usuario frente a fragmentos y chispas durante el procedimiento.
CM-H-EA-006	Sistema de ventilación	Funcionando	El motor disipa el calor producido y optimiza la longevidad del equipo.
CM-H-EA-007	Cuerpo	Funcionando	Estructura exterior que alberga y resguarda los elementos internos. Ergonómica, creada para un soporte sólido.
CM-H-EA-008	Cable de alimentación	Funcionando	Mantén la herramienta conectada a la red eléctrica de 110 V.

TABLA XXXII

COMPONENTES DE UN TALADRO PERCUTOR

	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
	TALADRO PERCUTOR	

Último mantenimiento	21/03/2025	**Próximo mantenimiento**	21/03/2026

Código	**Componente**	**Estado**	**Observación**
CM-H-TP-001	Motor eléctrico	Funcionando	Transforma la energía eléctrica en una acción rotatoria y percutor.
CM-H-TP-002	Caja de engranajes	Funcionando	Transmite la fuerza o velocidad del motor al mandril, dependiendo del modo escogido.
CM-H-TP-003	Mecanismo percutor	Funcionando	Crea impactos lineales veloces (golpes) para simplificar la perforación en superficies sólidas.
CM-H-TP-004	Mandril	Funcionando	Mantén las brocas de perforación firme.
CM-H-TP-005	Interruptor de encendido / apagado	Funcionando	Regula el comienzo y finalización del motor. Usualmente de tipo gatillo con regulación variable de la velocidad.
CM-H-TP-006	Empuñadura	Funcionando	Ergonómica, creada para incrementar el control y la comodidad del usuario.
CM-H-TP-007	Sistema de ventilación	Funcionando	Evita que el motor se sobrecaliente a través de la disipación de calor.
CM-H-TP-008	Carcasa exterior	Funcionando	Salvaguarda los elementos internos. Desarrollada en material capaz de resistir impactos y elevadas temperaturas.
CM-H-TP-009	Cable de alimentación	Funcionando	Mantiene el taladro conectado a la red eléctrica.

3.5.3. Análisis estadístico de los equipos o herramientas

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo de las operaciones de la planta, se procederá a realizar un minucioso estudio estadístico fundamentado en los detallados registros operativos proporcionados por la reconocida empresa “MIRAL”. Estos registros contienen información pormenorizada sobre las diversas actividades llevadas a cabo a lo largo de un extenso periodo anual. Además, en el proceso de evaluación de la confiabilidad de los equipos, se llevará a cabo el método ideal, el cual implica asumir una tasa de fallos constante a lo largo de un extenso período de tiempo. Los resultados obtenidos se muestran detalladamente a través de tablas comparativas y gráficos estadísticos, como una parte fundamental del proceso de elaboración y puesta en marcha de un completo Plan de Mantenimiento Correctivo y Preventivo para la eficiente gestión de la Planta de Producción MIRAL ubicada en la Ciudad de Ambato.

TABLA XXXIII

ESTADÍSTICO DE UN COMPRESOR

Compresor Industrial													
MARCA	COMPAIR	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO	L30 RS												
CÓDIGO	CM-E-CI	12											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					29.25	0.63	0.03	1.60	97.91	0.14	0.86
	Cambio de cartucho del filtro de aire	09/01/2024	48	1.5	0.5	1							
	Cambio de cartucho del filtro de aceite	10/01/2024	11	2.25	0.75	1.5							
FEBRERO	Limpieza de la entrada de aire de refrigeración	06/02/2024	226	0.2	0.1	0.1	225.75	0.10	0.00	10.00	99.96	0.37	0.63
MARZO	Inspección de conexiones eléctricas	08/03/2024	276	0.3	0.2	0.1	127.60	0.47	0.01	2.14	99.64	0.05	0.95
	Revisión y ajuste de tornillos	13/03/2024	36	0.7	0.5	0.2							
	Cambio de aceite	21/03/2024	71	1	0.7	0.3							
ABRIL	Limpieza general del compresor	03/04/2024	107	1.3	1	0.3	83.13	0.57	0.01	1.76	99.32	0.05	0.95
	Prueba de válvula de seguridad	05/04/2024	23	0.3	0.2	0.1							
	Limpieza del intercambiador de calor	21/04/2024	120	0.8	0.5	0.3							
MAYO	Revisión de la instalación eléctrica	01/05/2024	83	0.3	0.2	0.1	68.35	0.43	0.01	2.35	99.38	0.02	0.98
	Inspección del motor eléctrico y rodamiento	10/05/2024	84	0.8	0.5	0.3							

	Verificación del sistema de control y sensores	19/05/2024	59	0.7	0.5	0.2							
	Comprobación de niveles de aceite y refrigeración	26/05/2024	47	0.6	0.5	0.1							
JUNIO	Cambio del filtro de aire de admisión	07/06/2024	107	0.3	0.2	0.1	37.80	0.38	0.03	2.63	99.00	0.01	0.99
	Limpieza del separador del aceite	12/06/2024	36	0.7	0.5	0.2							
	Ajuste de correas y tensores	14/06/2024	23	1	0.7	0.3							
	Prueba de presión del sistema neumático	15/06/2024	1.0	0.4	0.3	0.1							
	Cambio de cartucho del filtro de aceite	19/06/2024	24	0.3	0.2	0.1							
JULIO	Cambio de rodamiento del motor eléctrico	04/07/2024	132	1	0.8	0.2	89.35	0.45	0.01	2.22	99.50	0.14	0.86
	Verificación de fugas en conexiones neumáticas	10/07/2024	47	0.2	0.1	0.1							
AGOSTO	Limpieza general del compresor	01/08/2024	192	0.7	0.5	0.2	83.50	0.33	0.01	3.08	99.61	0.02	0.98
	Inspección de los rodamientos	14/08/2024	107	0.3	0.2	0.1							
	Revisión de la instalación eléctrica	15/08/2024	12	0.8	0.5	0.3							
	Revisión interna del recipiente a presión	19/08/2024	23	0.2	0.1	0.1							

SEPTIEMBRE	Revisión del sistema de lubricación del motor	02/09/2024	120	0.3	0.2	0.1	75.60	0.47	0.01	2.14	99.39	0.05	0.95
	Cambio de aceite con CS6000XL	11/09/2024	84	0.7	0.5	0.2							
	Prueba de válvula de seguridad	13/09/2024	23	1	0.7	0.3							
OCTUBRE	Inspección y ajuste del sistema de arranque	09/10/2024	215	1.3	1	0.3	107.13	0.47	0.01	2.14	99.57	0.05	0.95
	Análisis del aceite	13/10/2024	23	0.3	0.2	0.1							
	Verificación del sistema de arranque	23/10/2024	84	0.5	0.2	0.3							
NOVIEMBRE	Prueba de presión del sistema neumático	06/11/2024	120	0.3	0.2	0.1	71.60	0.35	0.01	2.86	99.51	0.14	0.86
	Revisión de la instalación eléctrica	10/11/2024	24	0.6	0.5	0.1							
DICIEMBRE	Limpieza del intercambiador de calor	04/12/2024	203	0.3	0.2	0.1	73.80	0.38	0.01	2.63	99.49	0.01	0.99
	Inspección del motor eléctrico	11/12/2024	60	0.7	0.5	0.2							
	Cambio de aceite con CompAir	13/12/2024	23	1	0.7	0.3							
	Revisión interna del recipiente a presión	14/12/2024	1.0	0.4	0.3	0.1							
	Limpieza general del compresor	25/12/2024	84	0.3	0.2	0.1							
		TOTALES	2,951.95	24.35	15.65	8.70	1,072.87	5.00	0.17	35.57	1,192.27	1.02	10.98
		PROMEDIOS	79.78	0.66	0.42	0.24	89.41	0.42	0.01	2.96	99.36	0.09	0.91

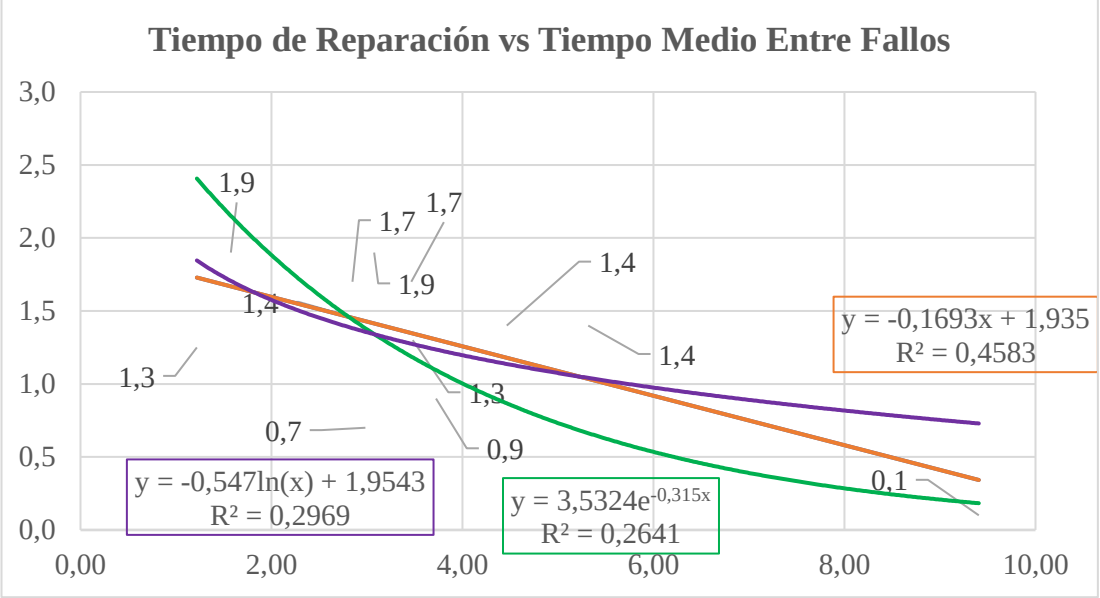


Fig. 9. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos del Compresor

En la Fig.9 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2 Cada unidad adicional de MTBF se asocia con una reducción de 0.1693 unidades en el tiempo de reparación. Es el modelo con mejor ajuste (mayor R^2), aunque no excelente.

Logarítmica: El tiempo de reparación decrece en forma logarítmica con el aumento del MTBF. Es decir, la mayor ganancia en reducción de reparación ocurre con los primeros aumentos de MTBF.

Exponencial: R^2 Muestra una disminución rápida del tiempo de reparación a medida que MTBF crece, pero el ajuste es el menos preciso entre los tres.

TABLA XXXIV

ESTADÍSTICO DE UNA CORTADORA DE METAL

CORTADORA DE METAL													
MARCA		**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO													
CÓDIGO	CM-E-CM	2											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					11.85	0.60	0.08	1.667	95.181	0.14	0.865
	Verificación visual de cuchillas.	10/01/2024	10.00	0.3	0.2	0.1							
	Limpieza del área de corte.	20/01/2024	13.700	0.9	0.6	0.3							
FEBRERO	Ajuste del ángulo de corte.	09/02/2024	27.100	0.3	0.2	0.1	23.40	0.30	0.04	3.333	98.734	0.14	0.865
	Lubricación de componentes móviles.	23/02/2024	19.700	0.3	0.2	0.1							
MARZO	Revisión del sistema de fijación manual.	08/03/2024	19.700	0.3	0.2	0.1	20.70	0.30	0.05	3.333	98.571	0.14	0.865
	Verificación del alineamiento.	25/03/2024	21.700	0.3	0.2	0.1							
ABRIL	Afilado de cuchillas.	07/04/2024	17.700	1	0.8	0.2	17.35	0.65	0.06	1.538	96.389	0.14	0.865
	Incorporación de grasa en las articulaciones	21/04/2024	17.000	0.3	0.2	0.1							
MAYO	Comprobación de resistencia del bastidor.	06/05/2024	19.700	0.7	0.5	0.2	23.50	0.50	0.04	2	97.917	0.14	0.865
	Ajuste del soporte trasero.	25/05/2024	27.300	0.3	0.2	0.1							

JUNIO	Limpieza del sistema de guía lateral.	05/06/2024	13.700	0.6	0.4	0.2	18.55	0.56	0.05	1.802	97.095	0.14	0.865
	Inspección de desgaste en cuchillas.	22/06/2024	23.400	0.51	0.35	0.16							
JULIO	Revisión de estructura de soporte.	10/07/2024	23.490	1	0.8	0.2	21.25	0.85	0.05	1.176	96.153	0.14	0.865
	Verificación de precisión de corte.	24/07/2024	19.000	0.7	0.5	0.2							
AGOSTO	Reemplazo de cuchillas.	11/08/2024	23.300	0.7	0.5	0.2	22.30	0.65	0.04	1.538	97.168	0.14	0.865
	Ajuste del ángulo de trabajo.	27/08/2024	21.300	0.6	0.4	0.2							
SEPTIEMBRE	Comprobación de rigidez estructural.	05/09/2024	13.400	0.3	0.2	0.1	17.55	0.45	0.06	2.222	97.500	0.14	0.865
	Limpieza del sistema de sujeción.	21/09/2024	21.700	0.6	0.4	0.2							
OCTUBRE	Alineación de cuchillas y guías.	12/10/2024	27.400	1.3	1	0.3	23.05	0.95	0.04	1.053	96.042	0.14	0.865
	Verificación del sistema manual	28/10/2024	18.700	0.6	0.4	0.2							
NOVIEMBRE	Revisión completa y limpieza general.	09/11/2024	17.400	0.3	0.2	0.1	19.55	0.50	0.05	2	97.506	0.14	0.865
	Ajuste del tope de seguridad.	26/11/2024	21.700	0.7	0.6	0.1							
DICIEMBRE	Revisión final del año – estado general.	10/12/2024	19.300	0.6	0.4	0.2	22.35	0.45	0.04	2.222	98.026	0.14	0.865
	Limpieza final de cuchillas y bastidor	28/12/2024	25.400	0.3	0.2	0.1							
		TOTALES	472.790	13.210	9.450	3.760	241.40	6.755	0.62	23.89	1166.28	1.62	10.38
		PROMEDIOS	20.12	0.56	0.40	0.16	20.12	0.56	0.05	1.99	97.19	0.14	0.86

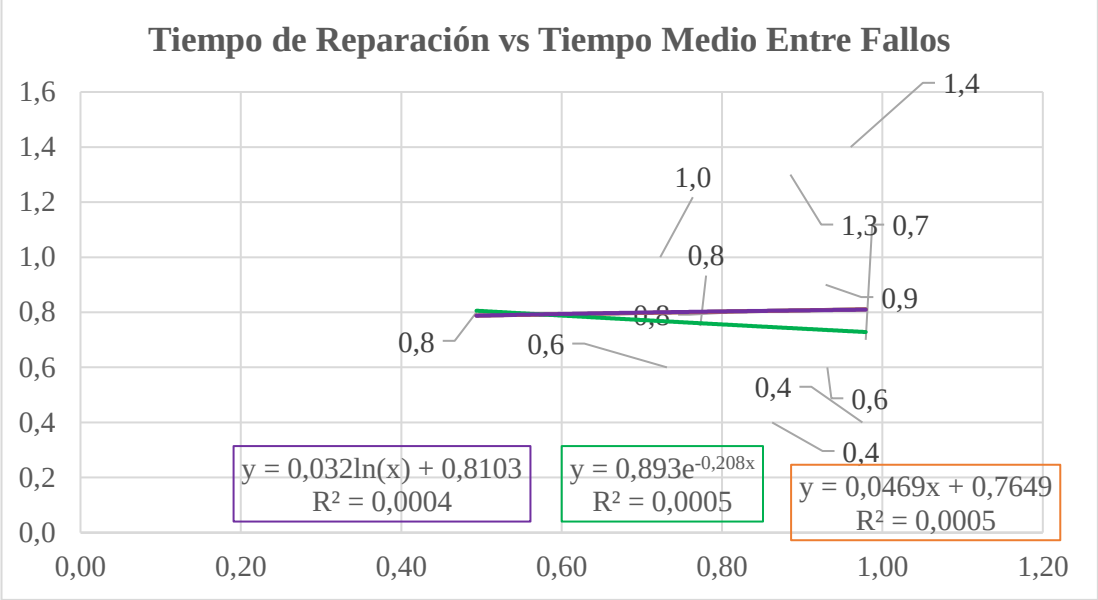


Fig. 10. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Cortadora de Metal

En la Fig.10 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2 Tendencia apenas positiva; indica que el tiempo de reparación aumenta levemente con el MTBF, pero el ajuste es prácticamente nulo.

Logarítmica: Igualmente, ajuste insignificante; no hay una tendencia confiable.

Exponencial: R^2 Modelo decae levemente, pero con un ajuste también muy bajo.

TABLA XXXV

ESTADÍSTICO DE UNA DOBLADORA MANUAL

Dobladora Manual														
MARCA		**Tiempo de operación diaria (horas)**												
MODELO														
CÓDIGO	CM-E-DM	2												
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**	
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024												
	Revisión de guías de plegado	10/01/2024	10.00	0.6	0.4	0.2	11.70	0.70	0.09	1.429	94.355	0.14	0.865	
	Limpieza de articulaciones.	20/01/2024	13.400	0.8	0.5	0.3								
FEBRERO	Ajuste de topes de doblado	08/02/2024	25.200	0.5	0.3	0.2	23.35	0.50	0.04	2	97.904	0.14	0.865	
	Lubricación de puntos de fricción	24/02/2024	21.500	0.5	0.3	0.2								
MARZO	Revisión del sistema de fijación.	07/03/2024	15.500	0.6	0.4	0.2	18.45	0.55	0.05	1.818	97.105	0.14	0.865	
	Limpieza general	23/03/2024	21.400	0.5	0.3	0.2								
ABRIL	Verificación del ángulo de plegado	10/04/2024	23.500	0.8	0.5	0.3	23.35	0.75	0.04	1.333	96.888	0.14	0.865	
	Lubricación de guías móviles	26/04/2024	23.200	0.7	0.4	0.3								
MAYO	Reajuste de tornillos estructurales	06/05/2024	11.300	1	0.6	0.4	17.15	0.85	0.06	1.176	95.278	0.14	0.865	
	Verificación del sistema de regulación	22/05/2024	23.000	0.7	0.4	0.3								

JUNIO	Limpieza profunda del bastidor	05/06/2024	19.300	1.3	0.8	0.5	21.00	1.05	0.05	0.952	95.238	0.14	0.865
	Verificación de soldaduras	22/06/2024	22.700	0.8	0.5	0.3							
JULIO	Ajuste de componentes móviles.	09/07/2024	21.200	1	0.6	0.4	22.10	1.00	0.05	1	95.671	0.14	0.865
	Control de precisión del pliegue	25/07/2024	23.000	1	0.6	0.4							
AGOSTO	Sustitución de pernos desgastados.	12/08/2024	23.000	1.2	0.7	0.5	23.90	1.10	0.04	0.909	95.600	0.14	0.865
	Verificación del paralelismo	29/08/2024	24.800	1	0.6	0.4							
SEPTIEMBRE	Limpieza de palancas de control.	05/09/2024	9.000	0.5	0.3	0.2	15.25	0.65	0.07	1.538	95.912	0.14	0.865
	Ajuste de brazo plegador.	20/09/2024	21.500	0.8	0.5	0.3							
OCTUBRE	Revisión del sistema de regulación de altura	11/10/2024	29.200	1.7	1	0.7	26.75	1.25	0.04	0.8	95.536	0.14	0.865
	Engrase del mecanismo de articulación.	30/10/2024	24.300	0.8	0.5	0.3							
NOVIEMBRE	Revisión general de funcionamiento.	08/11/2024	13.200	1	0.6	0.4	17.10	1.10	0.06	0.909	93.956	0.14	0.865
	Ajuste del ángulo de trabajo final	25/11/2024	21.000	1.2	0.7	0.5							
DICIEMBRE	Mantenimiento final y limpieza profunda	12/12/2024	24.800	1	0.6	0.4	22.90	0.90	0.04	1.111	96.218	0.14	0.865
	Revisión estructural de fin de año.	28/12/2024	21.000	0.8	0.5	0.3							
		TOTALES	486.000	20.800	12.600	8.200	243.000	10.400	0.623	14.977	1,149.661	1.624	10.376
		PROMEDIOS	20.25	0.87	0.53	0.34	20.25	0.87	0.05	1.25	95.81	0.14	0.86

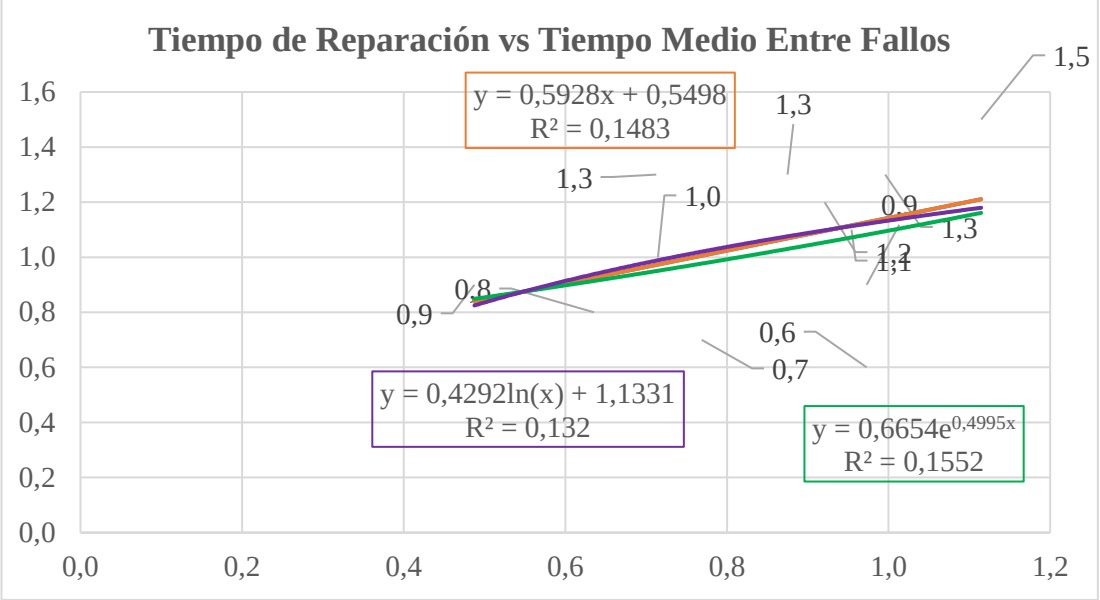


Fig. 11. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Dobladora Manual

En la Fig.11 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: positiva, es decir, a mayor MTBF, mayor tiempo de reparación. Mientras que el ajuste es: moderado, pero mejor que en los gráficos anteriores (aunque sigue siendo débil).

Logarítmica: Tendencia: también creciente. Curva más suave. Mientras que el ajuste es levemente inferior al modelo lineal.

Exponencial: R^2 Tiene una tendencia: creciente exponencial, más pronunciada. Es el mejor ajuste entre los tres en este conjunto.

TABLA XXXVI

ESTADÍSTICO DE UNA NIBLADORA

NIBLADORA													
MARCA	ITALPLASTICOS	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO													
CÓDIGO	CM-E-N	1											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024											
	Inspección de arranque del motor, verificación eléctrica	04/01/2024	1.00	0.6	0.4	0.2	3.70	0.60	0.27	1.667	86.047	0.14	0.865
	Limpieza del sistema de corte y verificación de disco	15/01/2024	6.400	0.6	0.4	0.2							
FEBRERO	Lubricación de guías y puntos móviles.	12/02/2024	19.400	0.8	0.5	0.3	14.30	0.75	0.07	1.333	95.017	0.14	0.865
	Verificación de alineación del disco	26/02/2024	9.200	0.7	0.4	0.3							
MARZO	Ajuste de sujetadores y pernos	08/03/2024	8.300	1	0.6	0.4	8.65	0.90	0.12	1.111	90.576	0.14	0.865
	Control del nivel de vibración	22/03/2024	9.000	0.8	0.5	0.3							
ABRIL	Limpieza profunda de la estructura externa	10/04/2024	12.200	1.1	0.6	0.5	11.55	0.90	0.09	1.111	92.771	0.14	0.865
	Revisión de sistema de refrigeración	27/04/2024	10.900	0.7	0.4	0.3							

MAYO	Prueba de corte en tubos redondos y ángulo L	06/05/2024	4.300	1.1	0.7	0.4	8.10	0.95	0.12	1.053	89.503	0.14	0.865
	Inspección de desgaste de disco de corte.	23/05/2024	11.900	0.8	0.5	0.3							
JUNIO	Cambio de disco si es necesario.	04/06/2024	7.200	1.3	0.8	0.5	8.95	1.00	0.11	1	89.950	0.14	0.865
	Verificación de torque en tornillos de montaje.	20/06/2024	10.700	0.7	0.4	0.3							
JULIO	Revisión del motor (limpieza interna y prueba de voltaje)	10/07/2024	13.300	1.5	0.9	0.6	11.90	1.25	0.08	0.8	90.494	0.14	0.865
	Limpieza de conexiones eléctricas	26/07/2024	10.500	1	0.6	0.4							
AGOSTO	Control de desgaste de partes móviles.	09/08/2024	9.000	1.1	0.7	0.4	8.95	1.00	0.11	1	89.950	0.14	0.865
	Reajuste del eje de corte si es necesario	23/08/2024	8.900	0.9	0.5	0.4							
SEPTIEMBRE	Prueba de cortes en platina rectangular.	11/09/2024	12.100	1	0.6	0.4	10.55	0.85	0.09	1.176	92.544	0.14	0.865
	Limpieza de carcasa y ventilador	25/09/2024	9.000	0.7	0.4	0.3							
OCTUBRE	Verificación del sistema eléctrico trifásico.	08/10/2024	8.300	1.1	0.6	0.5	11.10	0.95	0.09	1.053	92.116	0.14	0.865
	Inspección general de seguridad operativa.	29/10/2024	13.900	0.8	0.5	0.3							

NOVIEMBRE	Mantenimiento completo de piezas desgastadas.	07/11/2024	6.200	1.5	0.9	0.6	7.85	1.15	0.13	0.87	87.222	0.14	0.865
	Verificación de la tensión de alimentación.	22/11/2024	9.500	0.8	0.5	0.3							
DICIEMBRE	Revisión de fin de año, limpieza, calibración general.	10/12/2024	11.200	1.6	1	0.6	11.30	1.50	0.09	0.667	88.281	0.14	0.865
	Prueba final con materiales diversos	27/12/2024	11.400	1.4	0.8	0.6							
		TOTALES	233.80	23.60	14.20	9.40	116.90	11.800	1.37	12.84	1,084.47	1.62	10.37
		PROMEDIOS	9.74	0.98	0.59	0.39	9.74	0.98	0.11	1.07	90.37	0.14	0.86

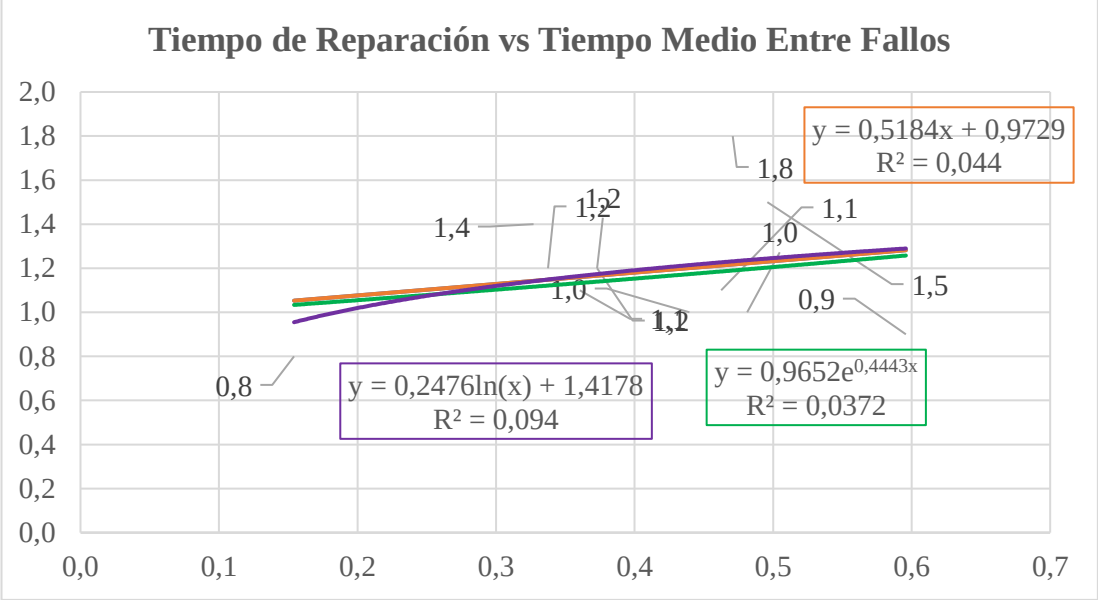


Fig. 12. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Nibladora

En la Fig.12 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: positiva, es decir, a mayor MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos), mayor es el Tiempo de Reparación. Mientras que si ajuste es débil; el cual es mejor que el modelo exponencial, pero inferior al logarítmico en este conjunto de datos

Logarítmica: Tendencia: creciente, con una curva más suave que el modelo exponencial. Mientras que el ajuste, es el mejor entre los tres modelos probados, aunque sigue siendo bajo. Representa ligeramente mejor la relación entre las variables.

Exponencial: tiene una tendencia creciente, pero de forma más pronunciada conforme aumenta el MTBF. En tanto que el ajuste es el más débil de los tres modelos. La forma de la curva no refleja bien la dispersión de los datos observados.

TABLA XXXVII

ESTADÍSTICO DE UN TORNO

Torno Eléctrico y Mecánico													
MARCA	Harrison	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO													
CÓDIGO	CM-E-TE	2											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	**λ**	**μ**	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024											
	Proceso completo de limpieza de las superficies de la máquina.	07/01/2024	4.00	0.9	0.6	0.3	4	0.6	0.250	1.667	86.957	0.368	0.632
FEBRERO	Cambio del aceite del carro.	04/02/2024	37	0.3	0.2	0.1	37	0.20	0.03	5.00	99.46	0.368	0.63
MARZO	Revisión y limpieza del sistema de enfriamiento.	04/03/2024	40	0.3	0.2	0.1	30	0.20	0.03	5.00	99.33	0.14	0.86
	Revisión y limpieza de los elementos del plato.	18/03/2024	20	0.3	0.2	0.1							
ABRIL	Incorporación de grasa en las articulaciones externas.	08/04/2024	30	0.3	0.2	0.1	30	0.20	0.03	5.00	99.33	0.37	0.63

MAYO	Mantenimiento y limpieza de la bomba de enfriamiento.	06/05/2024	40	0.3	0.2	0.1	40	0.20	0.03	5.00	99.50	0.37	0.63
JUNIO	Revisión y limpieza del sistema de enfriamiento.	10/06/2024	50	0.51	0.35	0.16	50	0.35	0.02	2.86	99.30	0.37	0.63
JULIO	Revisión y limpieza de los elementos del plato de garras	01/07/2024	29	1	0.8	0.2	29	0.80	0.03	1.25	97.36	0.37	0.63
AGOSTO	Cambio del aceite en el cabezal.	05/08/2024	49	0.7	0.5	0.2	49	0.50	0.02	2.00	98.99	0.37	0.63
SEPTIEMBRE	Revisión y limpieza de los elementos del plato de garras	09/09/2024	49	0.3	0.2	0.1	35	0.30	0.03	3.33	99.14	0.14	0.86
	Revisión y limpieza del sistema de enfriamiento.	23/09/2024	20	0.6	0.4	0.2							
OCTUBRE	Incorporación de grasa en las articulaciones externas.	14/10/2024	29	1.3	1	0.3	29	1.00	0.03	1.00	96.71	0.37	0.63
NOVIEMBRE	Revisión y limpieza del sistema de enfriamiento.	10/11/2024	37	0.3	0.2	0.1	28	0.40	0.04	2.50	98.60	0.14	0.86
	Revisión y limpieza de los elementos del plato.	25/11/2024	20	0.7	0.6	0.1							
DICIEMBRE	Cambio de banda.	09/12/2024	19	0.3	0.2	0.1	19	0.20	0.05	5.00	98.97	0.37	0.63
		TOTALES	472.190	8.110	5.850	2.260	380	4.950	0.594	39.607	1,173.655	3.717	8.283
		PROMEDIOS	31.48	0.54	0.39	0.15	31.65	0.41	0.05	3.30	97.80	0.31	0.69

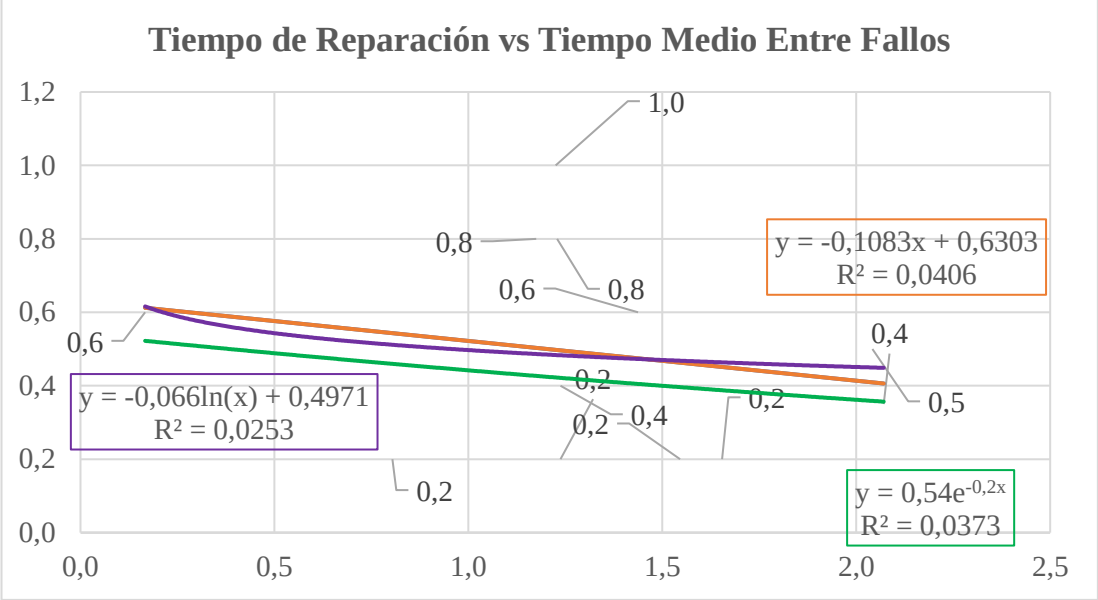


Fig. 13. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Torno

En la Fig.13 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: negativa, es decir, a mayor MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos), menor tiempo de reparación. Mientras que el ajuste es débil. El cuál es el mejor ajuste entre los tres modelos, aunque la relación sigue siendo poco significativa.

Logarítmica: Tiene una tendencia. también decreciente, pero con una curva más suave. Y su ajuste es el más bajo de los tres modelos. Refleja una ligera disminución del tiempo de reparación con el aumento del MTBF, aunque con baja confiabilidad.

Exponencial: Tendencia: decreciente exponencial, con caída más marcada al inicio; en tanto que el ajuste: es el intermedio entre los tres modelos. Aunque mejora ligeramente respecto al logarítmico, sigue siendo un ajuste pobre.

TABLA XXXVIII

ESTADÍSTICO DE UN ESMERIL DE BANCO

ESMERIL DE BANCO														
MARCA	MAKITA	**Tiempo de operación diaria (horas)**												
MODELO														
CÓDIGO	CM-E-EB	1												
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					7.75	0.3	0.129	3.33	96.2733	0.14	0.8647
	Verificación de conexión eléctrica y estado del cable	10/01/2024	5	0.5	0.3	0.2							
	Inspección visual de las piedras abrasivas	25/01/2024	11	0.5	0.3	0.2							
FEBRERO	Ajuste de tornillos de base y protectores	08/02/2024	10	0.6	0.4	0.2	9.95	0.35	0.10	2.86	96.60	0.14	0.86
	Limpieza de la carcasa y área de trabajo.	23/02/2024	10	0.4	0.3	0.1							
MARZO	Revisión del estado de las piedras abrasivas.	06/03/2024	8	0.6	0.4	0.2	9.00	0.35	0.11	2.86	96.26	0.14	0.86
	Prueba de arranque y parada de emergencia.	21/03/2024	10	0.4	0.3	0.1							
ABRIL	Verificación del eje y cojinetes.	09/04/2024	13	0.8	0.5	0.3	11.90	0.45	0.08	2.22	96.36	0.14	0.86
	Lubricación si corresponde según manual del fabricante.	25/04/2024	11	0.6	0.4	0.2							

MAYO	Revisión del interruptor y elementos de seguridad	07/05/2024	7	0.5	0.3	0.2	8.95	0.35	0.11	2.86	96.24	0.14	0.86
	Prueba de vibración o ruidos anómalos al girar.	22/05/2024	11	0.6	0.4	0.2							
JUNIO	Limpieza de ranuras de ventilación.	11/06/2024	13	0.4	0.3	0.1	12.50	0.35	0.08	2.86	97.28	0.14	0.86
	Comprobación de desgaste excesivo en las piedras.	27/06/2024	12	0.6	0.4	0.2							
JULIO	Centrado y balanceo de discos	05/07/2024	5	0.8	0.5	0.3	8.30	0.40	0.12	2.50	95.40	0.14	0.86
	Revisión del soporte de la pieza.	23/07/2024	11	0.5	0.3	0.2							
AGOSTO	Inspección de alineación de la piedra con el protector.	08/08/2024	12	0.6	0.4	0.2	11.45	0.35	0.09	2.86	97.03	0.14	0.86
	Verificación de la rigidez del montaje del banco.	26/08/2024	11	0.5	0.3	0.2							
SEPTIEMBRE	Prueba de funcionamiento continuo durante 15 minutos.	12/09/2024	13	0.8	0.5	0.3	11.35	0.45	0.09	2.22	96.19	0.14	0.86
	Limpieza completa y aspirado de polvo metálico.	27/09/2024	10	0.6	0.4	0.2							
OCTUBRE	Sustitución de piedra si presenta desgaste excesivo.	10/10/2024	8	0.9	0.6	0.3	9.75	0.50	0.10	2.00	95.12	0.14	0.86
	Revisión general eléctrica y mecánica.	28/10/2024	11	0.6	0.4	0.2							
NOVIEMBRE	Comprobación del arranque	06/11/2024	6	0.4	0.3	0.1	9.00	0.35	0.11	2.86	96.26	0.14	0.86
	Inspección de ruidos o vibraciones anormales.	22/11/2024	12	0.6	0.4	0.2							
DICIEMBRE	Auditoría final del estado general y limpieza profunda.	05/12/2024	8	0.8	0.6	0.2	9.30	0.40	0.11	2.50	95.88	0.14	0.86
	Etiquetado de mantenimiento	20/12/2024	10	0.2	0.2	0							
		TOTALES	238.40	13.80	9.20	4.60	119.20	4.60	1.23	31.92	1,154.88	1.62	10.38
		PROMEDIOS	9.93	0.58	0.38	0.19	9.93	0.38	0.10	2.66	96.24	0.14	0.86

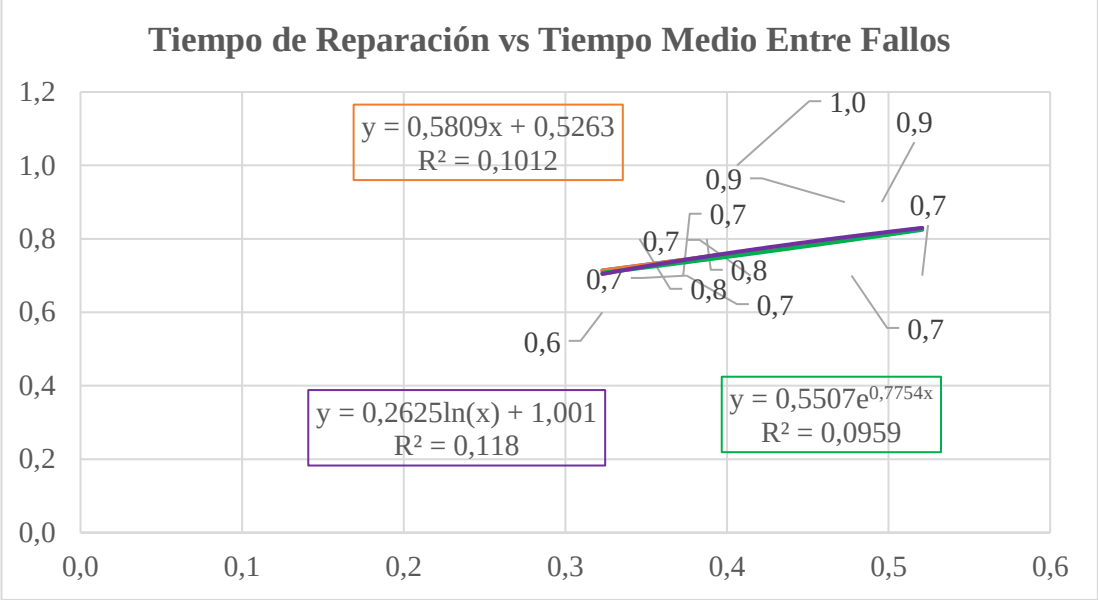


Fig. 14. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Esmeril de Banco

En la Fig.14 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tiene una tendencia positiva, lo que indica que a mayor MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos), también aumenta el Tiempo de Reparación. En tanto que el ajuste es débil, aunque es el segundo mejor entre los tres modelos. Muestra cierta relación entre las variables, pero con poca precisión.

Logarítmica: Da una tendencia creciente, con una curva suave. Donde el ajuste es el mejor de los tres modelos en este conjunto, aunque sigue siendo bajo. Indica una relación leve entre el tiempo medio entre fallos y el tiempo de reparación.

Exponencial: Finalmente da una tendencia creciente de forma exponencial, más pronunciada conforme aumenta el MTBF. Donde el ajuste es el más bajo entre el logarítmico y lineal, pero ligeramente mejor que en los gráficos anteriores. La forma curva se adapta parcialmente a los datos, pero aún con limitada confiabilidad.

TABLA XXXIX

ESTADÍSTICO DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC

CIZALLA / GUILLOTINA CNC													
MARCA	DURMAZLAR	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO													
CÓDIGO	CM-E-CG	4											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					29.75	0.55	0.0336	1.82	98.1848	0.14	0.8647
	Verificación de conexión eléctrica trifásica y voltaje de dominio.	08/01/2024	12	0.5	0.5	0.3							
	Inspección de tablero CNC y botones de emergencia.	24/01/2024	48	1	0.6	0.4							
FEBRERO	Lubricación del eje trasero y guías de corte.	12/02/2024	51	0.9	0.5	0.4	45.05	0.55	0.02	1.82	98.79	0.14	0.86
	Prueba de seguridad de paro automático.	26/02/2024	39	1	0.6	0.4							
MARZO	Revisión del sistema hidráulico y niveles de aceite.	06/03/2024	27	1.2	0.7	0.5	38.90	0.65	0.03	1.54	98.36	0.14	0.86
	Prueba de corte en diversos espesores.	25/03/2024	51	1	0.6	0.4							

ABRIL	Limpieza profunda de cuchillas y zonas internas.	10/04/2024	47	1	0.6	0.4	49.00	0.70	0.02	1.43	98.59	0.14	0.86
	Reajuste de ángulo de corte.	29/04/2024	51	1.3	0.8	0.5							
MAYO	Verificación del sistema de tope trasero.	07/05/2024	23	0.8	0.5	0.3	32.95	0.55	0.03	1.82	98.36	0.14	0.86
	Revisión de vibraciones anormales del motor.	22/05/2024	43	1	0.6	0.4							
JUNIO	Reemplazo de aceite hidráulico.	04/06/2024	35	1.7	1	0.7	40.65	0.80	0.02	1.25	98.07	0.14	0.86
	Limpieza de filtros hidráulicos.	20/06/2024	46	1	0.6	0.4							
JULIO	Prueba de corte largo.	05/07/2024	43	1.2	0.7	0.5	48.90	0.85	0.02	1.18	98.29	0.14	0.86
	Calibración del CNC (panel, sensores y programación).	25/07/2024	55	1.7	1	0.7							
AGOSTO	Inspección de estructuras metálicas y pernos.	12/08/2024	46	0.8	0.5	0.3	44.75	0.65	0.02	1.54	98.57	0.14	0.86
	Ajuste de alineación cuchillas.	27/08/2024	43	1.3	0.8	0.5							
SEPTIEMBRE	Verificación del mecanismo	10/09/2024	39	1	0.6	0.4	42.85	0.55	0.02	1.82	98.73	0.14	0.86
	Limpieza de ventiladores del motor y gabinete eléctrico.	26/09/2024	47	0.7	0.5	0.2							

OCTUBRE	Prueba de funcionamiento continuo (test prolongado).	07/10/2024	27	0.8	0.5	0.3	35.25	0.70	0.03	1.43	98.05	0.14	0.86
	Evaluación de eficiencia de corte CNC.	22/10/2024	43	1.5	0.9	0.6							
NOVIEMBRE	Sustitución de cuchillas (si presentan desgaste).	04/11/2024	35	1.2	0.7	0.5	40.65	0.65	0.02	1.54	98.43	0.14	0.86
	Prueba de corte angular (hasta 1.2°).	20/11/2024	47	1.1	0.6	0.5							
DICIEMBRE	Auditoría de mantenimiento anual.	06/12/2024	47	0.8	0.5	0.3	41.05	0.75	0.02	1.33	98.21	0.14	0.86
	Limpieza final, engrase y reseteo de contador CNC.	19/12/2024	35	1.3	1	0.3							
		TOTALES	979.50	25.80	15.90	10.20	489.75	7.95	0.30	18.51	1,180.63	1.62	10.38
		PROMEDIOS	40.81	1.08	0.66	0.43	40.81	0.66	0.03	1.54	98.39	0.14	0.86

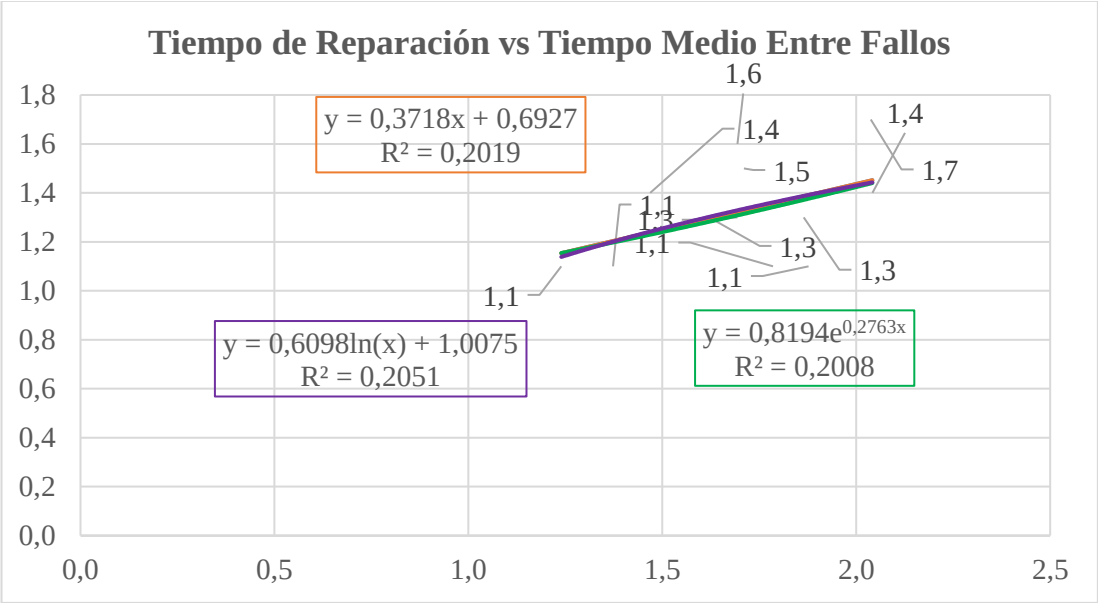


Fig. 15. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Cizalla Guillotina CNC

En la Fig.15 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: Positiva, es decir, a mayor MTBF, mayor tiempo de reparación. Ajuste: Moderado, pero ligeramente mejor que en los otros modelos (aunque sigue siendo débil).

Logarítmica: Tendencia: También creciente, aunque con una curva más suave. En tanto que el ajuste es levemente inferior al modelo lineal.

Exponencial: Da una tendencia: Creciente exponencial, más pronunciada que en los otros modelos. En tanto que el ajuste; aunque es muy similar a los otros, es el más bajo del conjunto.

TABLA XL

ESTADÍSTICO DE UNA SOLDADORA GMAW

Soldadora GMAW													
MARCA	MILLER	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO													
CÓDIGO	CM-E-SG	4											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	**λ**	**μ**	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					23.55	0.4	0.0425	2.5	98.3299	0.14	0.86
	Efectuar una revisión general.	10/01/2024	20	0.9	0.6	0.3							
	Verificar las conexiones de electricidad.	21/01/2024	27	0.3	0.2	0.1							
FEBRERO	Compruebe el porta electrodo.	12/02/2024	60	0.3	0.2	0.1	49.70	0.33	0.02	3.08	99.35	0.14	0.86
	Comprobar el transformador que proporciona electricidad.	26/02/2024	40	0.65	0.45	0.2							
MARZO	Revisión del conector del electrodo.	09/03/2024	35	0.3	0.2	0.1	35.53	0.20	0.03	5.00	99.44	0.14	0.86
	Limpieza del sistema de aireación.	23/03/2024	36	0.3	0.2	0.1							
ABRIL	Cambiar el porta electrodo.	09/04/2024	44	0.3	0.2	0.1	39.70	0.30	0.03	3.33	99.25	0.14	0.86
	Es necesario limpiar el porta electrodo.	22/04/2024	36	0.6	0.4	0.2							

MAYO	Comprobación que el porta electrodo establezca un correcto contacto.	07/05/2024	43	0.3	0.2	0.1	41.55	0.25	0.02	4.00	99.40	0.14	0.86
	Es necesario limpiar el transformador.	21/05/2024	40	0.4	0.3	0.1							
JUNIO	Alteración de los ventiladores.	11/06/2024	60	0.51	0.35	0.16	49.55	0.43	0.02	2.35	99.15	0.14	0.86
	Comprobación de los orificios de ventilación.	25/06/2024	39	0.8	0.5	0.3							
JULIO	Revisión de los interruptores de regulación.	09/07/2024	39	1	0.8	0.2	39.10	0.45	0.03	2.22	98.86	0.14	0.86
	Lubricación de los dispositivos de acuerdo al fabricante.	23/07/2024	39	0.2	0.1	0.1							
AGOSTO	Comprobación de los monitores.	12/08/2024	56	0.7	0.5	0.2	39.55	0.35	0.03	2.86	99.12	0.14	0.86
	Reajuste de los indicadores.	20/08/2024	23	0.3	0.2	0.1							
SEPTIEMBRE	Comprobación de la movilidad del vehículo.	10/09/2024	60	0.3	0.2	0.1	45.70	0.30	0.02	3.33	99.35	0.14	0.86
	Sustitución de las ruedas del vehículo transportador.	20/09/2024	32	0.6	0.4	0.2							
OCTUBRE	Verificación que el porta electrodo esté conectado a tierra.	14/10/2024	63	1.3	1	0.3	53.05	0.85	0.02	1.18	98.42	0.14	0.86
	Comprobación de los conectores de entrada y salida.	29/10/2024	43	0.8	0.7	0.1							

NOVIEMBRE	Es necesario limpiar los conectores de entrada.	12/11/2024	39	0.3	0.2	0.1	39.45	0.40	0.03	2.50	99.00	0.14	0.86
	Comprobación de la aguja de señal.	26/11/2024	40	0.7	0.6	0.1							
DICIEMBRE	Comprobación del mecanismo de expulsión de condensados.	15/12/2024	51	0.3	0.2	0.1	33.50	0.30	0.03	3.33	99.11	0.14	0.86
	Cambio de la pinza de carga.	20/12/2024	16	0.6	0.4	0.2							
		TOTALES	979.84	12.76	9.10	3.66	489.92	4.55	0.31	35.69	1,188.79	1.62	10.38
		PROMEDIOS	40.83	0.53	0.38	0.15	40.83	0.38	0.03	2.97	99.07	0.14	0.86

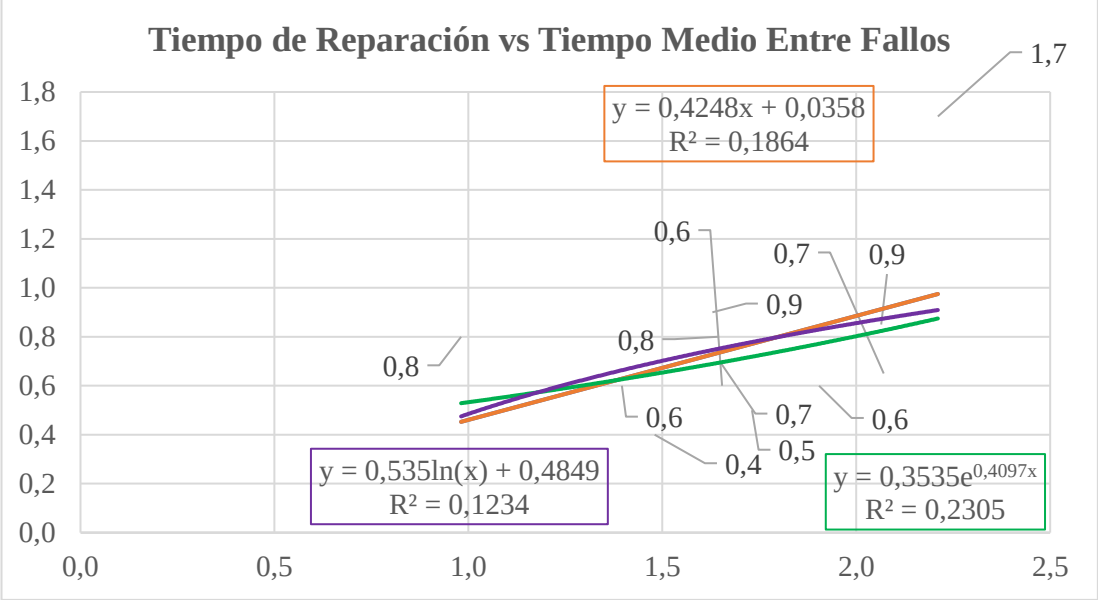


Fig. 16. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Soldadora GMAW

En la Fig.16 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: Positiva; a mayor MTBF, mayor tiempo de reparación. Mientras que el ajuste es Moderado, aunque inferior al modelo exponencial en este caso.

Logarítmica: Da una tendencia: Creciente, pero de forma más suave. Mientras que el ajuste: es el más bajo de los tres modelos.

Exponencial: Tiene una tendencia de Creciente exponencial, con mayor inclinación a medida que aumenta el MTBF. En tanto que el ajuste: es el mejor de tipo estadístico entre los tres modelos en esta muestra.

TABLA XLI

ESTADÍSTICO DE UNA SOLDADORA DE PLASMA

SOLDADORA DE PLASMA													
MARCA	**CEBORA**	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO	T250												
CÓDIGO	CM-E-SP	12											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	**λ**	**μ**	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					29.55	0.40	0.03	2.50	98.66	0.14	0.86
	Evaluar el desgaste de los rodillos de arrastre	09/01/2024	48	0.9	0.6	0.3							
	Control de presión de gas	10/01/2024	11	0.3	0.2	0.1							
FEBRERO	Control del sistema de ventilación	05/02/2024	216	0.3	0.2	0.1	131.58	0.45	0.01	2.22	99.66	0.64	0.36
	Limpieza de la placa electrónica	19/02/2024	120	0.65	0.45	0.2							
	Reemplazo de rodillos de arrastre	26/02/2024	59	1.05	0.7	0.35							
MARZO	Limpieza del filtro de aire de ventilador	08/03/2024	107	0.3	0.2	0.1	71.45	0.30	0.01	3.33	99.58	0.05	0.95
	Limpieza del rodillo de alimentación de alambre	15/03/2024	60	0.3	0.2	0.1							
	Control de conexiones eléctricas	21/03/2024	48	0.8	0.5	0.3							
ABRIL	Limpieza de boquilla de soldadura	06/04/2024	131	0.3	0.2	0.1	75.43	0.53	0.01	1.88	99.30	0.05	0.95
	Limpieza del sistema de gas	13/04/2024	48	0.6	0.4	0.2							
	Limpieza del área interna de la máquina	21/04/2024	47	1.6	1	0.6							

MAYO	Verificar el desgaste de la boquilla	01/05/2024	82	0.3	0.2	0.1	68.31	0.25	0.01	4.00	99.64	0.02	0.98
	Control de presión de gas	11/05/2024	84	0.4	0.3	0.1							
	Control del sistema de ventilación	21/05/2024	72	0.45	0.3	0.15							
	Monitoreo del consumo de gas	26/05/2024	36	0.3	0.2	0.1							
JUNIO	Limpieza de la placa electrónica	07/06/2024	108	0.51	0.35	0.16	37.95	0.30	0.03	3.33	99.22	0.01	0.99
	Verificar el desgaste de la boquilla	12/06/2024	35	0.8	0.5	0.3							
	Control de la caja de control eléctrica	14/06/2024	23	0.3	0.2	0.1							
	Control del cable de alimentación eléctrica	15/06/2024	.30	0.35	0.25	0.1							
	Control del estado de las mangueras	19/06/2024	24	0.3	0.2	0.1							
JULIO	Limpieza del área externa de la máquina	04/07/2024	132	1	0.8	0.2	89.35	0.45	0.01	2.22	99.50	0.14	0.86
	Limpieza del área interna de la máquina	10/07/2024	47	0.2	0.1	0.1							
AGOSTO	Verificar el ajuste de los rodillos de arrastre	01/08/2024	192	0.7	0.5	0.2	80.50	0.33	0.01	3.08	99.60	0.02	0.98
	Limpieza del ventilador interno	14/08/2024	107	0.3	0.2	0.1							
	Reemplazo de la antorcha	17/08/2024	24	0.8	0.5	0.3							
	Monitoreo del consumo de gas	19/08/2024	.80	0.2	0.1	0.1							

SEPTIEMBRE	Verificar el desgaste de la boquilla	02/09/2024	120	0.3	0.2	0.1	107.63	0.33	0.01	3.00	99.69	0.05	0.95
	Revisar las conexiones eléctricas	13/09/2024	108	0.6	0.4	0.2							
	Control de presión de gas	25/09/2024	95	0.7	0.4	0.3							
OCTUBRE	Limpieza de la placa electrónica	09/10/2024	119	1.3	1	0.3	75.07	0.63	0.01	1.58	99.16	0.05	0.95
	Limpieza del ventilador interno	13/10/2024	23	0.8	0.7	0.1							
	Control de lubricación de rodillos de alambre	23/10/2024	83	0.5	0.2	0.3							
NOVIEMBRE	Control del estado de las mangueras	08/11/2024	144	0.3	0.2	0.1	113.60	0.40	0.01	2.50	99.65	0.14	0.86
	Verificar el desgaste de la boquilla	19/11/2024	84	0.7	0.6	0.1							
DICIEMBRE	Control de presión de gas	06/12/2024	155	0.3	0.2	0.1	61.80	0.36	0.02	2.78	99.42	0.01	0.99
	Control del sistema de refrigeración	11/12/2024	36	0.6	0.4	0.2							
	Verificar el ajuste de los rodillos de arrastre	18/12/2024	59	1	0.7	0.3							
	Monitoreo del consumo de gas	20/12/2024	23	0.4	0.3	0.1							
	Reemplazo de rodillos de arrastre	25/12/2024	36	0.3	0.2	0.1							
		TOTALES	2,943	21.81	14.85	6.96	942.23	4.735	0.12	32.42	1,193.08	1.292	10.71
		PROMEDIOS	75.45	0.56	0.38	0.18	78.52	0.39	0.02	2.70	99.42	0.11	0.89

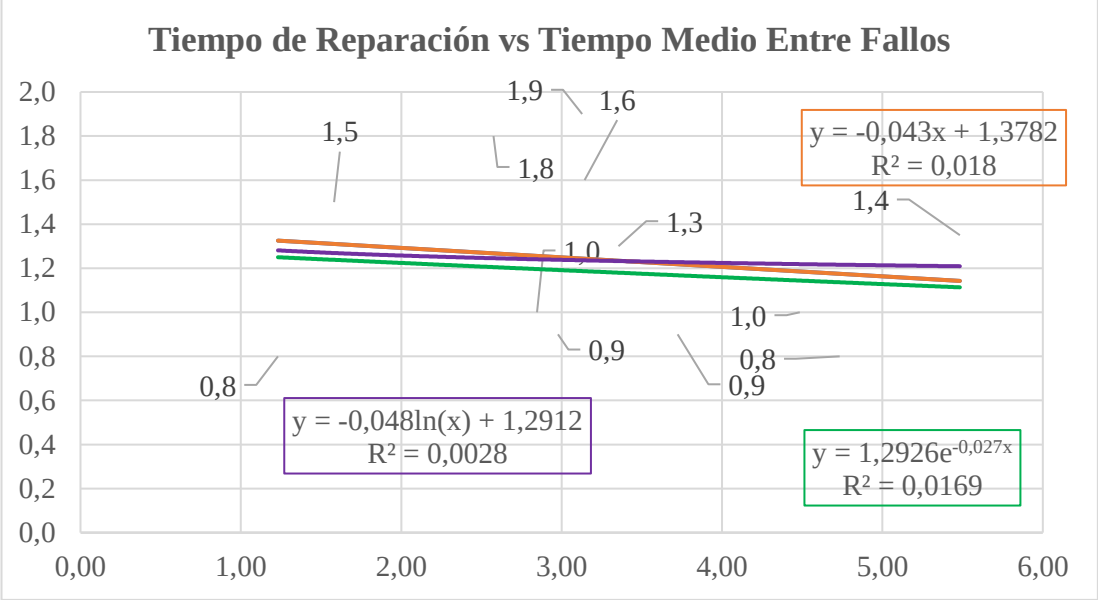


Fig. 17. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Soldadora de Plasma

En la Fig.17 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: Negativa; a mayor MTBF, menor tiempo de reparación. Mientras que el ajuste es muy bajo, prácticamente sin capacidad explicativa.

Logarítmica: Tendencia: Levemente decreciente, con curva muy suave. Ajuste El más bajo entre los tres modelos.

Exponencial: Tendencia: Decreciente exponencial, pero muy lenta. En tanto que el ajuste: También muy bajo, similar al modelo lineal.

TABLA XLII

ESTADÍSTICO DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS

Generador a Gasolina y a Gas													
MARCA	MAVIJU	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO													
CÓDIGO	CM-E-GG	1											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					8.25	0.15	0.1212	6.67	98.2143	0.14	0.86
	Verificación de nivel de aceite y cambio si necesario.	12/01/2024	7	0.5	0.2	0.3							
	Limpieza exterior y revisión de filtro de aire.	28/01/2024	10	0.4	0.1	0.3							
FEBRERO	Prueba de arranque con ambos combustibles (gasolina y gas).	09/02/2024	9	0.5	0.2	0.3	9.55	0.20	0.10	5.00	97.95	0.14	0.86
	Inspección de bujía y cables.	26/02/2024	11	0.4	0.2	0.2							
MARZO	Limpieza o reemplazo de filtro de aire.	08/03/2024	9	0.6	0.2	0.4	9.50	0.20	0.11	5.00	97.94	0.14	0.86
	Inspección de sistema de arranque	25/03/2024	10	0.4	0.2	0.2							
ABRIL	Revisión de tanque y líneas de combustible.	10/04/2024	12	0.5	0.3	0.2	11.55	0.30	0.09	3.33	97.47	0.14	0.86
	Limpieza del carburador.	27/04/2024	12	0.6	0.3	0.3							

MAYO	Revisión de conexiones eléctricas y tomas de corriente.	11/05/2024	8	0.4	0.2	0.2	10.50	0.25	0.10	4.00	97.67	0.14	0.86
	Prueba de carga máxima con equipos.	30/05/2024	13	0.6	0.3	0.3							
JUNIO	Revisión del alternador y terminales.	07/06/2024	5	0.5	0.2	0.3	7.45	0.20	0.13	5.00	97.39	0.14	0.86
	Medición de tensión de salida.	21/06/2024	10	0.5	0.2	0.3							
JULIO	Cambio de aceite.	05/07/2024	10	0.3	0.1	0.2	10.60	0.20	0.09	5.00	98.15	0.14	0.86
	Ajuste de tornillos y revisión de chasis.	23/07/2024	12	0.6	0.3	0.3							
AGOSTO	Verificación del regulador de voltaje.	09/08/2024	12	0.4	0.2	0.2	11.50	0.20	0.09	5.00	98.29	0.14	0.86
	Limpieza profunda de componentes externos.	26/08/2024	11	0.4	0.2	0.2							
SEPTIEMBRE	Prueba de funcionamiento continuo durante 30 minutos.	13/09/2024	14	0.6	0.2	0.4	11.50	0.20	0.09	5.00	98.29	0.14	0.86
	Comprobación de consumo con carga baja y alta.	27/09/2024	9	0.4	0.2	0.2							
OCTUBRE	Revisión del sistema de escape y ruido.	11/10/2024	10	0.5	0.2	0.3	10.55	0.45	0.09	2.22	95.91	0.14	0.86
	Lubricación de partes móviles.	29/10/2024	12	0.8	0.7	0.1							

NOVIEMBRE	Verificación del estado del motor a diferentes cargas.	08/11/2024	7	0.4	0.2	0.2	8.90	0.25	0.11	4.00	97.27	0.14	0.86
	Limpieza interna del tanque de combustible	25/11/2024	11	0.5	0.3	0.2							
DICIEMBRE	Revisión completa para cierre anual (eléctrica, mecánica y combustible).	10/12/2024	11	0.8	0.3	0.5	8.85	0.15	0.11	6.67	98.33	0.14	0.86
	Registro y etiquetado del mantenimiento realizado.	20/12/2024	7	0.2	0	0.2							
		TOTALES	237.40	11.80	5.50	6.30	118.70	2.75	1.24	56.89	1,172.87	1.62	10.38
		PROMEDIOS	9.89	0.49	0.23	0.26	9.89	0.23	0.10	4.74	97.74	0.14	0.86

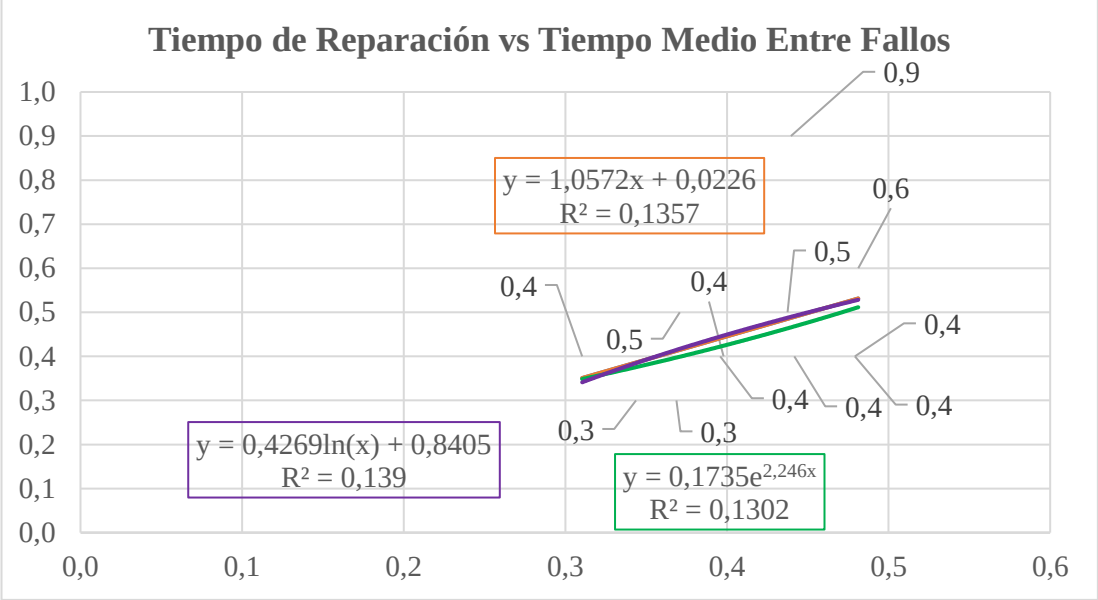


Fig. 18. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Generador a Gasolina y a Gas

En la Fig.18 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: positiva, es decir, a mayor MTBF, mayor tiempo de reparación. Mientras que el ajuste es: moderado, pero mejor que en los gráficos anteriores (aunque sigue siendo débil).

Logarítmica: Tendencia: también creciente. Curva más suave. Mientras que el ajuste es levemente inferior al modelo lineal.

Exponencial: R^2 Tiene una tendencia: creciente exponencial, más pronunciada. Es el mejor ajuste entre los tres en este conjunto.

TABLA XLIII

ESTADÍSTICO DE UNA ESMERILADORA ANGULAR

ESMERILADORA ANGULAR													
MARCA	Dewalt	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO													
CÓDIGO	CM-H-EA	4											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	**λ**	**μ**	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					29.55	0.4	0.0338	2.5	98.6644	0.14	0.86
	Limpieza de las superficies exteriores.	10/01/2024	20	0.9	0.6	0.3							
	Comprobación de las correas rotas.	24/01/2024	39	0.3	0.2	0.1							
FEBRERO	Revisión y limpieza del interruptor.	07/02/2024	40	0.3	0.2	0.1	39.70	0.33	0.03	3.08	99.19	0.14	0.86
	Lubricación de las abrazaderas.	21/02/2024	40	0.65	0.45	0.2							
MARZO	Lubricación y limpieza de los engranes.	14/03/2024	63	0.3	0.2	0.1	51.53	0.20	0.02	5.00	99.61	0.14	0.86
	Sustitución de las escobillas deterioradas.	28/03/2024	40	0.3	0.2	0.1							
ABRIL	Limpieza del sistema de aireación.	04/04/2024	20	0.3	0.2	0.1	29.70	0.30	0.03	3.33	99.00	0.14	0.86
	Ajuste de la aspiradora.	18/04/2024	40	0.6	0.4	0.2							

MAYO	Revisión de los cables y la bobina.	02/05/2024	39	0.3	0.2	0.1	39.55	0.25	0.03	4.00	99.37	0.14	0.86
	Revisión del sistema para la recolección de polvo.	16/05/2024	40	0.4	0.3	0.1							
JUNIO	Operación de limpieza del sistema de recogida	06/06/2024	60	0.51	0.35	0.16	49.55	0.43	0.02	2.35	99.15	0.14	0.86
	Comprobación del sistema de refrigeración.	20/06/2024	39	0.8	0.5	0.3							
JULIO	Comprobar el alineamiento del eje.	04/07/2024	39	1	0.8	0.2	39.10	0.45	0.03	2.22	98.86	0.14	0.86
	Revisión de los conductos de ventilación.	18/07/2024	39	0.2	0.1	0.1							
AGOSTO	Limpieza de los conductos de ventilación.	07/08/2024	56	0.7	0.5	0.2	39.55	0.35	0.03	2.86	99.12	0.14	0.86
	Modificar el manillar de la aspiradora.	15/08/2024	23	0.3	0.2	0.1							
SEPTIEMBRE	Comprobar el cable de energía.	05/09/2024	60	0.3	0.2	0.1	59.70	0.30	0.02	3.33	99.50	0.14	0.86
	Alterar el cable de energía.	26/09/2024	60	0.6	0.4	0.2							
OCTUBRE	Revisión y sustitución de resortes deteriorados.	10/10/2024	39	1.3	1	0.3	39.05	0.85	0.03	1.18	97.87	0.14	0.86
	Verificado de la estabilidad y el balance de la máquina.	24/10/2024	39	0.8	0.7	0.1							

NOVIEMBRE	Revisión de elementos eléctricos deteriorados.	07/11/2024	39	0.3	0.2	0.1	39.45	0.40	0.03	2.50	99.00	0.14	0.86
	Cambio de los elementos deteriorados.	21/11/2024	40	0.7	0.6	0.1							
DICIEMBRE	Comprobación del sistema de defensa frente a la sobrecarga.	12/12/2024	59	0.3	0.2	0.1	49.50	0.30	0.02	3.33	99.40	0.14	0.86
	Limpieza del sistema de defensa contra la sobrecarga.	26/12/2024	40	0.6	0.4	0.2							
		TOTALES	1,011.84	12.76	9.10	3.66	505.92	4.55	0.30	35.69	1,188.74	1.62	10.38
		PROMEDIOS	42.16	0.53	0.38	0.15	42.16	0.38	0.02	2.97	99.06	0.14	0.86

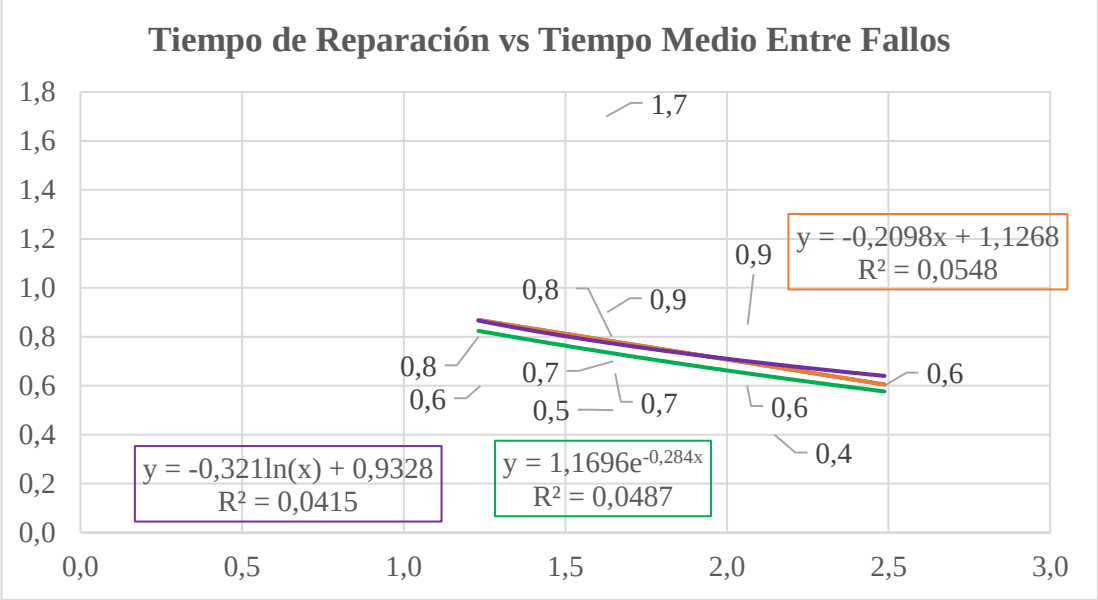


Fig. 19. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de una Esmeriladora Angular

En la Fig.19 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: positiva, es decir, a mayor MTBF, mayor tiempo de reparación. Mientras que el ajuste es: moderado, pero mejor que en los gráficos anteriores (aunque sigue siendo débil).

Logarítmica: Tendencia: también creciente. Curva más suave. Mientras que el ajuste es levemente inferior al modelo lineal.

Exponencial: R^2 Tiene una tendencia: creciente exponencial, más pronunciada. Es el mejor ajuste entre los tres en este conjunto.

TABLA XLIV

ESTADÍSTICO DE UN TALADRO PERCUTOR

Taladro Percutor													
MARCA	Makita	**Tiempo de operación diaria (horas)**											
MODELO	Percutor												
CÓDIGO	CM-H-TP	2											
MES	**ACTIVIDADES**	**FECHA**	**TO**	**TP**	**TR**	**TM**	**MTBF**	**MTTR**	λ	μ	**D (%)**	**R(t)**	**F(t)**
ENERO	Inicio de Actividades.	03/01/2024					11.55	0.4	0.0866	2.5	96.6527	0.14	0.86
	Comprobar visualmente el taladro.	10/01/2024	10	0.9	0.6	0.3							
	Cuidado de la carcasa exterior.	19/01/2024	13	0.3	0.2	0.1							
FEBRERO	Comprobar la empuñadura.	10/02/2024	30	0.3	0.2	0.1	23.70	0.33	0.04	3.08	98.65	0.14	0.86
	Ajuste y sincronización de la empuñadura.	24/02/2024	18	0.65	0.45	0.2							
MARZO	Espumado de los lugares de fricción.	17/03/2024	27	0.3	0.2	0.1	22.53	0.20	0.04	5.00	99.12	0.14	0.86
	Comprobación de la presión en la puerta para brocas.	31/03/2024	18	0.3	0.2	0.1							
ABRIL	Ajuste y limpieza de la portabrocas.	07/04/2024	8	0.3	0.2	0.1	12.70	0.30	0.08	3.33	97.69	0.14	0.86
	Modificación del ajuste de la portabrocas.	20/04/2024	18	0.6	0.4	0.2							
MAYO	La lubricación del mandril se realiza.	05/05/2024	17	0.3	0.2	0.1	17.55	0.25	0.06	4.00	98.60	0.14	0.86

	Revisión del sistema para la recolección de polvo.	19/05/2024	18	0.4	0.3	0.1							
JUNIO	Espumado del portabrocas.	09/06/2024	28	0.51	0.35	0.16	22.55	0.43	0.04	2.35	98.15	0.14	0.86
	Verificar la resistencia eléctrica.	23/06/2024	17	0.8	0.5	0.3							
JULIO	Comprobar el alineamiento del eje.	07/07/2024	17	1	0.8	0.2	17.10	0.45	0.06	2.22	97.44	0.14	0.86
	Revisión del interruptor de giro de inversión.	21/07/2024	17	0.2	0.1	0.1							
AGOSTO	Renovación del interruptor de inversión de giro.	10/08/2024	28	0.7	0.5	0.2	17.55	0.35	0.06	2.86	98.04	0.14	0.86
	Correspondencia de la empuñadura.	18/08/2024	7	0.3	0.2	0.1							
SEPTIEMBRE	Comprobación del grado de ruido durante la operación.	08/09/2024	28	0.3	0.2	0.1	27.70	0.30	0.04	3.33	98.93	0.14	0.86
	Examinación del motor.	29/09/2024	28	0.6	0.4	0.2							
OCTUBRE	Comprobar la orientación y rapidez de la rotación.	12/10/2024	17	1.3	1	0.3	17.05	0.85	0.06	1.18	95.25	0.14	0.86
	Revisión y modificación del resorte del gatillo.	27/10/2024	17	0.8	0.7	0.1							
NOVIEMBRE	Revisión de elementos eléctricos deteriorados.	10/11/2024	17	0.3	0.2	0.1	17.45	0.40	0.06	2.50	97.76	0.14	0.86

	Revisión de las conexiones eléctricas.	24/11/2024	18	0.7	0.6	0.1							
DICIEMBRE	Limpieza de los cables eléctricos.	13/12/2024	27	0.3	0.2	0.1	23.50	0.30	0.04	3.33	98.74	0.14	0.86
	Limpieza del sistema de defensa contra la sobrecarga.	29/12/2024	20	0.6	0.4	0.2							
		TOTALES	461.84	12.76	9.10	3.66	230.92	4.55	0.66	35.69	1,175.02	1.62	10.38
		PROMEDIOS	19.24	0.53	0.38	0.15	19.24	0.38	0.06	2.97	97.92	0.14	0.86

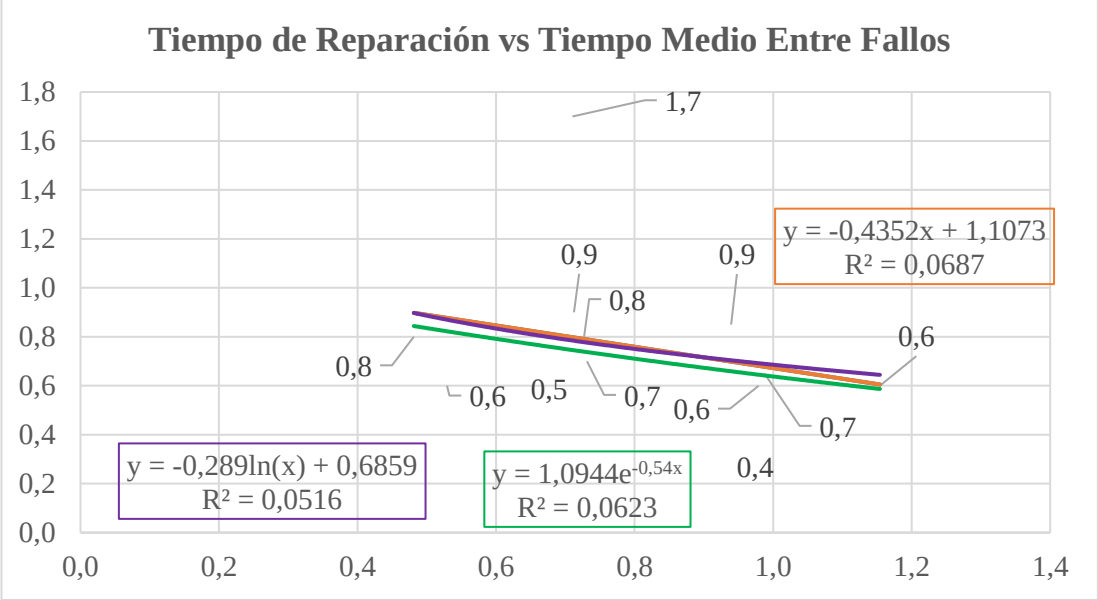


Fig. 20. Diagrama de Reparación vs Tiempo Medio Entre Fallos de un Taladro Percutor

En la Fig. 20 está el diagrama TR vs MTBF se analiza la relación entre el tiempo que toma reparar una falla y el tiempo promedio entre fallas.

Lineal: R^2: Tendencia: positiva, es decir, a mayor MTBF, mayor tiempo de reparación. Mientras que el ajuste es: moderado, pero mejor que en los gráficos anteriores (aunque sigue siendo débil).

Logarítmica: Tendencia: también creciente. Curva más suave. Mientras que el ajuste es levemente inferior al modelo lineal.

Exponencial: R^2 Tiene una tendencia: creciente exponencial, más pronunciada. Es el mejor ajuste entre los tres en este conjunto.

3.5.4. Análisis de fallos y modos de fallo (AMFE) de los Equipos y Herramientas

En el transcurso de la realización de este estudio detallado para la instalación de producción MIRAL, se toma como punto de partida el enfoque establecido en la Norma Técnica de Prevención NTP 69. Según esta normativa, se considera que los índices de IPR por debajo de 100 no demandan acciones inmediatas, a menos que la ejecución de mejoras sea factible y genere ventajas tangibles en la eficiencia del procedimiento, la calidad del producto o el entorno laboral. No obstante, es importante tener en cuenta que, al considerar la implementación de una matriz detallada de evaluación de riesgos con criterios específicos y ponderados, se determina que los índices de prioridad de riesgo (IPR) que se considerarán críticos son aquellos que excedan el valor promedio del IPR calculado para cada equipo individualmente evaluado. Estos importantes valores serán resaltados de manera destacada mediante un llamativo fondo de color rojo en el interior de la matriz, lo cual permitirá una identificación rápida y una priorización efectiva. El exhaustivo análisis detallado de los diferentes modos de fallo y sus posibles efectos (AMFE) aplicados específicamente a la maquinaria utilizada en la operación de la planta se encuentra detallado en las tablas que van desde la número 50 hasta la 56. Esta información es fundamental para poder identificar de manera precisa las medidas correctivas y preventivas que deben ser implementadas dentro del marco del plan de mantenimiento propuesto.

TABLA XLV

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DEL COMPRESOR INDUSTRIAL

Compresor Industrial			
MARCA	CompAir	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-CI	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Estructura	Proporcionar soporte y estabilidad al compresor	Corrosión	Deformación	Desalineación de componentes	Vibraciones excesivas	3	4	2	24	Aplicar tratamientos anticorrosivos
			Fatiga mecánica	Grietas o fracturas	Perdida de integridad estructural	Parada no planificada	4	3	2	24	Establecer un plan de reemplazo periódico de componentes
			Impacto externos	Perdida de estabilidad	Movimiento anormales	Daños en componentes internos	3	4	3	36	Proteger la estructura con barreras físicas
2	Electromotor	Convertir energía eléctrica en energía mecánica para accionar el compresor	Sobrecalentamiento	Quemado de bobinas	Parada inmediata	Reemplazo costoso del electromotor	4	7	6	168	Asegurar que el motor opere dentro de los límites de carga especifico.
			Fallos en el suministro eléctrico	Daño en el circuito eléctrico	Daño componentes eléctrico	Perdida de producción	3	7	3	63	Establecer un protocolo de respuesta rápida para fallos eléctricos.
			Contaminación por polvo y humedad	Bloqueo del motor	Reducción de la eficiencia	Reparación costosa	3	4	4	48	Realizar inspección visuales periódicas
3	Depósito de aceite	Almacenar y suministrar aceite para	Contaminación por agua o partículas	Bloqueo de cañerías	Reducción de lubricación	Desgaste acelerado de componentes	2	7	6	84	Realizar análisis periódicos del aceite

		lubricar y refrigerar el sistema	Fugas por grietas	Perdidas de aceite	Nivel de aceite insuficiente	Falta de lubricación	5	7	3	105	Realizar inspección mensual para detectar fugas
			Exceso de temperatura	Degradación de aceite	Pérdida de propiedades lubricantes	Parada del compresor	3	5	6	90	Utilizar aceites con alta resistencia térmica
4	Filtro de aceite	Retener impurezas y partículas en el aceite	Saturación por exceso de contaminantes	Bloqueo del filtro	Reducción de flujo de aceite	Falta de lubricación	4	5	5	100	Remplazo periódico del filtro
			Uso de filtros no adecuados	Filtración insuficiente	Contaminación del sistema	Desgaste de componentes	3	4	3	36	Utilizar filtros recomendados por el fabricante
			Bloqueo por baja temperatura	Reducción del flujo de aceite	Falta de lubricación en el sistema	Parada del compresor	2	4	3	24	Establecer un protocolo de arranque en frio
5	Cañería de aceite	Transportar el aceite entre los componentes del sistema	Obstrucción por contaminación	Reducción del flujo de aceite	Falta de lubricación	Desgaste de componentes	4	4	3	48	Utilizar los aceites de alta calidad
			Fugas por corrosión	Degradación de aceite	Nivel de aceite insuficiente	Sobrecalentamiento	3	5	2	30	Capacitar al personal en la identificación
			Conexiones flojas	Fugas de aceite	Perdida de aceite	Falta de lubricación	4	7	4	112	Utilizar juntas y sellos de alta calidad
6	Regulador de presión	Regular y mantener la presión del aire comprimido	Desgaste del diafragma	Fuga de aire en el regulador	Disminución de presión	Equipos neumáticos pueden no operar correctamente	3	3	3	27	Reemplazo periódico del diafragma
			Bloqueo en el orificio de entrada	Regulador no ajusta la presión correctamente	Variaciones de presión en la línea	Equipos sensibles pueden dañarse o fallar	2	3	4	24	Realizar limpieza periódica

			Resortes internos debilitados	No mantiene la presión constante	Inestabilidad en la operación neumática	Reducción de la eficiencia del sistema	3	4	6	72	Verificar y cambiar resortes en mantenimientos
7	Radiador de aceite	Disipar el aceite lubricante para mantener una temperatura óptima	Obstrucción por acumulación de residuos	Disminución del flujo de aire	Reducción de la disipación de calor	Sobrecalentamiento del compresor	3	4	3	36	Limpieza periódica del radiador
			Fugas en la uniones o tuberías	Pérdida del aceite	Disminución del nivel de aceite	Riesgo de daño en componentes móviles	3	8	4	96	Inspección visual periódica
			Corrosión interna	Perforación y fuga de aceite	Reducción en la capacidad de enfriamiento	Sobrecalentamiento	3	6	4	72	Usar aceite con aditivos anticorrosivos
8	Ventilador	Garantizar la circulación de aire para disipar el calor	Desgaste en las aspas	Reducción del flujo de aire	Menor capacidad de enfriamiento	Aumento de temperatura en el compresor	2	4	3	24	Inspección visual periódica
			Falla en el motor del ventilador	Ventilador no gira	Pérdida total del enfriamiento	Sobrecalentamiento del compresor	2	6	3	36	Mantenimiento preventivo con lubricación adecuada
			Obstrucción por acumulación de residuos	Disminución de la eficiencia del ventilador	Flujo de aire insuficiente	Menor disipación térmica	2	4	4	32	Limpieza periódica del ventilador
9	Válvula de Admisión	Permitir la entrada controlada del aire al compresor en el momento adecuado	Acumulación de suciedad	Obstrucción parcial de la válvula	Disminución del flujo de aire al compresor	Reducción del rendimiento	2	5	6	60	Instalar filtros de aire de alta eficiencia
			Desgaste en el resorte de retorno	Válvula no cierra correctamente	Pérdida de eficiencia	Mayor consumo de energía	2	6	7	84	Revisar y reemplazar los resortes
			Fisura en el asiento de la válvula	Pérdida de estanqueidad	Ingreso de aire descontrolado	Funcionamiento ineficiente	3	5	5	75	Inspección detallada del asiento de válvula
10	Sistema anti vibratorio	Reducir y absorber las vibraciones	Desgaste de los soportes de goma	Reducción en la absorción	Aumento de vibraciones	Posibles daños en tuberías y conexiones	2	7	5	70	Reemplazar los soportes de goma

		generadas por el compresor	Desajuste de los elementos de fijación	Movimiento excesivo del compresor	Transmisión de vibraciones a la base	Pérdida de eficiencia	3	4	5	60	Revisar y ajustar tornillos
			Fatiga mecánica en los soportes metálicos	Deformación o fractura de los soportes	Pérdida total del aislamiento	Afectación a la estructura	1	6	2	12	Inspeccionar visualmente y realizar análisis de fatiga
11	Panel de control eléctrico	Supervisar y controlar el funcionamiento del compresor	Falla en la alimentación eléctrica	Pérdida total de funcionalidad del panel	No se pueden monitorear parámetros del compresor	Posible sobrecarga en el compresor	3	6	2	36	Verificar conexiones eléctricas y aseguradas
			Fallo en la pantalla o interfaz de usuario	Imposibilidad de visualizar datos en tiempo real	Dificultad para supervisar el funcionamiento	Posible operación fuera de parámetros seguros	2	8	3	48	Realizar pruebas de funcionalidad de la pantalla
			Error en el software de control o fallos en sensores	Lecturas incorrectas o erráticas de parámetros	Información incorrecta sobre el estado del compresor	Posible toma de decisiones erróneas y fallos de operación	2	6	5	60	Mantener actualizado el software y verificar su correcto funcionamiento
12	Separador agua/aceite	Separar el agua del aceite en el sistema de lubricación y condensación del compresor	Saturación del elemento filtrante	Reducción en la eficiencia de separación	Aumento de agua en el aceite lubricante	Desgaste prematuro de componentes internos	3	8	2	48	Sustituir el separador en intervalos recomendados
			Fisura o daño en el separador	Fugas de aire, agua y aceite	Perdida de lubricación	Sobrecalentamiento y fallos en el compresor	4	6	3	72	Inspección visual en el separador
			Mala instalación o acople defectuoso	Ineficiencia en la separación	Mezcla inadecuada de agua y aceite	Reducción del rendimiento	2	5	4	40	Verificar la correcta instalación

TABLA XLVI

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE LA CORTADORA DE METAL

Cortadora de Metal			
MARCA		**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO		**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Cuchillas de corte	Efectuar el corte de componentes metálicos	Desgaste excesivo	Corte no preciso	Fallos en las piezas cortadas	Rechazo del producto	4	7	3	84	Afilado o modificación regular de las cuchillas
			Alineación incorrecta	Vibraciones durante el corte	Pérdida de control de corte	Daños al trabajador o al equipo	4	8	4	128	Comprobar la alineación previo al uso.
			Aplicación incorrecta del material	Desplazamiento o astillado	Parada del procedimiento	Interrupción de la producción	2	5	6	60	Formación del operador en materiales.
2	Mesa de trabajo	Sostener y orientar la pieza durante el corte	Golpes o exceso de peso	Deformación	Pérdida de exactitud en el corte	Reproceso	3	6	4	72	Regulación de la carga máxima permitida
			Ausencia de fijación	Deslizamiento del componente	Corte irregular	Riesgo de accidente	4	7	3	84	Revisión cotidiana de las fijaciones
			Corrosión	Desgaste superficial	Variación en el respaldo	Deterioro gradual	4	6	4	96	Implementar tratamiento anticorrosivo
3	Tope posterior	Restringir y repetir	Aflojamiento de tornillos	Mal posicionamiento	Medidas equivocadas	Material desperdiciado	3	6	3	54	Modificación y revisión semanal de tornillos

		posiciones de corte	Suciedad acumulada	Movimiento bloqueado	Pérdida de referencia	Errores de medidas	2	5	4	40	Limpieza constante
			Golpes causados por uso incorrecto	Desplome del componente	Incapacidad de fijación	Paro de la máquina	2	7	5	70	Señalizar áreas vulnerables.
4	Palanca de accionamiento	Activar el sistema de corte	Desgaste del eje	Juego o desajuste	Activación irregular del corte	Riesgo de accidente	3	8	3	72	Lubricación y ajuste mensual
			Mal uso del trabajador	Palanca trabada	Interrupción del proceso,	Daños al sistema de corte	3	6	6	108	Formación operativa
			Golpes externos	Fractura	Incapacidad para actuar en el corte	Inoperatividad del equipo	2	7	5	70	Salvaguardar la palanca en el área laboral.
5	Estructura o Bastidor	Sostener todos los elementos	Vibración constante	Fisuras o grietas	Desajuste del equipo	Problemas del mecanismo	3	9	4	108	Revisión estructural trimestral
			Trabajo excesivo de la carga	Deformación parcial	Inestabilidad en el corte	Daño gradual	2	7	4	56	Establecer límites de carga mediante señalética
			Corrosión del medio ambiente	Oxidación de soldaduras	Deterioro estructural	Peligro de colapso	3	8	5	120	Aplicación de pintura anticorrosiva y seguimiento

TABLA XLVII

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA DOBLADORA MANUAL

Dobladora Manual			
MARCA		**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-DM	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Mordaza Superior	Es útil para sujetar con firmeza la chapa durante el doblado	Desgaste causado por el uso constante	Desgaste causado por el uso constante	Doblado incorrecto o desigual	Chapas mal diseñadas, pérdida de material	6	5	4	120	Revisión regular, sustitución en caso de deterioro visible
			Golpes mecánicas	Deformación estructural	Incorrecta sujeción	Riesgo de accidentes y componentes defectuosos	5	4	5	100	Ajustes y calibraciones habituales
			Ausencia de mantenimiento	Corrosión o suciedad	Movimiento restringido o bloqueado	Baja productividad	4	3	3	36	Frecuentes lubricaciones y limpiezas.
2	Mordaza Inferior	Ofrece respaldo a la chapa durante el doblado	Desalineación	Doblado irregular	La chapa no se pliega en el ángulo requerido	Eliminación del producto	6	5	4	120	Alineación previa a cada operación
			Corrosión	Desgaste superficial	Disminución del contacto con la placa	Inestabilidad en la flexión	5	3	3	45	Mantenimiento preventivo, limpieza
			Fijación inadecuada	Movimiento imprevisto	Riesgo de accidentes	Daño al trabajador o al componente	7	6	4	168	Optimizar el sistema de fijación.
3	Palanca de accionamiento	Aplicar fuerza para	Aplicación excesiva de fuerza	Juego en la palanca	Disminución de la fuerza empleada	Doblado parcial o incorrecto	5	4	3	60	Revisión de holguras, sustitución de pernos

		llevar a cabo el doblado	Ausencia de lubricación	Dificultades de movimiento	Excedente esfuerzo físico	Lesiones por sobrecarga	6	4	6	144	Lubricación constante del mecanismo
			Fisura en la unión	Desplome de la palanca	Máquina desactivada	Interrupción del funcionamiento	8	7	4	224	Revisión estructural regular
4	Estructura base o bastidor	Mantener el conjunto y conservar la alineación estructural	Corrosión ambiental	Debilitamiento estructural	Inestabilidad de la máquina	Riesgo de desplome	7	6	4	168	Aplicar pintura anticorrosiva y protección en entornos secos
			Sobrecarga de peso	Deformación o fractura	Incapacidad para utilizar la máquina	Daño grave, paro total	9	7	5	315	Formación en carga máxima y uso correcto
			Vibraciones	Fisuras en los cordones de soldadura	Compromiso en la alineación	Riesgo operativo	6	5	3	90	Análisis periódico de los puntos de soldadura
5	Soporte de chapa	Mantener la chapa en su posición inicial al doblar	Desgaste superficial	Mala sujeción de la chapa	Movimiento durante el doblado	Resultado incierto	5	4	3	60	Revisión visual cotidiana y reemplazo cuando se requiera
			Fijación insuficiente	Vibración o movimiento	Ruido y deformidades	Accidentes menores	6	5	6	180	Modificación de tornillos y sistemas de fijación
			Material deficiente	Doblado inestable	Cambio en la calidad del producto final	Inconsistencias en la producción	5	4	4	80	Sustituir por materiales más duraderos (como el acero tratado)

TABLA XLVIII

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA NIBLADORA

NIBLADORA			
MARCA	ITALPLASTICOS	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-N	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Cabezal de punzonado	Abordar el mecanismo de impacto del punzón	Desalineación causada por vibración	Golpe fuera del eje	Corte incorrecto	Daño al punzón y piezas defectuosas	6	5	4	120	Verificar y calibrar la alineación de manera regular.
			Vibración desmedida	Fisura o fractura	Detención brusca	Interrupción del proceso productivo	5	6	4	120	Revisión diaria del estado estructural
			Ausencia de alineación	Desvío interno	Golpes desalineados	Desgaste anticipado del punzón y la matriz	7	5	5	175	Calibración regular y modificación de alineaciones
2	Matriz de corte	Recibir el impacto del punzón para finalizar el corte circular	Desgaste debido al uso	Corte insuficiente	Rebabas o bordes irregulares	Producto no alineado	7	6	4	168	Reemplazar la matriz cada cierto número de ciclos.
3	Punzón	Efectuar el corte en la lámina a través de presión	Fractura por exceso de esfuerzo	Desgarro total del equipo	Paro total del equipo	Daño severo y tiempo de inactividad	5	4	4	80	Mantener la fuerza aplicada y la calidad del material.
			Desgaste debido a uso extendido	Pérdida de filo	Corte inexacto del material	Rechazo del producto final	5	4	4	80	Modificación regular del punzón

			Golpes provocados por un material incorrectamente ubicado	Deformación	Vibraciones o sonidos anormales	Daños a otros elementos	5	5	2	50	Comprobación de la ubicación y fijación del material
4	Motor eléctrico	Ofrecer energía al sistema	Calentamiento desmedido	Quemado del bobinado	Máquina sin funcionamiento	Reparación costosa	6	5	4	120	Mantenimiento preventivo eléctrico y control de temperatura.
5	Estructura o bastidor	Soportar y alinear todos los elementos	Vibración estructural	Fisuras en las soldaduras	Desajuste general del sistema	Accidente	4	4	5	80	Revisión visual de soldaduras y refuerzos estructurales.
6	Mesa de trabajo	Mantener correctamente la lámina	Desgaste de las guías	Movimiento equivocado	Corte desviado o irregular	Retrabajo o desecho de material	5	3	4	60	Lubricar las guías, comprobar su planitud y sujeción.
7	Garganta (7 x 29”)	Facilitar el acceso y la profundidad de corte	Deformación mecánica	Disminución de la profundidad útil	Limitación del tipo de componente a cortar	Limitación en la operatividad	6	5	3	90	Comprobar las condiciones geométricas y efectuar calibraciones regulares.
			Golpes involuntarios	Fisura en el conducto	Atascamiento del material	Deterioro del acabado del producto	5	6	5	150	Instruir al operador en la colocación exacta del producto 5
8	Sistema de control	Coordinar la operación del motor y los actuadores	Error electrónico	Pérdida de señal o comando	Inoperatividad o fallos en el funcionamiento	Riesgo eléctrico y fallos de producción	5	4	4	80	Mantenimiento de tableros, limpieza y control de PLC/relés.
9	Sistema de refrigeración	Deshacerse del calor producido por el procedimiento	Obstrucción de ventilación	Sobrecalentamiento	Daño al motor	Paro obligado	5	6	5	150	Limpieza constante y revisión de los ventiladores o del refrigerante.

10	Protección de seguridad	Evitar accidentes del operador	Deshacerse del protector	Exposición al área de corte	Riesgo de accidentes	Lesiones severas	7	5	4	140	Formación y supervisión estricta del uso de protecciones
11	Disco de coste (Ø 60 – 150 mm)	Efectuar cortes circulares en láminas	Desgaste o mala fijación	Corte defectuoso	Variaciones en el diámetro	Piezas descartadas	5	4	5	100	Comprobar la condición del disco y el torque de sujeción previo a cada uso.
			Uso constante sin afilado	Desgaste del filo	Corte irregular	Retrabajos y baja productividad	6	5	4	120	Afilado regular y modificación programada
			Impactos con materiales resistentes	Astillamiento del borde	Vibración y ruido excesivo	Riesgo de desgarro total del disco	5	3	4	60	Emplear discos apropiados dependiendo del tipo de material

TABLA XLIX

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UN TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO

Torno Eléctrico y Mecánico											
MARCA		Harrison		**REVISADO POR:**		Ing. Mg. Christian Castro					
CÓDIGO		CM-E-TE		**REALIZADO POR:**		Villarreal Javier					
#	**Componente**	**Función**	**Causa de Falla**	**Modo de Fallo**	**Efecto**	**Consecuencia**	**Valoraciones**				**Recomendaciones**
							F	**G**	**D**	**MPR**	
1	Cabeza fijo	Mantener y ajustar el husillo para un mecanizado exacto	Impactos	Desalineación	Vibraciones	Disminución de exactitud	4	5	5	100	Alineación periódica del torno
			Lubricación inadecuada	Sobrecarga de calor	Ruido de metal	Pérdida de otros elementos	3	5	2	30	Aplicación de lubricante
			Acumulación de sucesos	Encendido de componentes	Disminución de alineación	Paradas de la máquina	4	6	6	144	Mantenimiento constante.
2	Husillo principal	Impartir el movimiento rotativo al componente	Sobrecarga	Fisura	Rotación inusual	Desplome del eje	5	6	4	120	Regulación de la carga
			Desgaste de las abrazaderas	Conexión axial	Fluctuaciones	Disminución de la calidad	5	5	5	125	Sustitución de los rodamientos
			Incorrecto montaje	Excentricidad	Disminución de la velocidad	Velocidad de producción	7	5	6	210	Ajuste técnico.
3	Plato de garras		Desgaste	Holgura	Pieza inclinada	Extravío del componente	6	10	3	180	Limpieza cotidiana

		Sujetar con firmeza la pieza laboral	Frecuencia	Fisuras	Disminución de la sujeción	Lesión al trabajador	4	5	9	180	Inspección de las garras
			Sujeción deficiente	Garras abiertas	Vibraciones	Degradación del torno	3	6	5	90	Sustitución de los elementos desgastados.
4	Contrapunto	Mantener el otro extremo de la pieza para prevenir deformación	Ajuste incorrecto	Movilidad libre	Inestabilidad	Disminución de la precisión	5	8	5	200	Frecuente engrasado
			Oxidación	Asosiego	Alteración	Riesgo de incidentes	4	8	6	192	Comprobación de concordancia
			Desvío	Centro incorrecto	Problemas en el corte	Frecuentes retrabajos	3	6	6	108	Modificación adecuada
5	Carro principal	Movilizar la herramienta a través de la bancada	Utilización de guías	Desvío de la línea de partida	Corte impreciso	Disminución de la producción	4	7	6	168	Modificar las guías
			Lubricación inadecuada	Cambio irregular	Duraciones de ciclo altas	Daño a utensilios de trabajo	5	4	6	120	Lubricar conforme al manual.
			Golpes mecánicos	Vibración	Deficiente acabado	Desgaste rápido	3	5	3	45	Formar operadores
6	Carro transversal	Movilización perpendicular de la herramienta	Desgaste de las guías	Movilidad obligada	Corte desigual	Productos no adecuados	3	5	6	90	Revisión regular
			Ausencia de cuidados de mantenimiento	Asosiego	Revestimiento superficial	Ampliación del tiempo de funcionamiento	3	4	5	60	Limpieza profunda tras cada jornada laboral

			Suciedad	Holgura	Disminución de la trayectoria	Daño gradual	3	4	6	72	Modificación técnica
7	Carro superior	Facilitar la realización de cortes en ángulo o ajustes precisos	Aflojamiento de los tornillos	Vibración	Corte incorrecto	Descontento con el trabajo realizado	4	8	6	192	Reapretar las fijaciones
			Alteración en los husillos	Reorientación	Impactos entre componentes	Gasto extra por trabajos repetitivos	5	4	5	100	Comprobar los ángulos previo al corte
			Mal utilización	Movimiento inesperado	Deficiente calidad del producto	Peligro para el trabajador	8	6	3	144	Formación
8	Bancada	Dirigir y sostener el carro transversal y principal	Desgaste	Inestabilidad	Vibraciones	Desequilibrio general del torno	5	9	4	180	Conservar una superficie limpia
			Crecimiento de viruta	Cambio drástico	Ruta imprecisa	Desgaste acelerado del sistema de comunicación	3	5	3	45	Aplicar resguardo anticorrosión
			Corrosión	Variaciones	Corte con fallas	Precisión reducida	4	3	4	48	Corrección
9	Caja Norton	Vigilar avances y roscas a través de engranajes	Extracción de engranajes	Ruido desmedido	Modificaciones inesperadas	Incapacidad para trabajar	6	10	2	120	Engrase cada 50 horas
			Lubricación inadecuada	Error en la transmisión	Problemas para roscar	Error en los acabados	4	5	6	120	Sustitución de engranajes desgastados.

			Uso no autorizado	Atascamiento	Disminución de progresos	Daño gradual				0	Uso correcto.
10	Sistema eléctrico	Impulsar, supervisar y resguardar el torno	Cableado deteriorado	Cortocircuito	Disminución de energía	Daño irreversible al motor	4	8	5	160	Control eléctrico mensual
			Excedente de carga	Avería del motor	Daño en elementos	Accidentes en el trabajo	5	4	4	80	Utilizar resguardos térmicos
			Errores en el enlace	Parada imprevista	Peligro de incendio	Suspensión extendida	4	5	6	120	Personal competente
11	Sistema de refrigeración	Preservar la temperatura correcta en el corte	Bomba defectuosa	Excedente de calor	Herramienta se deteriora	Interrupción del proceso	7	10	3	210	Evaluación del nivel de líquido
			Obstrucción del flujo sanguíneo	Sin sistema de enfriamiento	Disminución de la calidad	Acelerado desgaste	4	5	8	160	Desgaste de las mangueras
			Ausencia de líquido	Pérdida de líquido	Incremento de la fricción	Modificación del componente	5	4	3	60	Modificación de la bomba.
12	Guardas de seguridad	Salvaguardar al trabajador de componentes móviles	Desalojo deliberado	Exposición al peligro	Peligro de ser atrapado	Lesiones severas	5	4	5	100	Revisión diaria
			Lesión física	Movilidad libre	Inseguridad en las operaciones	Sanciones por falta de cumplimiento	4	5	4	80	Reemplazar el daño más reducido posible
			Desgaste de anclajes	Desgaste anclajes	Disminución de cobertura	Suspensión para auditoría	5	6	3	90	Formación en materia de seguridad

TABLA L

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UN ESMERIL DE BANCO

Esmeril de Banco			
MARCA	MAKITA	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-EB	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Motor eléctrico	Ofrecer capacidad de rotación a las piedras	Sobrecarga eléctrica, acumulación de polvo, ventilación inadecuada	Calentamiento excesivo, pérdida de potencia, cortocircuito	Parada del esmeril, ruidos atípicos, fallos esporádicos	Paro de producción, peligro de incendio, daño irreversible al motor	7	5	5	175	Mantenimiento regular, comprobación del sistema de ventilación, prevenir sobrecargas.
2	Piedras de esmeriles	Efectuar el desbaste o afilado de componente	Mal uso (presión desmedida), desgaste natural, materiales incorrectos	Desgaste irregular, rotura parcial, vibración excesiva	Baja exactitud, perjuicio a la pieza en estudio, vibración	Accidentes de trabajo, daño a otras partes del esmeril, pérdida de funcionalidad	4	3	4	48	Reemplazo oportuno, formación al operador, uso apropiado de acuerdo al material a manipular.
3	Eje del motor	Traspasar el giro de volteo del motor a las piedras	Ausencia de lubricación, desajuste de alineación, deterioro de los rodamientos	Ruido de metal, juego axial, obstrucción del eje.	Vibración, sobrecarga motora, disminución del desempeño.	Impacto en el motor, desplome de piedra, inestabilidad del dispositivo.	4	5	4	80	Lubricación constante, control de alineación, mantenimiento preventivo

4	Cubiertas protectoras de piedra	Salvaguardar al usuario contra impactos mecánicos.	Instalaciones incorrectas, corrosión	Fisuras, desprendimiento, deformación	Riesgo de proyección de fragmentos, pérdida de protección	Accidentes serios, sanciones por incumplimiento de seguridad	5	6	5	150	Sustitución inmediata ante averías, ajuste apropiado.
5	Interruptores de encendido/apagado	Controlar el encendido del esmeril	Falla eléctrica interna, acumulación de suciedad o polvo, conexiones sulfatadas	No enciende, chispeo, encendido imprevisto	Imposible de usar la herramienta	Peligro de descarga eléctrica	7	6	6	252	Revisión eléctrica regular, limpieza del contacto, uso de protector contra polvo.
6	Base del esmeril	Ofrecer estabilidad y soporte	Vibraciones constantes, corrosión, anclaje incorrecto	Aflojamiento de tornillos, inestabilidad, fisuras	Desnivel del equipo, movimiento durante su uso	Accidentes, deterioro irregular de componentes, caída del equipo	5	2	4	40	Fijación con pernos de seguridad, revisión de estabilidad, pintura anticorrosiva.
7	Carcasa del motor	Salvaguardar los elementos internos del motor.	Impactos externos, corrosión, manipulación inadecuada.	Fisuras, abolladuras, deformaciones.	Exposición de componentes internos, disminución de la pérdida de calor.	Daño interno eléctrico, infiltración de polvo/humedad, peligro de descarga eléctrica	3	4	5	60	Protección con cobertura externa, prevenir impactos, conservar en un entorno seco.

TABLA LI

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC

Cizalla / Guillotina CNC			
MARCA	DURMAZLAR	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-CG	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Unidad de corte (cuchillas)	Ejecuta el corte del material	Desgaste, desalineación, material no apropiado	Corte irregular o incompleto	Incapacidad para procesar piezas	Producción interrumpida	5	5	4	100	Afilado y ajuste regular de las cuchillas
2	Sistema hidráulico	Ofrece potencia para el movimiento de la cuchilla	Fugas, baja presión, contaminación del aceite	Corte débil, error de presión	Daño en el sistema de corte	Riesgo de paro total	5	4	5	100	Sustitución constante de aceite y revisión de sellos.
3	Motor principal	Impulsa el sistema hidráulico	Sobrecalentamiento, deterioro de los rodamientos	Ruidos, baja eficiencia	Falla total del funcionamiento	Interrupción total de las operaciones	3	3	6	54	Mantenimiento predictivo, comprobación de temperatura y ruido
4	Control CNC	Administra el traslado automático del equipo	Error electrónico, cableado incorrecto, software corrupto	Errores de lectura/comando	Cortes equivocados o fallos operativos	Desperdicio de materia	5	2	8	80	Inspección de conexiones.
5	Sensor de posición	Verifica la localización del material/cuchilla	Mal calibrado, sucio, deteriorado	Mal posicionamiento del corte	Corte incorrecto	Reclamos por exactitud	4	5	7	140	Limpieza constante y calibración
6	Sistema de sujeción	Durante el corte, el material se mantiene estable.	Falla neumática y deterioro mecánico.	Transporte del material	Cortes inexactos	Material desperdiciado	4	5	6	120	Revisión de gomas y presión neumática.

7	Panel de control eléctrico	Permite el funcionamiento manual o automático	Botones deteriorados, conexiones flojas, presencia de humedad	Errores en los comandos	No se pueden ejecutar adecuadamente	Riesgo de inactividad	3	4	5	60	Inspeccionar el cableado y los contactos, resguardarse de la humedad.
8	Sistema de seguridad (barrera)	Si se detecta una intrusión, interrumpe la operación.	Sensor desconectado, incorrectamente sincronizado	Falla en parada de emergencia	Accidente potencial	Lesión grave / Daño material	5	3	4	60	Comprobación cotidiana de los sensores de seguridad.
9	Chasis / Estructura	Soporta todos los elementos	Corrosión, fisuras, aflojamiento de pernos	Vibraciones, movimientos rotatorios	Cortes irregulares, avería estructural, fallo estructural	Costosa reparación.	2	5	4	40	Periódica revisión estructural y corrección de uniones

TABLA LII

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA SOLDADORA GMAW

Soldadora GMAW			
MARCA	MILLER	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-SG	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Fuente de alimentación	Garantizar un suministro eléctrico estable	Sobretensión, sobrecalentamiento, acumulación de polvo	Pérdida de voltaje, desconexión inmediata, daños en circuitos	Soldaduras irregulares, interrupciones, apagado del equipo	Reparaciones costosas, demoras, perjuicio a elementos vinculados, daños en componentes conectados	7	5	4	140	Comprobar voltaje, utilizar estabilizador, limpieza interna programada.
2	Módulo de control eléctrico	Ajustar los parámetros del proceso de soldadura	Fallas en la placa electrónica, humedad, conexiones flojas	Incorrecto ajuste de parámetros, fallos en la pantalla, inestabilidad del arco	Calidad insuficiente, cambios imprevistos, peligro de cortocircuito	año laboral, reinicio del equipo, riesgos eléctricos	6	4	5	120	Mantener las conexiones, prevenir entornos húmedos, mantenimiento preventivo de placas.
3	Sistema de alimentación de alambre	Dirigir el hilo hacia la antorcha.	Atasco, rodillos deteriorados, suciedad en el canal	Alambre interrumpido, velocidad inconsistente, retroceso del alambre	Salpicaduras excesivas, mala fusión, inestabilidad del arco	Retrabajos, incremento de costos, rechazo del trabajo	4	5	2	40	Limpieza constante, ajuste de los rodillos, revisión visual diaria.

4	Antorcha	Dirigir el cable y el gas hacia el lugar de soldadura.	Daño por calor, deterioro de la boquilla, conexiones sueltas	Corto circuito interno, chispas erráticos, pérdida de protección de gas	Soldadura incorrecta, arco inestable, incremento de riesgo para el trabajador	Accidentes, recalentamiento, sustitución de antorcha	5	6	5	150	Revisión tras cada uso, sustitución adecuada de boquillas y difusores.
5	Cable de masa a tierra	Completa el circuito eléctrico para la soldadura	Sulfatación, rotura interna, mala conexión con el metal base	Falla de continuidad, chispas, bajo amperaje	Arco inestable, baja penetración, peligro eléctrico	Daños al equipo, soldaduras débiles, incidentes eléctricos	4	2	5	40	Limpieza del terminal, comprobación de continuidad con un multímetro, asegurar la fijación correcta de la pieza.
6	Sistema de ventilación	Disminuye el calor producido en el dispositivo	Filtro bloqueado, ventilador deteriorado, acumulación de desechos	Sobrecalentamiento, disminución del flujo de aire, averías esporádicas	Protección térmica activada, desconexión del sistema, disminución de eficiencia	Paro no programado, perjuicios por calor, peligro de incendio	6	5	5	150	Limpieza semanal del ventilador, sustitución del filtro, control del flujo de aire.
7	Panel de control	Modificar parámetros y monitorear el procedimiento	Botones deteriorados, pantalla inactiva, fallos electrónicos	Parámetros inalterables, botones torcidos, errores de lectura	Confusión del operador, fallo en la soldadura, mal ajuste	Tiempo de parada, errores críticos, necesidad de sustitución	4	5	3	60	Uso apropiado, limpieza con aire seco, mantenimiento preventivo electrónico.
8	Carcasa metálica	Mantener los componentes internos protegidos	Contracciones, corrosión, humedad	Deformación, infiltración de contaminantes, deterioro de la estructura	Riesgo mecánico, exposición de componentes eléctricos, disminución de la durabilidad	Daño a los componentes internos, pérdida de garantía, peligro para el usuario	6	5	3	90	Conservar en un lugar seco, limpieza externa, prevenir impactos.
9	Conectores para gas de protección	Facilita la circulación del gas de protección hacia la antorcha	Desgarros, escape de gas, bloqueos	Pérdida de presión, entrada de aire, contaminación	Soldadura porosa, desequilibrio del arco, contaminación	Soldaduras incorrectas, uso excesivo de gas, posibles incendios	2	8	5	80	Inspeccionar frecuentemente las fugas, emplear sellos nuevos y limpiar las conexiones.

TABLA LIII

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA SOLDADORA DE PLASMA

Soldadora de Plasma			
MARCA	CEBORA	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-SP	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Fuente de alimentación	Ofrecer energía eléctrica al sistema	Sobretensión, sobrecalentamiento, elementos internos dañados	Desconexión inesperada, suministro inestable, pérdida de potencia	Arco inestable, interrupciones en el corte, perjuicios a otros componentes	Pérdidas de producción, reparación costosa, daño en el sistema de control	4	5	4	80	Comprobar la tensión de la red, efectuar mantenimiento regular, garantizar una buena ventilación
2	Unidad de control eléctrico	Administrar los parámetros y funciones del equipo	Placa electrónica defectuosa, conexiones flojas, humedad	Errores en la configuración, fallos en los controles, equipo no reacciona	Corte incorrecto, fallos en parámetros, posibles fallos del arco	Tiempo de parada, disminución de precisión, requerimiento de recalibración	6	7	5	210	Comprobar las conexiones, mantener en un entorno seco, revisión técnica regular.
3	Sistema de enfriamiento	Salvaguardar el calor producido durante el corte	Filtro sucio, ventilador dañado, ausencia de mantenimiento	Sobrecalentamiento, apagado por protección térmica, disminución del flujo	Corte interrumpido, averías eléctricas, disminución del rendimiento	Detención del proceso, deterioro permanente de componentes	5	4	4	80	Limpieza semanal del ventilador, control del flujo de aire, reemplazo del filtro con regularidad.
4	Antorcha	Dirigir el plasma hacia el material que se quiere recortar	Desgaste de la boquilla, acumulación de desechos, exceso de uso.	Chispa inconsistente, corte incoherente, error del arco.	Corte deficiente, inestabilidad, peligro de accidentes.	Desecho de materiales, requerimiento de trabajo adicional, incremento en el desgaste del equipo.	8	8	9	576	Cambiar los consumibles con regularidad, mantener una limpieza constante y realizar una revisión visual antes de cada utilización.
5	Cableado de conexión	Transmitir señales y energía entre elementos.	Aislamiento deteriorado,	Disminución de energía, chispa	Inestabilidad del arco, pérdida de	Perjudicación a la fuente, riesgos para	8	5	7	280	Revisión visual semanal, evaluaciones de continuidad,

			enchufes flojos, cortocircuito.	incorrecta, fallos esporádicos.	control, peligro eléctrico.	el operador, baja calidad de corte					sustitución frente a deterioro visible.
6	Sistema de encendido	Desarrollar el arco inicial para el corte	Electrodo dañado, humedad, averías en el circuito de alta frecuencia	No inicia el corte, chispas débiles, ignición incompleta	El equipo no corta, tiempo de espera, daños por intentos reiterados.	Baja productividad, deterioro prematura, necesidad de arreglo y reparación	4	3	2	24	Comprobar el estado del electrodo, limpieza del mecanismo, revisión del módulo HF.
7	Controles	Facilitar la modificación de parámetros por parte del usuario	Botones deteriorados, contacto incorrecto, humedad	Configuración inadecuada, controles ausentes, lectura incorrecta	Parámetros incorrectos, corte irregular, riesgo para el operador	Uso incorrecto del equipo, peligro para el usuario, requerimiento de reparación	5	4	4	80	Inspección constante, prevenir el contacto con líquidos, aplicación de protectores de panel.
8	Carcasa estructural	Salvaguardar los componentes internos y proporcionar apoyo	Golpes, corrosión, agotamiento del material	Deformación, filtraciones, exposición interna	Daños a los componentes internos, peligro de choque eléctrico, pérdida de protección	Daños irreversibles, paralización del equipo, pérdida de garantía	4	5	9	180	Ubicar en un lugar seguro, utilizar pintura anticorrosiva, prevenir impactos.
9	Conexión para aire comprimido	Brindar aire al sistema para la producción de plasma	Fugas, obstrucciones, presión deficiente	Pérdida de presión, flujo incorrecto, fallo del arco	Corte irregular, incapacidad para perforar material	Funcionamiento incorrecto, fallos constantes, incremento en el desgaste de consumibles	4	8	7	224	Revisión de presión, limpieza de las mangueras, garantizar la estanqueidad en los vínculos.

TABLA LIV

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UN GENERADOR

Generador a Gasolina y a Gas			
MARCA	MAVIJU	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-E-GG	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Motor de combustión interna	Desarrollar movimiento mecánico a partir de gasolina o gas	Filtro de aire bloqueado, bujía defectuosa, mezcla inadecuada de aire-combustible	No inicia, disminuye la potencia, opera de manera irregular.	No produce energía, sobrecalentamiento, ruido excesivo	Paro del sistema, incremento en el consumo de combustible, daño interno	4	5	3	60	Cambiar los filtros de forma regular, verificar las bujías, mantener la limpieza del sistema de admisión.
2	Alternador	Transformar energía mecánica en eléctrica	Bobinado quemado, escobillas deterioradas, acoplamiento incorrecto	No carga, voltaje bajo, generación intermitente	Equipos conectados no operan adecuadamente	Pérdidas operativas, reparación costosa, posible perjuicio a los equipos conectados	6	5	4	120	Comprobar el acoplamiento, evaluar la resistencia del bobinado, y cambiar las escobillas de manera oportuna.
3	Tanque de combustible	Almacenar gasolina o gas para la operación del motor	Fugas, suciedad, corrosión,	Obstrucción, presión reducida	El motor no inicia, peligro de incendio	Explosión, fallos constantes debido a la suciedad	5	5	3	75	Inspección regular, limpieza interna, aplicación de filtros, prevenir el sobrellenado
4	Sistema de alimentación dual	Permite el uso alterno de gasolina o gas	Regulador de gas dañado, válvula defectuosa, línea bloqueada	Falla en el cambio de combustible, baja presión, corte de suministro	Paro del motor, encendido incorrecto, consumo excesivo	Alta autonomía, frecuentes errores operativos, derroche de combustible, desperdicio de combustible.	4	2	5	40	Inspeccionar el estado del regulador, efectuar pruebas de cambio de combustible, limpieza de líneas.

5	Panel de control	Demostrar y controlar los parámetros de funcionamiento del generador	Daño por humedad, pulsadores deteriorados, fallos en la conexión	Lecturas equivocadas, botones no reaccionan, apagado involuntario	Descontrol del sistema, problemas para manejar el equipo	Mal uso, peligro de daño al motor, confusión del operador	6	5	2	60	Resguardar con tapa sellada, limpieza semanal, comprobación de conexiones internas.
6	Sistema de arranque	Facilitar el arranque del generador	Batería baja, motor de arranque dañado, cables sulfatados	No inicia, chispas tenues, demora en el encendido	Generador no opera, pérdida de tiempo	Disponibilidad reducida, requerimiento de arranque manual, demoras en el funcionamiento	4	8	5	160	Verificar la batería, limpiar los contactos, cuidado del motor de arranque.
7	Estructura metálica	Protección y soporte de los componente	Golpes, corrosión, soldaduras torcidas	Deformación, vibración desmedida, exposición de componentes	Riesgo de deterioro mecánico, menor durabilidad	Inseguridad en el uso, deterioro progresivo, mantenimiento correctivo constante	5	7	6	210	Pintura anticorrosiva, evitar la exposición al exterior sin protección, reforzamientos en zonas críticas
8	Sistema de refrigeración	Preservar la temperatura operativa del motor	Bajo nivel de refrigerante, ventilador dañado, radiador obstruido	Sobrecalentamiento, apagado por protección térmica, flujo insuficiente	Detención de la maquinaria	Desgaste irreversible al motor, aumento del consumo de lubricante	4	3	2	24	Comprobar el nivel de refrigerante, limpiar el radiador, realizar pruebas del ventilador
9	Silenciador	Disminuir el ruido producido por la combustión del motor:	Obstrucción por carbonilla, rotura por vibración, corrosión	Ruidos excesivos, pérdida de contrapresión, escape de gases	Incómodo para el ambiente, deterioro en el desempeño	Riesgo de penalizaciones medioambientales, inconvenientes auditivos, quemaduras debido a la liberación de gases	4	7	6	168	Limpieza interna, revisión del montaje, sustitución en caso de perforaciones.

TABLA LV

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA ESMERILADORA ANGULAR

Esmeriladora Angular			
MARCA	Dewalt	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-H-EA	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Motor eléctrico	Producir movimiento	Bobinado quemado, sobrecalentamiento, suciedad interna	No se enciende, se detiene, pierde potencia	No rota el eje, no se puede utilizar la herramienta	Paro total del equipo, peligro de cortocircuito	5	4	3	60	Limpiar de manera constante, usar con interrupciones, prevenir una sobrecarga eléctrica.
2	Caja de engranes	Impulsar la fuerza del motor hacia el eje	Ausencia de lubricación, deterioro de los dientes, entrada de polvo	Ruido anormal, disminución de potencia, atasco	Rotación irregular del disco, vibración excesiva	Daño grave al motor o husillo, potencial rotura total	4	6	5	120	Lubricación regular, aplicación de grasa apropiada, limpieza del sistema.
3	Eje o husillo	Sostener el disco y transmitir el movimiento	Desajuste, deterioro, roscas deterioradas	Holgura, vibración, inestabilidad en el montaje	Inestabilidad del disco, peligro de desprendimiento	Daños al trabajador, ruptura del disco, vibración excesiva	4	5	4	80	Revisión del juego axial, reemplazo por desgaste, garantizar el apriete del disco
4	Disco abrasivo	Efectuar el corte o desbaste	Desgaste natural, fisuras, montaje incorrecto	Desplome, disminución de la capacidad de corte, desequilibrio	Mal finalización del trabajo, riesgo de accidentes	Lesiones severas, pérdida del trabajo, interrupción inmediata del uso	5	7	5	175	Uso apropiado del material, comprobación visual previo al uso, almacenamiento adecuado.
5	Carcasa de protección	Salvaguardar al usuario de fragmentos del disco	Fijación floja, rotura por impactos, deterioro por fricción	Vibración, pérdida de piezas, ausencia de cobertura	Exposición directa al disco durante la rotación	Accidente serio, violación de las normas de seguridad	5	2	4	40	Revisión visual regular, ajuste adecuado, sustitución ante fisuras.

6	Sistema de ventilación	Refrigerar el motor	Obstrucción por polvo, ventilador deteriorado, diseño ineficaz	Sobrecalentamiento, apagado intempestivo	Disminución de la vida útil del motor, mal funcionamiento	Daño al bobinado, parada imprevista del equipo	4	9	6	216	Soplado con aire comprimido, mantener limpio, utilizar en entornos con escaso polvo.
7	Cuerpo	Asistencia global de la herramienta	Golpes, fisuras causadas por caídas, deterioro del material	Fisuras, inadecuada sujeción, inseguridad en el ajuste	Inestabilidad durante el uso, vibraciones	Accidente, peligro de descarga eléctrica, mal manejo de la herramienta	4	2	4	32	Manejo meticuloso, revisiones semanales, reparación a tiempo.
8	Cable de alimentación	Brindar electricidad al motor	Doblado excesivo, cortes, enchufe dañado	Cortocircuito, intermitencia, ausencia de encendido	Equipo sin funcionamiento, peligro de descarga eléctrica	Incendio, choque eléctrico, daño al equipo	4	5	6	120	Revisión antes de cada uso, prevenir dobleces, sustitución inmediata si se presentan daños

TABLA LVI

ANÁLISIS DE FALLOS Y MODOS DE FALLO (AMFE) DE UNA TALADRO PERCUSOR

Taladro Percutor			
MARCA	Makita	**REVISADO POR:**	Ing. Mg. Christian Castro
CÓDIGO	CM-H-TP	**REALIZADO POR:**	Villarreal Javier

#	Componente	Función	Causa de Falla	Modo de Fallo	Efecto	Consecuencia	Valoraciones				Recomendación
							F	G	D	MPR	
1	Motor eléctrico	Brindar energía mecánica para la rotación	Sobrecalentamiento, polvo, deterioro de las escobillas	No inicia, escasa potencia	Pérdida de funcionamiento	Interrupción del trabajo	3	5	6	90	Inspeccionar las escobillas y realizar una limpieza regular.
2	Caja de engranajes	Transmitir y disminuir la velocidad del motor	Ausencia de lubricación, sobrecarga, deterioro.	Ruidos, pérdida de torque	Disminución de eficiencia	Daño progresivo a los engranajes	3	4	3	36	Lubricar con regularidad, prevenir la sobrecarga.
3	Mecanismo percutor	Crear impacto en el proceso de perforación	Polvo interno, deterioro mecánico, mala lubricación	Pérdida del percutor	Dificultades para taladrar	Baja productividad	3	5	5	75	Lubricación regular y prevenir polvo excesivo.
4	Mandril	Sujetar el elemento de la broca	Desgaste, corrosión, uso de brocas incorrectas	No sujeta la broca, vibraciones	Inseguridad al operar	Posible perjuicio al usuario	2	4	5	40	Cambiar el mandril deteriorado, utilizar brocas apropiadas.
5	Interruptor de encendido / apagado	Encender o apagar el equipo	Contactos sucios	No reacciona, funcionamiento irregular	Errores de encendido	Paradas imprevistas	5	5	4	100	Verificar y sustituir el interruptor si presenta fallos.
6	Empuñadura	Ofrecer ergonomía y protección al usuario	Golpes, deterioro, tornillos flojos	Malestar al sostener	Operación incómoda	Riesgo de agotamiento o desplome del equipo	5	6	4	120	Garantizar la fijación, verificar la condición física del mango.
7	Sistema de ventilación	Ventilar el motor para prevenir el sobrecalentamiento	Obstrucción por polvo, suciedad	Sobrecalentamiento gradual	Disminución de temperatura	Problemas en el motor	4	3	2	24	Limpieza constante de las rejillas y ventilaciones.

8	Carcasa exterior	Salvaguardar los elementos internos	Golpes, fisuras, materiales frágiles	Fisuras, deformaciones	Exposición de componentes internos	Riesgo mecánico y eléctrico	2	4	3	24	Revisión visual regular y sustitución en caso de perjuicio.
9	Cable de alimentación	Dirigir energía eléctrica hacia el taladro	Frecuentemente doblado, cortes, deterioro.	Corto circuito, sin suministro de energía.	Deterioro completo del equipo.	Peligro de electrocución	5	5	4	100	Aplicación meticulosa, sustitución de cables con cubierta deteriorada.

3.5.5. Análisis de criticidad de los Equipos y Herramientas

Para la elaboración y desarrollo de la matriz de criticidad en la instalación industrial de producción MIRAL, se ha tomado en cuenta como fundamento principal el principio de Pareto, el cual fue detalladamente explicado con el propósito de categorizar los elementos constitutivos de las maquinarias en críticos, semi-críticos y no críticos. De esta forma, el valor promedio de criticidad de cada máquina se estableció como punto de partida, aplicando un margen de variación del 20% para determinar las categorías correspondientes de manera precisa y detallada. Este enfoque estratégico y sistemático permite identificar y seleccionar con precisión los equipos y componentes que demandan una mayor dedicación y cuidado en el marco del plan integral de mantenimiento correctivo y preventivo diseñado y ejecutado.

TABLA LVII

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL COMPRESOR INDUSTRIAL

Compresor Industrial			**Creado por:**							
			Villarreal Javier							
MARCA	CompAir				**Fecha:**					
MODELO	L30									
CÓDIGO	CM-E-CI				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Motor eléctrico	Crear la energía mecánica necesaria para el compresor.	2	4	2	2	1	11	22	Crítico
2	Filtro de aire	Deshacerse de las impurezas del aire entrante.	3	3	2	1	1	8	24	Crítico
3	Válvula de presión	Controlar la presión de expulsión del aire a presión.	3	3	2	1	0	7	21	Crítico
4	Enfriador de aire	Reducir la temperatura del aire que se comprime.	2	2	1	2	1	5	10	Semi Crítico
5	Panel de control	Controlar y establecer los parámetros de funcionamiento del compresor.	2	2	1	1	0	3	6	No Crítico
								Promedio	16.6	
								Mitad del Promedio	8.3	

TABLA LVIII

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA CORTADORA DE METAL

Cortadora de metal			**Creado por:**							
MARCA			Villarreal Javier							
MODELO					**Fecha:**					
CÓDIGO	CM-E-CM				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Cuchillas de corte	Llevar a cabo el corte exacto y meticuloso de los diversos materiales, tales como las chapas, los metales y otros elementos similares.	3	4	1	1	1	6	18	Crítico
2	Palanca de accionamiento	Permite al usuario aplicar una fuerza manual significativa para realizar el corte de manera eficiente y precisa.	2	2	1	2	0	4	8	No Crítico
3	Tope de ajuste	Facilita la capacidad de ubicar el material de manera exacta y precisa para llevar a cabo cortes con una gran precisión y exactitud.	3	2	2	2	1	7	21	Crítico
4	Base soporte	Ofrece una gran estabilidad y control durante el proceso de corte.	2	4	2	1	1	10	20	Crítico
5	Guarda seguridades	Reduce al mínimo el peligro de lesiones que puedan sufrir los operadores.	3	2	2	1	0	5	15	Semi Crítico
								Promedio	16.4	
								Mitad del Promedio	8.2	

TABLA LIX

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA DOBLADORA DE METAL

Dobladora Manual			**Creado por:**							
MARCA			Villarreal Javier							
MODELO					**Fecha:**					
CÓDIGO	CM-E-DM				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Rodillos de doblado	Realizar de manera cuidadosa y meticulosa el doblado homogéneo y eficaz de láminas metálicas de acuerdo con los parámetros definidos	3	4	1	2	1	7	21	Crítico
2	Palanca de accionamiento	Permite al trabajador aplicar una fuerza precisa y cuidadosamente controlada durante todo el procedimiento.	3	3	2	1	0	7	21	Crítico
3	Tope de ajuste	Coloca el material de manera cuidadosa y precisa para garantizar la obtención de ángulos de doblado exactos y precisos.	2	3	1	1	1	5	10	Semi Crítico
4	Base estructural	Asegura una adecuada firmeza y soporte durante todo el proceso de operación, evitando posibles deformaciones no deseadas que podrían comprometer el correcto funcionamiento del sistema.	2	4	2	1	0	9	18	Crítico
5	Sistema de seguridad	Reduce al mínimo los posibles riesgos de accidentes que puedan ocurrir durante la operación de la máquina.	2	4	1	2	1	7	14	Semi Crítico
								Promedio	16.8	
								Mitad del Promedio	8.4	

TABLA LX

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA NIBLADORA

NIBLADORA			Creado por:							
MARCA	ITALPLASTICOS		Villarreal Javier							
MODELO					Fecha:					
CÓDIGO	CM-E-N				03/01/2025					
#	Componente	Función	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad	Estado
1	Herramienta de corte	Cortar círculos y diversas figuras geométricas en láminas metálicas mediante el uso de herramientas especializadas.	3	4	2	2	1	11	33	Crítico
2	Sistema de accionamiento manual	Utilizar una presión manual adecuada para llevar a cabo el proceso de corte.	3	3	2	1	0	7	21	Crítico
3	Tope de ajuste	Colocar estratégicamente el material en la máquina para realizar cortes extremadamente precisos y detallados.	2	4	1	1	1	6	12	Semi Crítico
4	Mesa de soporte	Mantener firmemente y asegurar la estabilidad de la lámina en el transcurso del proceso de corte.	2	2	1	1	1	4	8	No Crítico
5	Protector de zona de corte	Evitar cualquier tipo de interacción continua con el área considerada como peligrosa.	3	2	2	2	0	6	18	Semi Crítico
								Promedio	18.4	
								Mitad del Promedio	9.2	

TABLA LXI

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO

Torno Eléctrico y Mecánico			**Creado por:**							
MARCA	Harrison		Villarreal Javier		**Fecha:**					
MODELO										
CÓDIGO	CM-E-TE				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Husillo	Transferir el movimiento rotativo al material para su posterior mecanizado.	2	4	2	2	1	11	22	Crítico
2	Carro Portaherramientas	Facilita y posibilita el movimiento de la instrumentación de corte de manera eficiente y precisa.	2	4	2	1	1	10	20	Crítico
3	Caja Norton	Supervisar detenidamente los progresos y las aceleraciones de roscado para garantizar un rendimiento óptimo en el proceso de producción.	3	3	2	1	1	8	24	Crítico
4	Bancada	Proporcionar asistencia técnica para el mantenimiento de la integridad estructural y la correcta alineación.	3	3	1	1	0	4	12	Semi Crítico
5	Sistema de protección	Garantizar la protección adecuada del operador frente a la proyección de virutas metálicas y piezas sueltas durante el proceso de mecanizado.	3	2	1	2	0	4	12	Semi Crítico
								Promedio	18	
								Mitad del Promedio	9	

TABLA LXII

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN ESMERIL DE BANCO

Esmeril de Banco			**Creado por:**							
MARCA	MAKITA		Villarreal Javier							
MODELO					**Fecha:**					
CÓDIGO	CM-E-EB				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Motor eléctrico	Proporcionar la velocidad de rotación de las muelas	3	4	2	3	1	12	36	Crítico
2	Muelas abrasivas	Realizar el proceso de desbaste, que consiste en eliminar el exceso de material de las piezas, así como el afilado.	2	4	2	2	0	10	20	Crítico
3	Protector de muela	Evitar la dispersión de partículas potencialmente peligrosas mediante el uso de medidas de contención adecuadas.	1	3	1	2	0	5	5	No Crítico
4	Apoyo de herramientas	Asegurar la estabilidad de la pieza mientras se realiza el trabajo.	2	1	2	1	0	3	6	No Crítico
5	Interruptor de encendido	Supervisar y gestionar el proceso de encendido y apagado del dispositivo para garantizar un funcionamiento óptimo.	3	1	1	1	1	3	9	Semi Crítico
								Promedio	15.2	
								Mitad del Promedio	7.6	

TABLA LXIII

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC

Cizalla / Guillotina CNC			Creado por:							
MARCA	DURMAZLAR		Villarreal Javier		Fecha:					
MODELO										
CÓDIGO	CM-E-CG				03/01/2025					
#	Componente	Función	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad	Estado
1	Sistema Hidráulico	Producir la presión hidráulica necesaria para activar el mecanismo de la cuchilla.	3	4	2	3	1	12	36	Crítico
2	Cuchilla Superior	Proceder con la operación de corte de la lámina de metal utilizando la herramienta adecuada.	3	4	2	3	0	11	33	Crítico
3	Regulador de ángulo de corte	Ajustar cuidadosamente el ángulo de corte de la herramienta según el espesor del material a trabajar es fundamental para obtener resultados precisos y de calidad.	3	4	2	2	1	11	33	Crítico
4	Tope posterior	Ajustar con precisión la amplitud de corte de la pieza para obtener el resultado deseado.	3	3	2	1	0	7	21	Semi Crítico
5	Sistema de seguridad	Evitar cualquier tipo de accidentes durante el proceso de corte es fundamental para garantizar la seguridad de todas las personas involucradas en la operación.	2	4	1	3	1	8	16	Semi Crítico
								Promedio	27.8	
								Mitad del Promedio	13.9	

TABLA LXIV

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA SOLDADORA GMAW

Soldadora GMAW			**Creado por:**							
			Villarreal Javier							
MARCA	MILLER									
MODELO					**Fecha:**					
CÓDIGO	CM-E-SG				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Fuente de poder	Producir y mantener la corriente eléctrica necesaria para llevar a cabo el proceso de soldadura.	3	4	2	3	1	12	36	Crítico
2	Alimentador de alambre	Suministrar de manera constante el electrodo a lo largo de todo el proceso de soldadura.	3	3	1	3	0	6	18	Semi Crítico
3	Antorcha de soldadura	Dirigir cuidadosamente el alambre, el gas y la corriente eléctrica hacia el arco de soldadura.	3	3	1	1	1	5	15	Semi Crítico
4	Sistema de gas protector	Proteger el arco de la contaminación atmosférica	2	3	1	1	0	4	8	No Crítico
5	Sistema de seguridad	Garantizar la protección del operador frente a posibles descargas eléctricas o cualquier otro tipo de riesgos relacionados con la manipulación de equipos electrónicos.	3	4	2	3	1	12	36	Crítico
								Promedio	22.6	
								Mitad del Promedio	11.3	

TABLA LXV

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA SOLDADORA DE PLASMA

Soldadora de Plasma			**Creado por:** Villarreal Javier							
MARCA	CEBORA				**Fecha:**					
MODELO										
CÓDIGO	CM-E-SP				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Fuente de poder	Producir la corriente de corte mediante el uso de un sistema de plasma.	2	4	2	3	0	11	22	Crítico
2	Antorcha plasma	Canalizar de manera adecuada el gas ionizado y controlar el arco de corte son procesos fundamentales en la soldadura por arco.	2	4	2	3	1	12	24	Crítico
3	Compresor/generador de aire	Suministrar el flujo continuo de gas comprimido para garantizar un funcionamiento eficiente del sistema.	3	3	2	2	2	10	30	Crítico
4	Sistema de refrigeración	Evitar el recalentamiento excesivo de los componentes es fundamental para garantizar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil de los mismos.	3	3	1	2	0	5	15	Semi Crítico
5	Sistema de protección	Proteger adecuadamente de posibles descargas eléctricas, quemaduras causadas por calor intenso o radiación perjudicial.	2	4	1	2	1	7	14	Semi Crítico
								Promedio	21	
								Mitad del Promedio	10.5	

TABLA LXVI

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS

Generador a Gasolina y a Gas			Creado por:							
MARCA	MAVIJU		Villarreal Javier							
MODELO					**Fecha:**					
CÓDIGO	CM-E-GG				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Motor térmico (gasolina/gas)	Proporciona energía mecánica al generador	3	4	2	3	1	12	36	Crítico
2	Alternador	Genera la energía eléctrica	3	3	2	3	2	11	33	Crítico
3	Sistema de combustible dual	Permite operar con gasolina o gas	3	2	2	2	3	9	27	Crítico
4	Sistema de refrigeración	Controla la temperatura de operación	2	3	1	2	0	5	10	No Crítico
5	Sistema de protección eléctrica (disyuntores, puesta a tierra)	Proteger al usuario y equipos de descargas o sobrecargas	2	4	1	3	0	7	14	Semi Crítico
								Promedio	24	
								Mitad del Promedio	12	

TABLA LXVII

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UNA ESMERILADORA ANGULAR

Esmeriladora Angular			**Creado por:**							
MARCA	Dewalt		Villarreal Javier							
MODELO					**Fecha:**					
CÓDIGO	CM-H-EA				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Motor eléctrico	Proporciona la potencia de giro para el disco	3	4	2	3	3	14	42	Crítico
2	Caja de engranajes	Transmite el torque al disco de corte/desbaste	2	4	1	2	1	7	14	Semi Crítico
3	Disco de corte o desbaste	Realiza el corte, pulido o desbaste del material	3	2	2	2	3	9	27	Crítico
4	Interruptor de encendido	Controla el encendido/apagado seguro	2	3	1	2	0	5	10	No Crítico
5	Protector de disco	Evita la proyección de fragmentos peligrosos	2	2	2	3	1	8	16	Semi Crítico
								Promedio	21.8	
								Mitad del Promedio	10.9	

TABLA LXVIII

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE UN TALADRO PERCUTOR

Taladro Percutor			**Creado por:**							
MARCA	Makita		Villarreal Javier		**Fecha:**					
MODELO										
CÓDIGO	CM-H-TP				03/01/2025					
#	**Componente**	**Función**	**Frecuencia**	**Impacto Operacional**	**Flexibilidad**	**Costos**	**Impacto SAH**	**Consecuencia**	**Criticidad**	**Estado**
1	Motor eléctrico	Proporciona la potencia de giro y percusión	3	4	2	3	3	14	42	Crítico
2	Mecanismo de percusión	Genera los golpes para taladrar hormigón o mampostería	2	4	2	3	1	12	24	Crítico
3	Mandril de sujeción	Sujeta las brocas y herramientas de corte	2	2	1	2	3	7	14	Semi Crítico
4	Selector de funciones	Permite cambiar entre taladro normal, percutor o rotación	2	3	1	2	0	5	10	No Crítico
5	Sistema de seguridad (botón bloqueo, aislación)	Protege al usuario de accidentes eléctricos o mecánicos	3	4	1	2	1	7	21	Semi Crítico
								Promedio	22.2	
								Mitad del Promedio	11.1	

3.5.6. Gammas de mantenimiento

En esta sección se detallan las diversas actividades programadas para cada uno de los equipos evaluados en la planta de producción MIRAL, con el loable propósito de optimizar al máximo su disponibilidad operativa y garantizar un rendimiento excepcional en todo momento. Cada una de las actividades planificadas contempla detalladamente su frecuencia de ejecución, ya sea diaria, semanal, mensual, trimestral, semestral o anual. Todo esto contribuye a una gestión organizada y altamente eficiente del plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Teniendo en cuenta, la Tabla LXIX, está establece un sistema de codificación por colores que permite identificar de forma rápida y visual la frecuencia con la que deben realizarse las actividades de mantenimiento en la planta de producción. Este esquema facilita la planificación, programación y control de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. A continuación, se interpreta cada categoría:

TABLA LXIX

GAMMA DE COLORES DEL MANTENIMIENTO

Diario	
Semanal	
Mensual	
Trimestral	
Semestral	
Anual	

TABLA LXX

GAMMA DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR

| Compresor Industrial | | |

10	Hacer una inspección visual del estado de la estructura.	
11	Hacer una revisión visual de obstrucciones en el separador de aire y aceite.	
12	Verificar la presión a la que va a trabajar la máquina.	
13	Hacer una inspección visual de la corrosión en los pernos.	
14	Verificar el torque de apriete de los pernos.	
15	Hacer una inspección visual del gabinete.	
16	Verificar que el gabinete no este con grietas.	

TABLA LXXI

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE LA CORTADORA DE METAL

Cortadora de Metal																																											
MARCA						**REVISADO POR:**								Ing. Mg. Christian Castro																														
CÓDIGO						**CM-E-CM**								**REALIZADO POR:**								Villarreal Javier																						
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Verificar que la corriente de voltaje a la que está conectada.																																											
2	Verificar la temperatura y su refrigerante.																																											
3	Hacer una revisión visual de las piezas.																																											
4	Revisar visualmente las obstrucciones en la base del filtro.																																											
5	Limpiar el filtro de aire antes de prender la máquina.																																											
6	Hacer una inspección visual del estado del filtro de aire.																																											
7	Hacer una inspección visual del estado del filtro de aceite.																																											
8	Comprobar que el filtro de aceite esté sin obstrucciones.																																											
9	Hacer una inspección visual de la corrosión en la estructura.																																											

| | | |

TABLA LXXII

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE LA DOBLADORA MANUAL

Dobladora Manual																																												
MARCA									**REVISADO POR:**								Ing. Mg. Christian Castro																												
CÓDIGO					**CM-E-DM**				**REALIZADO POR:**								Villarreal Javier																												
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Verificar el estado físico de las superficies de contacto (dados, bancadas, topes).																																														
2	Comprobar el ajuste y alineación de los topes de doblado.																																														
3	Verificar el paralelismo de la bancada de doblado.																																														
4	Lubricar los puntos de fricción (bisagras, guías, ejes).																																														
5	Limpiar la mesa de trabajo y dispositivos de sujeción.																																														
6	Inspeccionar el estado de las palancas, manivelas y topes.																																														
7	Verificar calibración de ángulos de doblado (topes de ángulo).																																														
8	Revisar los elementos de seguridad mecánica (protecciones físicas, topes de seguridad).																																														

9	Verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos de sujeción mecánica.	
10	Revisar presencia de holguras excesivas en articulaciones.	
11	Revisar tornillos, pernos y uniones estructurales.	
12	Verificar el uso correcto de los EP	
13	Revisar la señalización de seguridad	

TABLA LXXIII

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA NIBLADORA

NIBLADORA																																											
MARCA		**ITALPLASTICOS**								**REVISADO POR:**				Ing. Mg. Christian Castro																															
CÓDIGO		**CM-E-N**								**REALIZADO POR:**				Villarreal Javier																															
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Verificar estado físico del punzón y matriz.																																														
2	Comprobar desgaste de filos de corte.																																														
3	Lubricar las guías de desplazamiento del punzón.																																														
4	Inspeccionar el paralelismo entre punzón y matriz.																																														
5	Limpiar residuos de lámina acumulados en el área de corte.																																														
6	Verificar anclaje y nivelación de la máquina																																														
7	Inspeccionar el sistema de accionamiento																																														
8	Comprobar la alineación del sistema de centrado de círculos.																																														
9	Revisar desgaste de los cojinetes o bujes.																																														

| | | |

TABLA LXXIV

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN TORNO ELÉCTRICO Y MECÁNICO

Torno Eléctrico y Mecánico																																									
MARCA		**Harrison**								**REVISADO POR:**								Ing. Mg. Christian Castro																								
CÓDIGO		**CM-E-TE**								**REALIZADO POR:**								Villarreal Javier																								
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Limpiar el torno al finalizar cada jornada de trabajo.																																														
2	Verificar niveles de aceite de lubricación del husillo y caja de avances.																																														
3	Lubricar las guías de bancada, carro transversal y contrapunto.																																														
4	Inspeccionar el estado del husillo principal																																														
5	Verificar estado y tensión de correas o engranajes de transmisión																																														
6	Comprobar funcionamiento del sistema de refrigeración.																																														
7	Revisar el sistema eléctrico (cables, botones, interruptores de parada).																																														

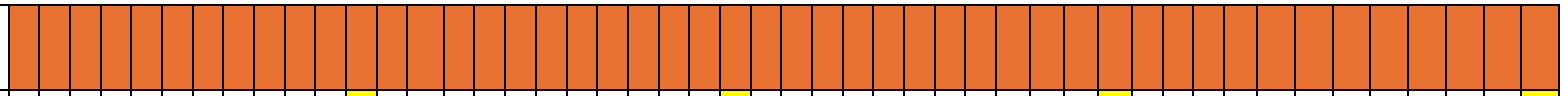
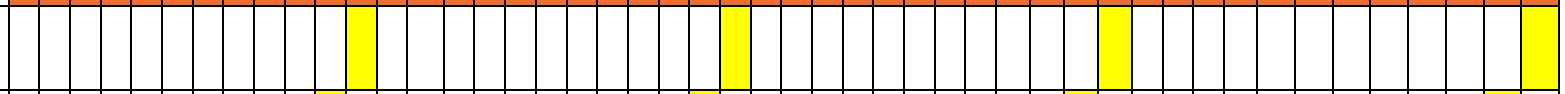
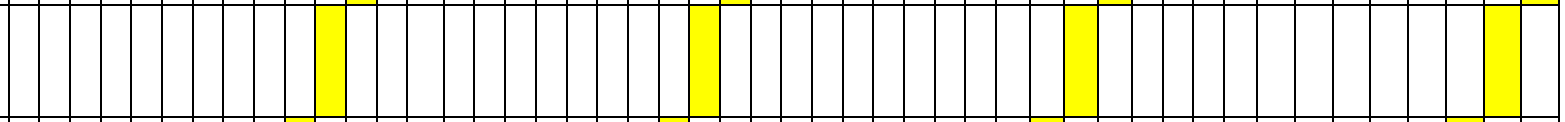
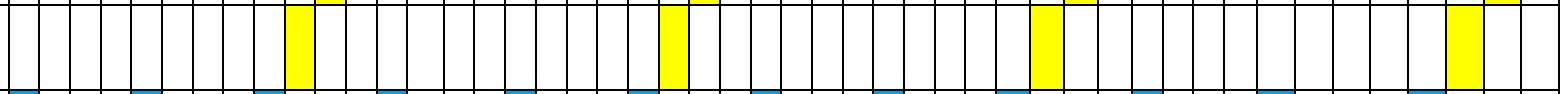
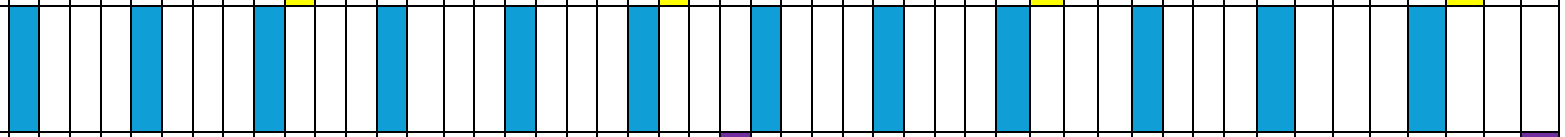
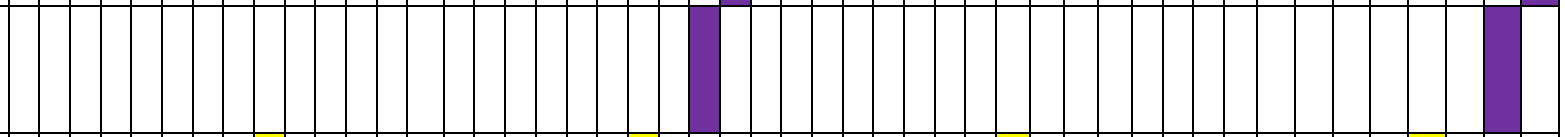
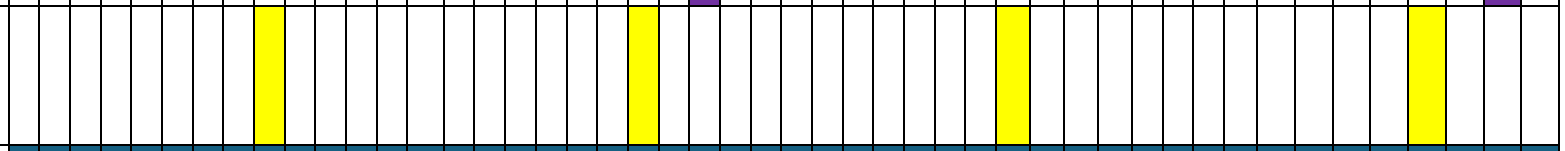
8	Inspeccionar estado de los portaherramientas y sus fijaciones.	
9	Verificar el alineamiento del contrapunto.	
10	Inspeccionar el sistema de freno de emergencia y protecciones de seguridad.	
11	Comprobar funcionamiento de roscado automático.	
12	Revisar presencia de ruidos o vibraciones anómalas durante el giro del husillo.	
13	Revisar el sistema de iluminación de la zona de trabajo.	
14	Inspeccionar fijación de tornillos estructurales de bancada y bancada-cimentación.	
15	Revisar limpieza y funcionamiento del sistema de refrigerante (tanque, bomba, mangueras).	
16	Verificar el uso correcto de los EPP por parte de los operadores.	

TABLA LXXV
GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN ESMERIL DE BANCO

| Esmeril de Banco | | |

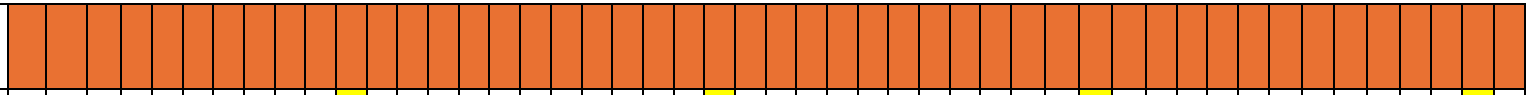
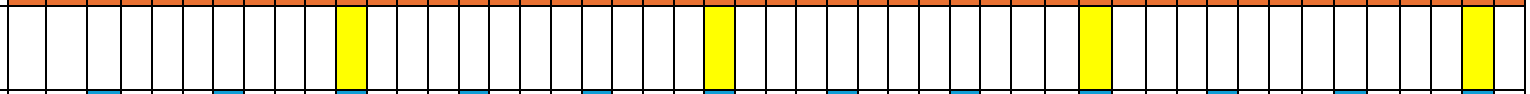
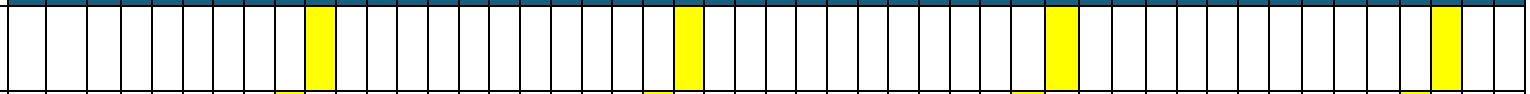
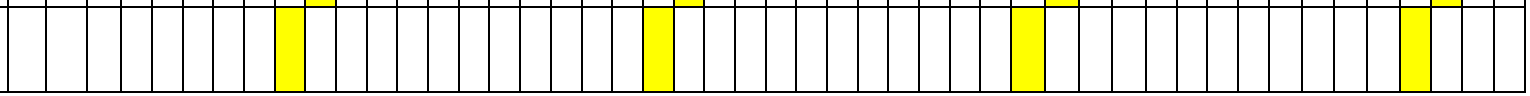
10	Verificar que no haya vibraciones anormales en operación.	
11	Revisar la rigidez y nivelación del banco de montaje.	
12	Revisar presencia de ruidos anómalos en los rodamientos.	
13	Verificar el uso correcto de EPP (caretas, gafas, guantes).	
14	Revisar la iluminación de la zona de trabajo.	
15	Revisar señalización de seguridad del área de trabajo.	

TABLA LXXVI

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA CIZALLA / GUILLOTINA CNC

| Cizalla / Guillotina CNC | | |

9	Revisar el sistema de sujeción y topes traseros (backgauge).	
10	Inspeccionar el sistema de seguridad (fotoceldas, barreras, cortinas de luz).	
11	Verificar funcionamiento de pedales y mandos manuales.	
12	Revisar nivelación de la estructura de la máquina.	
13	Revisar posible presencia de vibraciones o ruidos anormales.	
14	Verificar correcta iluminación de la zona de trabajo.	
15	Comprobar el uso adecuado de EPP por el operador.	
16	Revisar señalización de seguridad general de la máquina.	

TABLA LXXVII

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA SOLDADORA GMAW

Soldadora GMAW																																									
MARCA		**MILLER**								**REVISADO POR:**								Ing. Mg. Christian Castro																								
CÓDIGO		**CM-E-SG**								**REALIZADO POR:**								Villarreal Javier																								
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Revisar la antorcha MIG (estado de boquilla, difusor, tubo de contacto).																																														
2	Verificar el alimentador de hilo (rodillos, guías, presión).																																														
3	Revisar conexiones de masa y cables de soldadura.																																														
4	Limpiar el polvo y residuos metálicos del interior de la máquina.																																														
5	Verificar el estado de la manguera de gas y conexiones.																																														
6	Revisar el regulador y manómetro de gas protector (argon, mezcla, CO_2).																																														
7	Verificar el ventilador de refrigeración (funcionamiento libre de obstrucciones).																																														

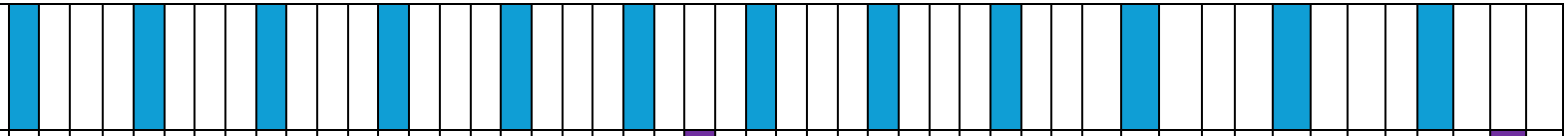
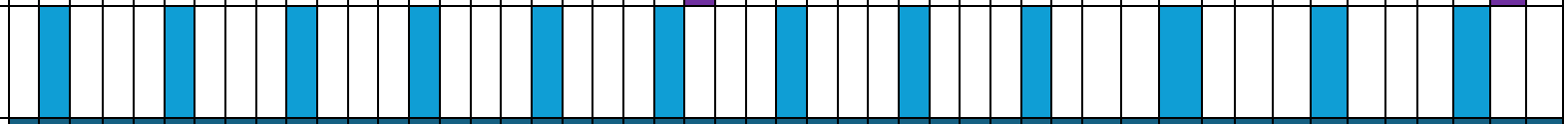
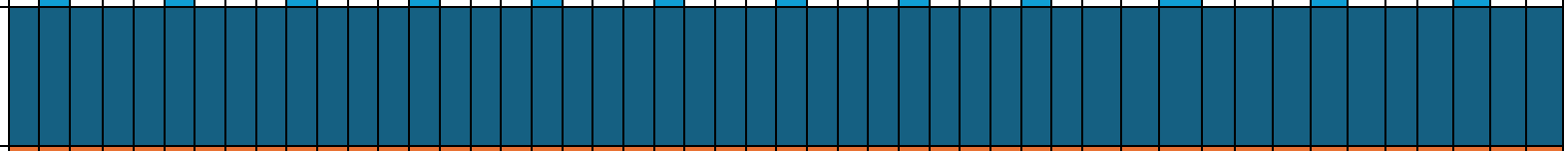
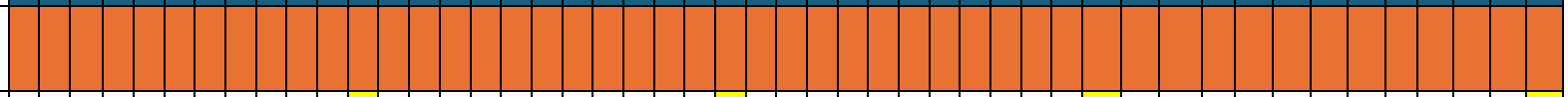
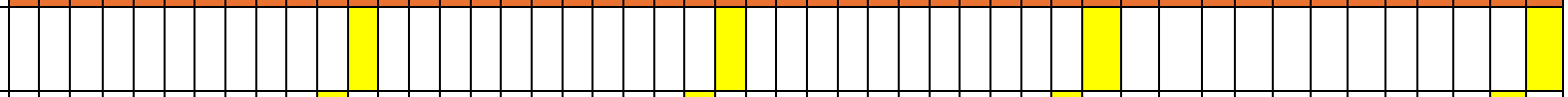
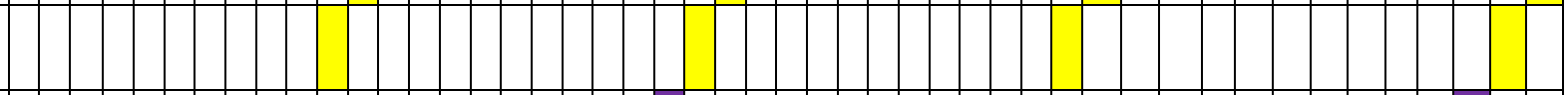
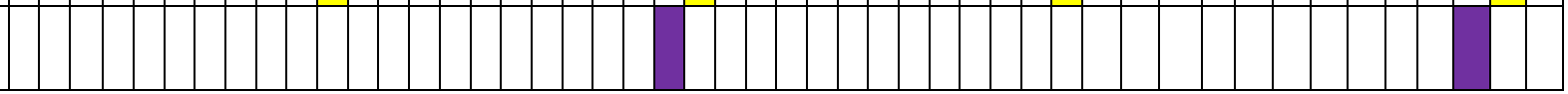
8	Verificar parámetros de soldadura y control digital (pantalla, perillas, software).	
9	Comprobar estado del enchufe eléctrico y del cable de alimentación.	
10	Revisar protecciones eléctricas internas (fusibles, protecciones térmicas).	
11	Verificar que los EPP sean utilizados por el operador (máscara, guantes, protección visual).	
12	Inspeccionar la correcta conexión de toma de tierra de la máquina.	
13	Verificar el estado de la carcasa y protecciones físicas.	
14	Revisar señalización de seguridad visible.	
15	Control de iluminación del área de trabajo.	

TABLA LXXVIII

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UNA SOLDADORA DE PLASMA

Soldadora de Plasma																																											
MARCA		CEBORA																**REVISADO POR:**				Ing. Mg. Christian Castro																					
CÓDIGO		CM-E-SP																**REALIZADO POR:**				Villarreal Javier																					
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Revisar y reemplazar consumibles de antorcha (boquilla, electrodo, difusor).																																														
2	Limpiar regularmente la antorcha exterior e interior.																																														
3	Verificar y limpiar el filtro de aire comprimido.																																														
4	Comprobar presión de aire de trabajo.																																														
5	Verificar estado de mangueras de aire comprimido.																																														
6	Limpiar ventiladores y orificios de ventilación.																																														
7	Verificar conexiones eléctricas y cable de masa.																																														
8	Comprobar el estado del cable de alimentación.																																														
9	Inspeccionar la carcasa externa por golpes o daños.																																														

10	Verificar correcto funcionamiento de los controles (pantallas, perillas, LEDs).	
11	Revisar sistema de protección térmica (sobrecarga).	
12	Verificar correcto uso de EPP por el operador.	
13	Revisar presencia de humedad en el aire comprimido (condensados).	
14	Inspeccionar el relé de arranque de arco piloto.	
15	Controlar las conexiones de tierra de seguridad.	
16	Verificar señalización de seguridad visible en la zona de trabajo.	

TABLA LXXIX

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN GENERADOR A GASOLINA Y A GAS

Generador a Gasolina y a Gas																																											
MARCA		**MAVIJU**																**REVISADO POR:**				Ing. Mg. Christian Castro																					
CÓDIGO		**CM-E-GG**																**REALIZADO POR:**				Villarreal Javier																					
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Verificar nivel de combustible y calidad de la gasolina.																																												
2	Revisar nivel de aceite del motor y cambiar según horas de uso.																																												
3	Limpiar o cambiar el filtro de aire.																																												
4	Limpiar el filtro de combustible.																																												
5	Revisar la bujía (limpieza o cambio).																																												
6	Inspeccionar el sistema de escape (estado, obstrucciones).																																												
7	Limpiar el generador exteriormente (polvo, suciedad).																																												
8	Revisar los cables eléctricos y terminales de salida.																																												
9	Verificar correcto funcionamiento de los protectores térmicos y de sobrecarga.																																												

10	Comprobar la tensión y frecuencia de salida del generador.	
11	Verificar el estado de los soportes anti vibratorios.	
12	Revisar el sistema de arranque manual (cuerda, polea).	
13	Revisar fugas de aceite o combustible.	
14	Verificar uso adecuado de EPP al manipular el equipo.	
15	Revisar señalización de seguridad del área de operación.	
16	Comprobar ubicación adecuada	

TABLA LXXX

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN ESMERILADORA ANGULAR

| Esmeriladora Angular | | |

9	Verificar estado de rodamientos (ruidos, temperatura).	
10	Inspeccionar el eje de salida (rosca, fijación de disco).	
11	Revisar fijación de empuñaduras laterales.	
12	Comprobar uso correcto de EPP (guantes, careta, protección auditiva).	
13	Inspeccionar el cableado interno	

TABLA LXXXI

GAMMA DE MANTENIMIENTO DE UN TALADRO PERCUTOR

Taladro Percutor																																										
MARCA		**Makita**								**REVISADO POR:**								Ing. Mg. Christian Castro																								
CÓDIGO		**CM-H-TP**								**REALIZADO POR:**								Villarreal Javier																								
N°	**ACTIVIDADES**	**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**
1	Verificar estado de la broca (desgaste, fractura).																																														
2	Revisar el mandril (apriete, centrado).																																														
3	Comprobar funcionamiento del interruptor y control de velocidad.																																														
4	Revisar estado del cable eléctrico y clavija.																																														
5	Limpiar entradas de ventilación (polvo, suciedad).																																														
6	Comprobar el sistema de percusión (ruidos, vibración).																																														
7	Revisar estado de las escobillas (carbones).																																														
8	Revisar rodamientos internos (ruidos, temperatura).																																														
9	Lubricar el mecanismo de percusión																																														

| | | |

3.5.7. Planes de mantenimiento correctivo

Los planes de mantenimiento correctivos son:

3.5.7.1. Compresor

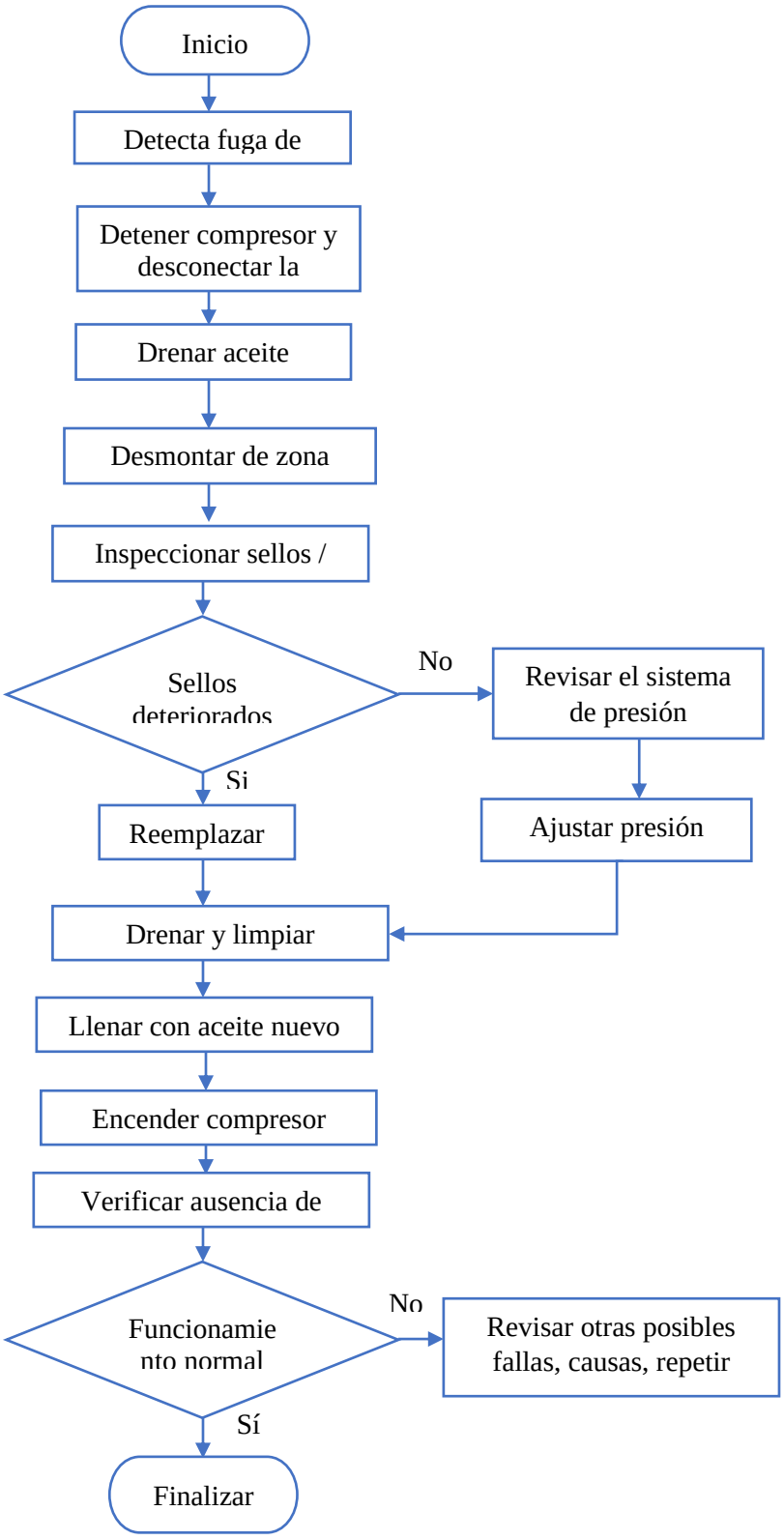


Fig. 21. Diagrama de reparación de fuga de aceite del compresor

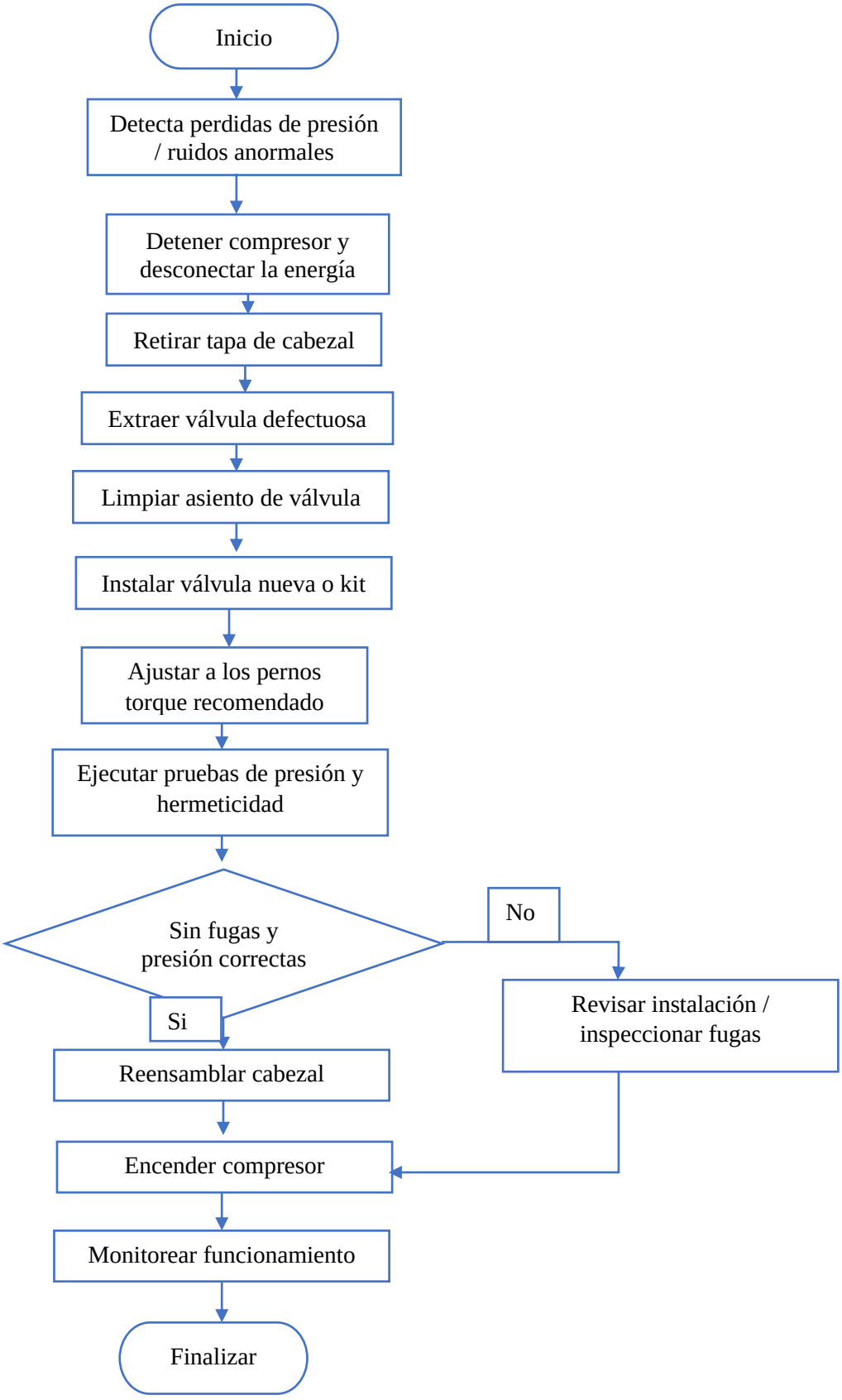


Fig. 22. Diagrama de reemplazo de válvula de admisión del compresor

3.5.7.2. Cortadora de Metal

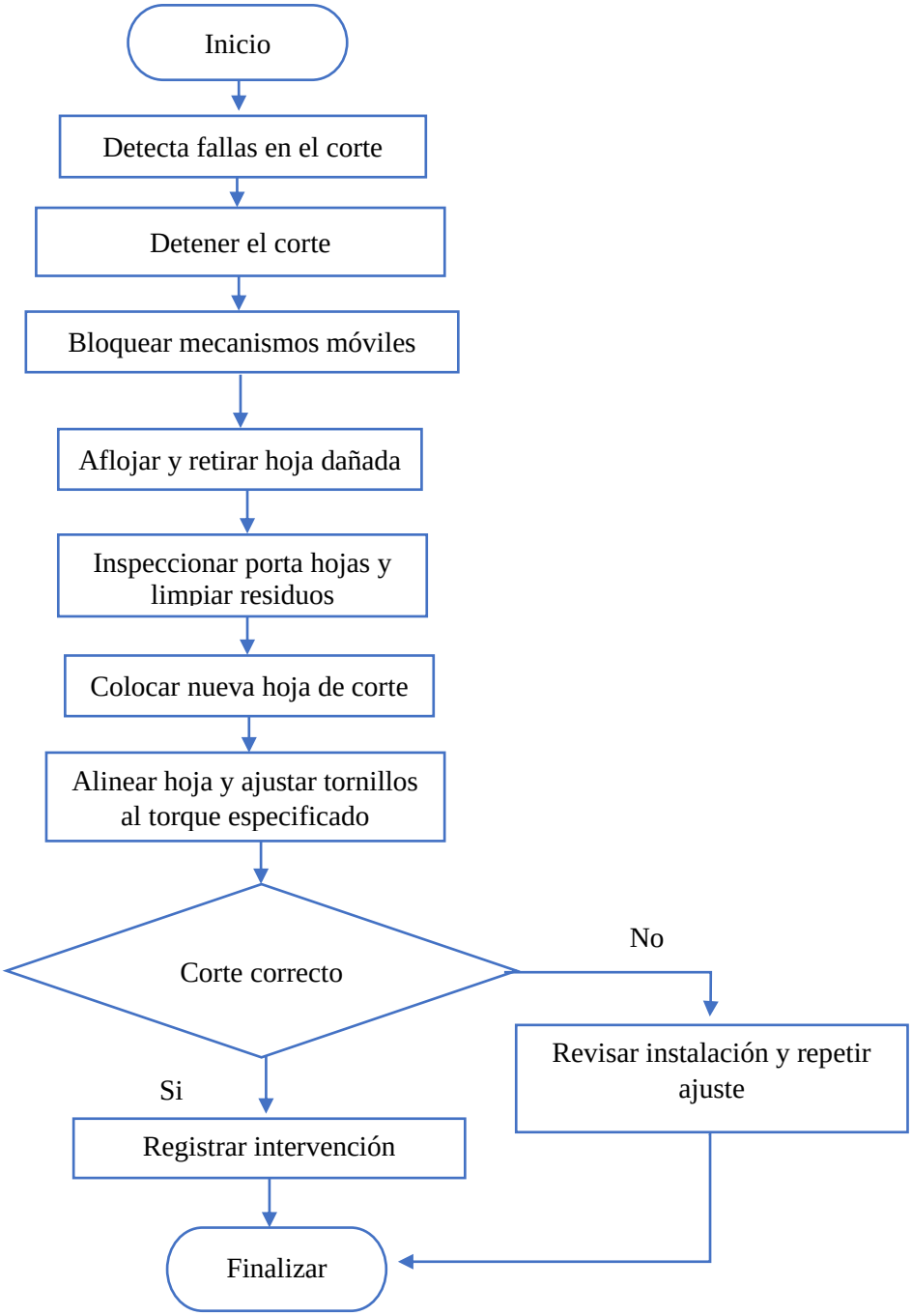


Fig. 23. Diagrama de reemplazo de hoja de corte de una Cortadora de Metal

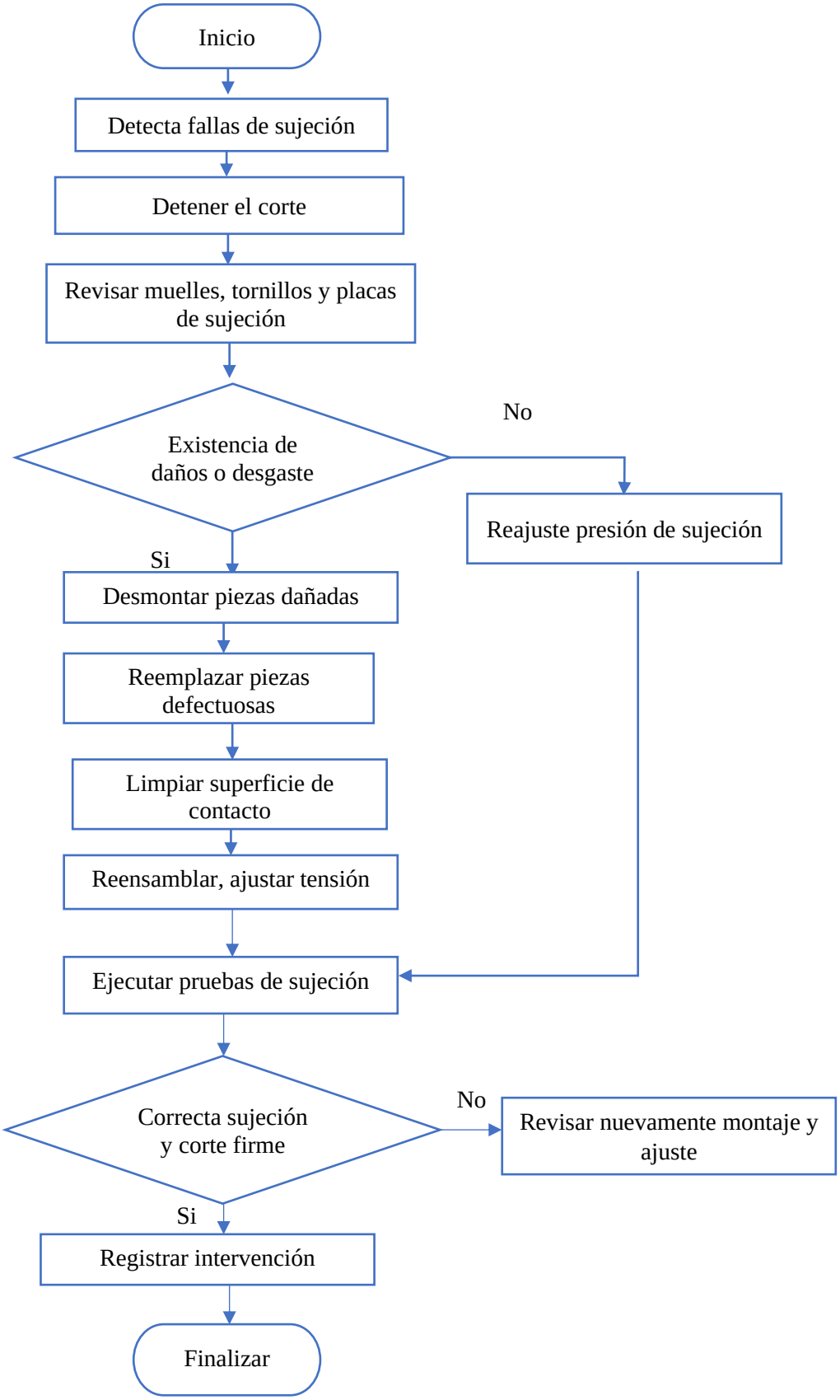


Fig. 24. Diagrama de ajuste/ reparación del sistema de sujeción de una Cortadora de Metal

3.5.7.3. Dobladora Manual

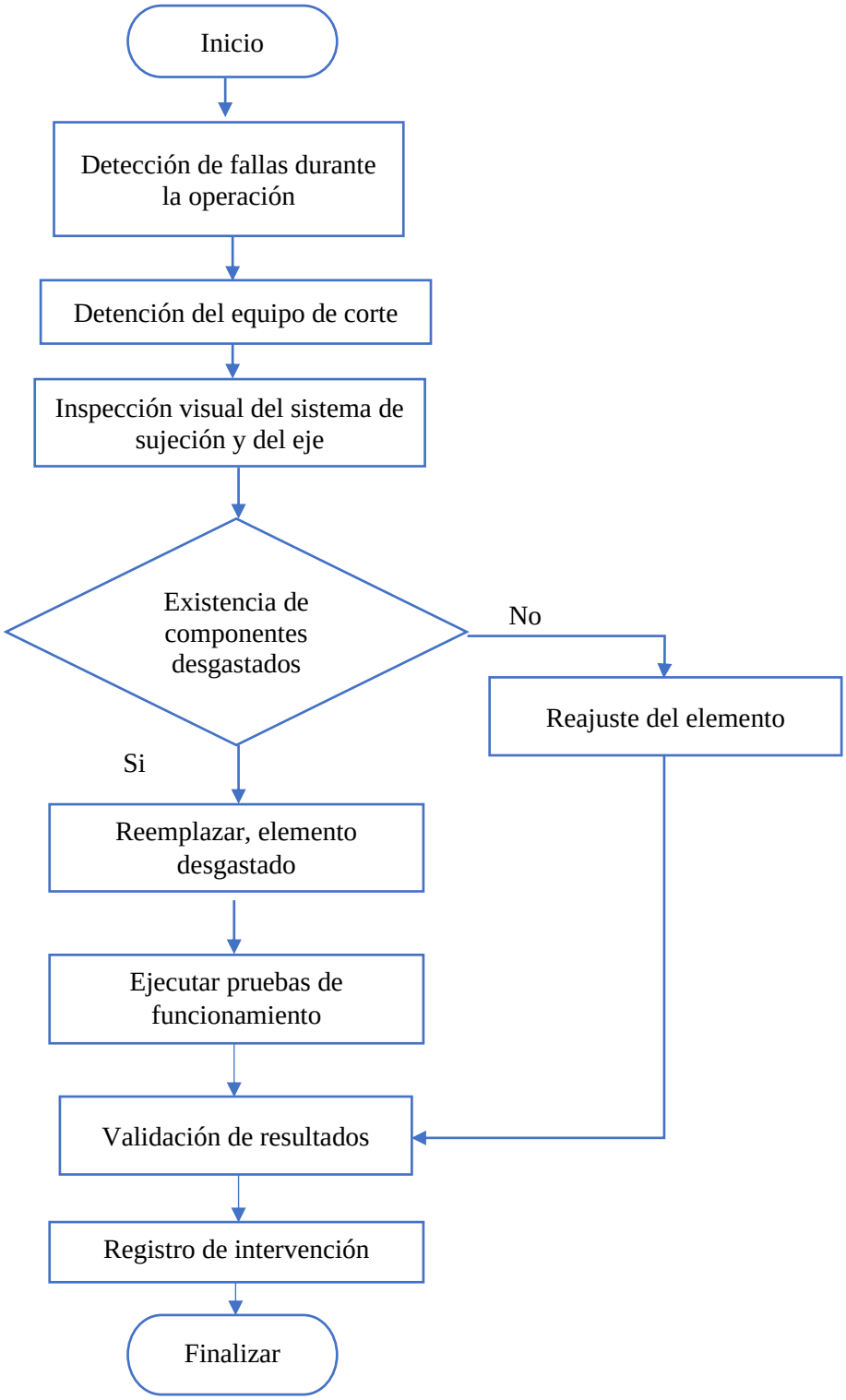


Fig. 25. Diagrama por falla mecánica (eje, bisagra o sujeción) de una Dobladora Manual

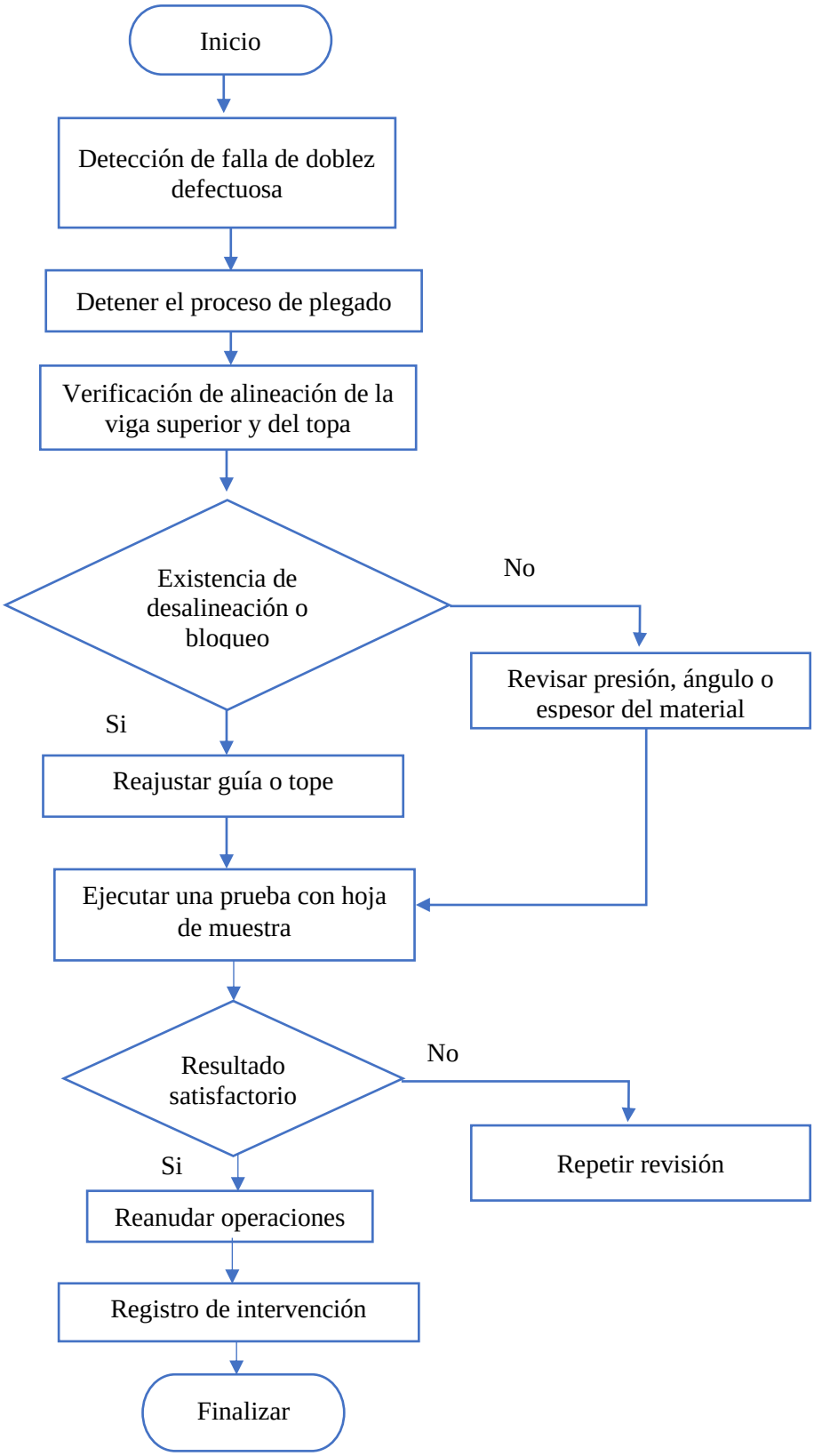


Fig. 26. Diagrama por falla operativa que se da durante el doblado regular de una Dobladora Manual

3.5.7.4. Nibladora

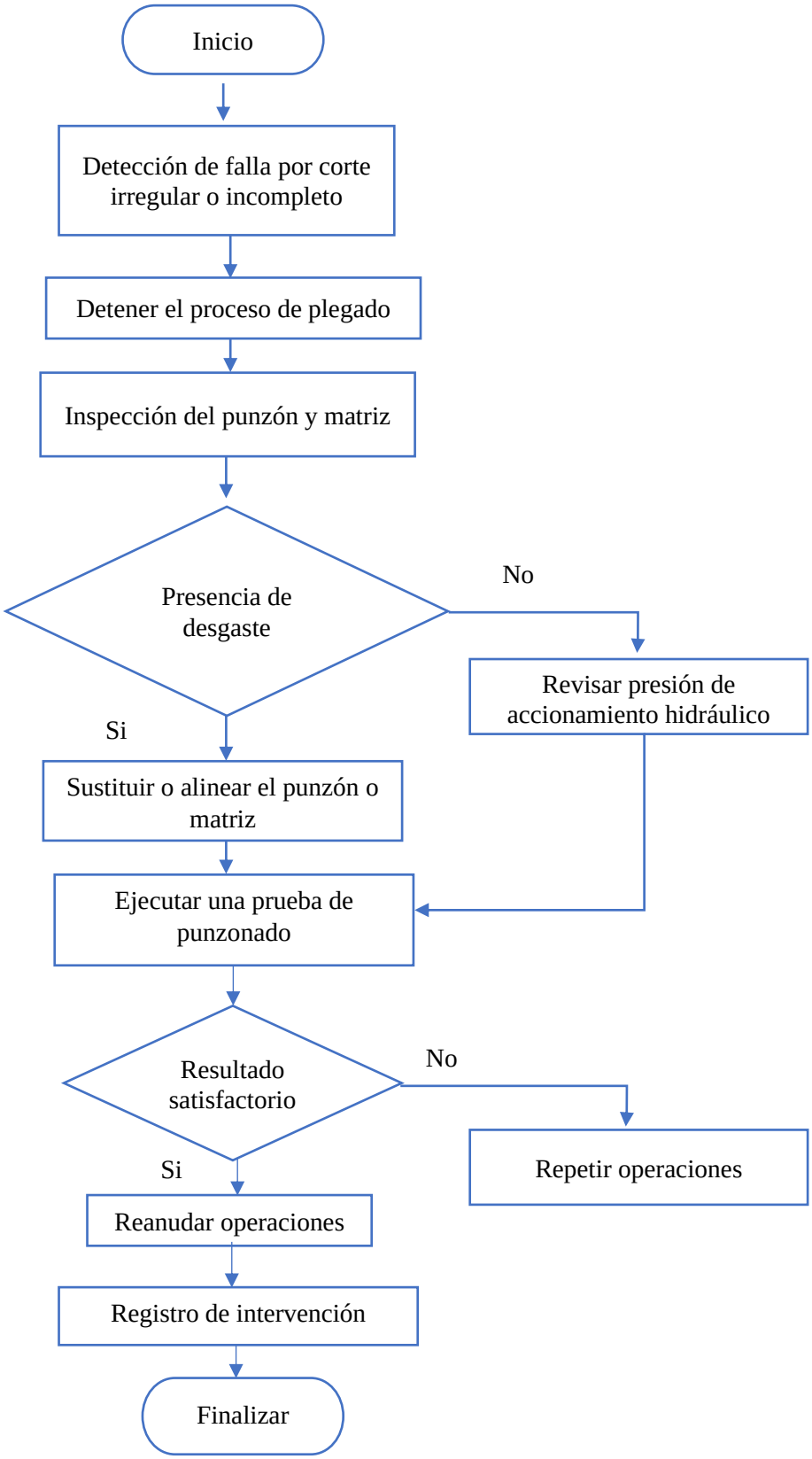


Fig. 27. Diagrama por falla de punzonado de una Nibladora

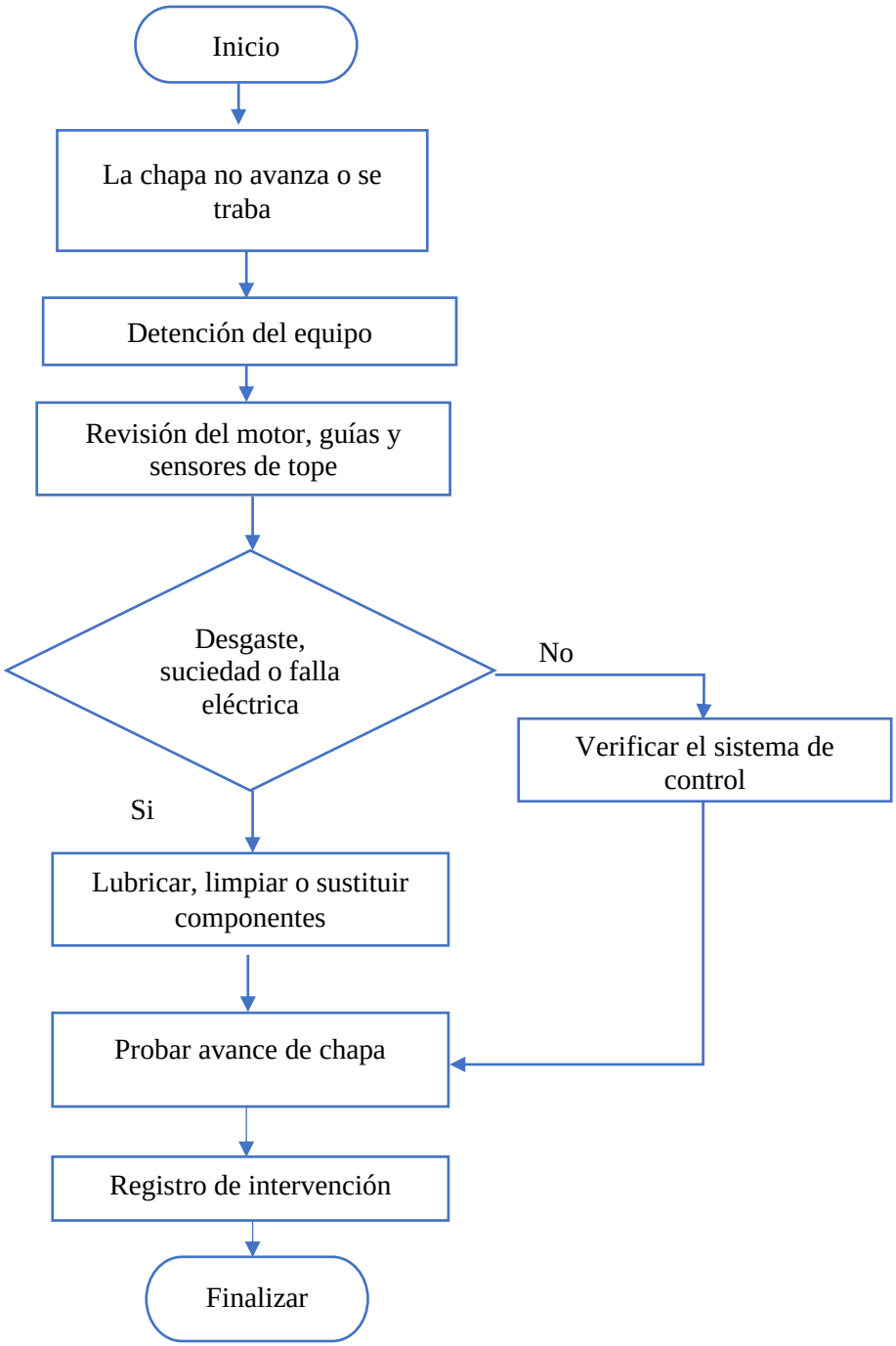


Fig. 28. Diagrama por falla eléctrica o mecánica del sistema de avance de una Nibladora

3.5.7.5. Torno mecánico y eléctrico

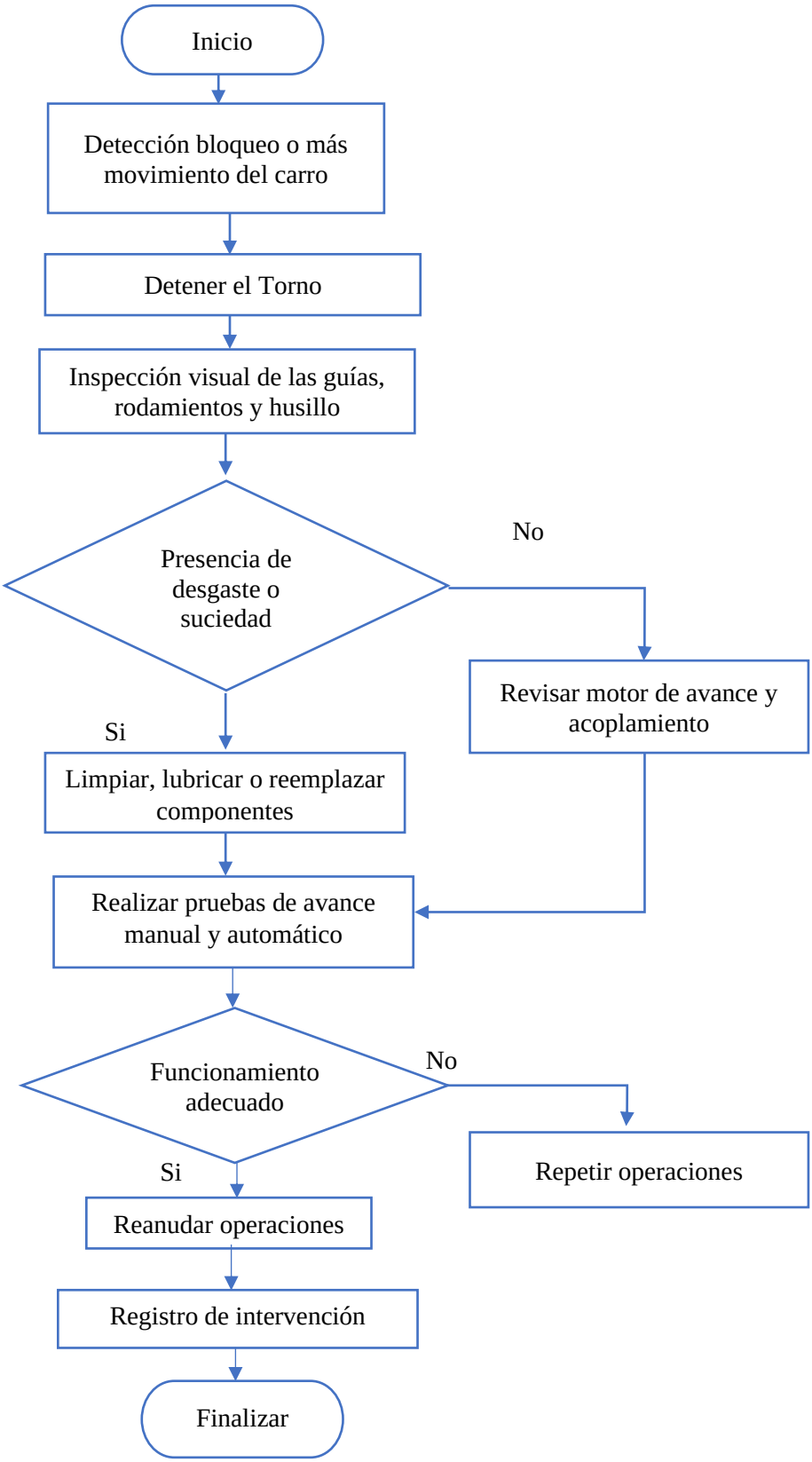


Fig. 29. Diagrama por falla en el avance automático o del carro transversal del Torno

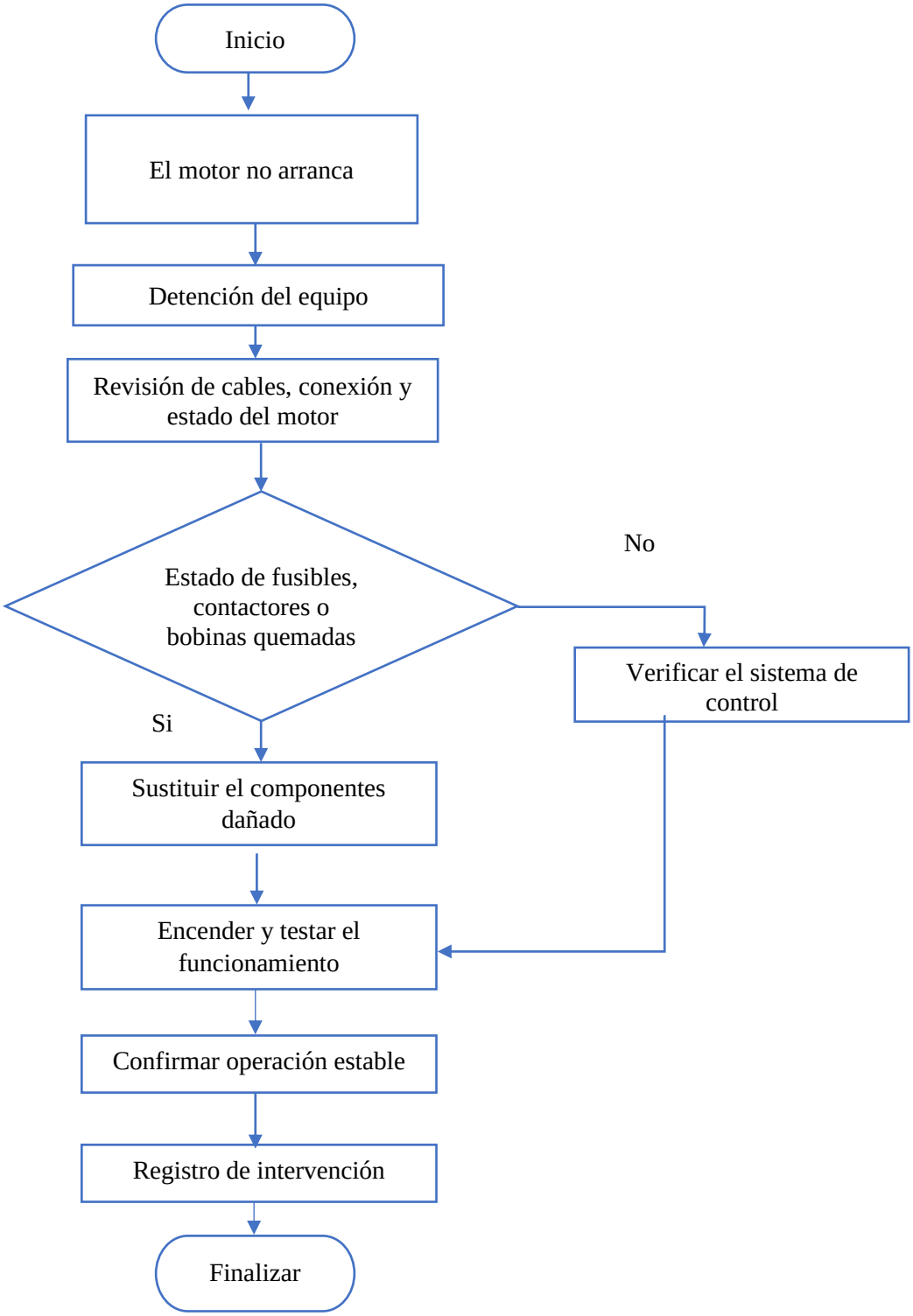


Fig. 30. Diagrama por falla eléctrica o mecánica del motor del Torno

3.5.7.6. Esmeril de Banco

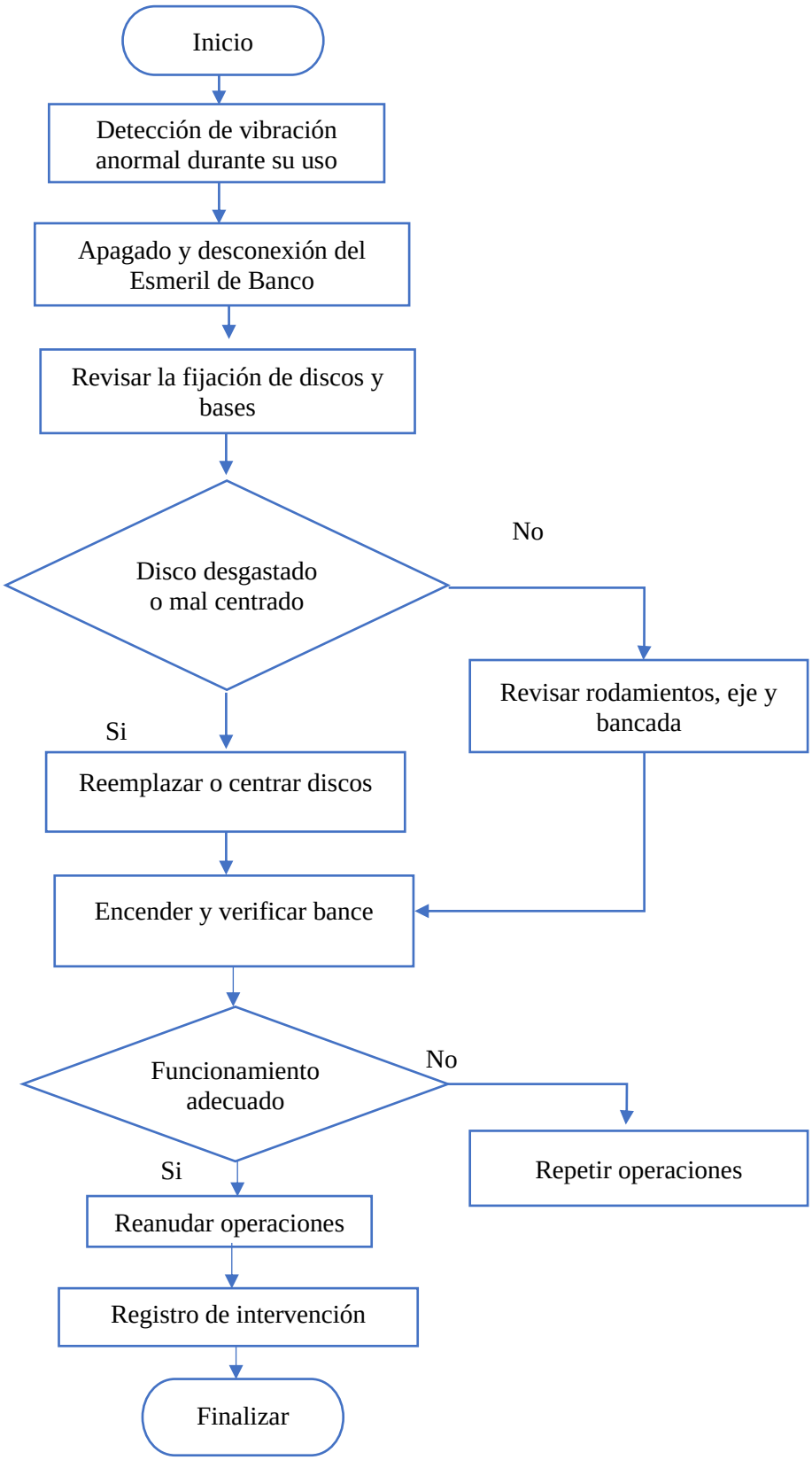


Fig. 31. Diagrama de la presencia de vibración o desbalance de un Esmeril de Banco

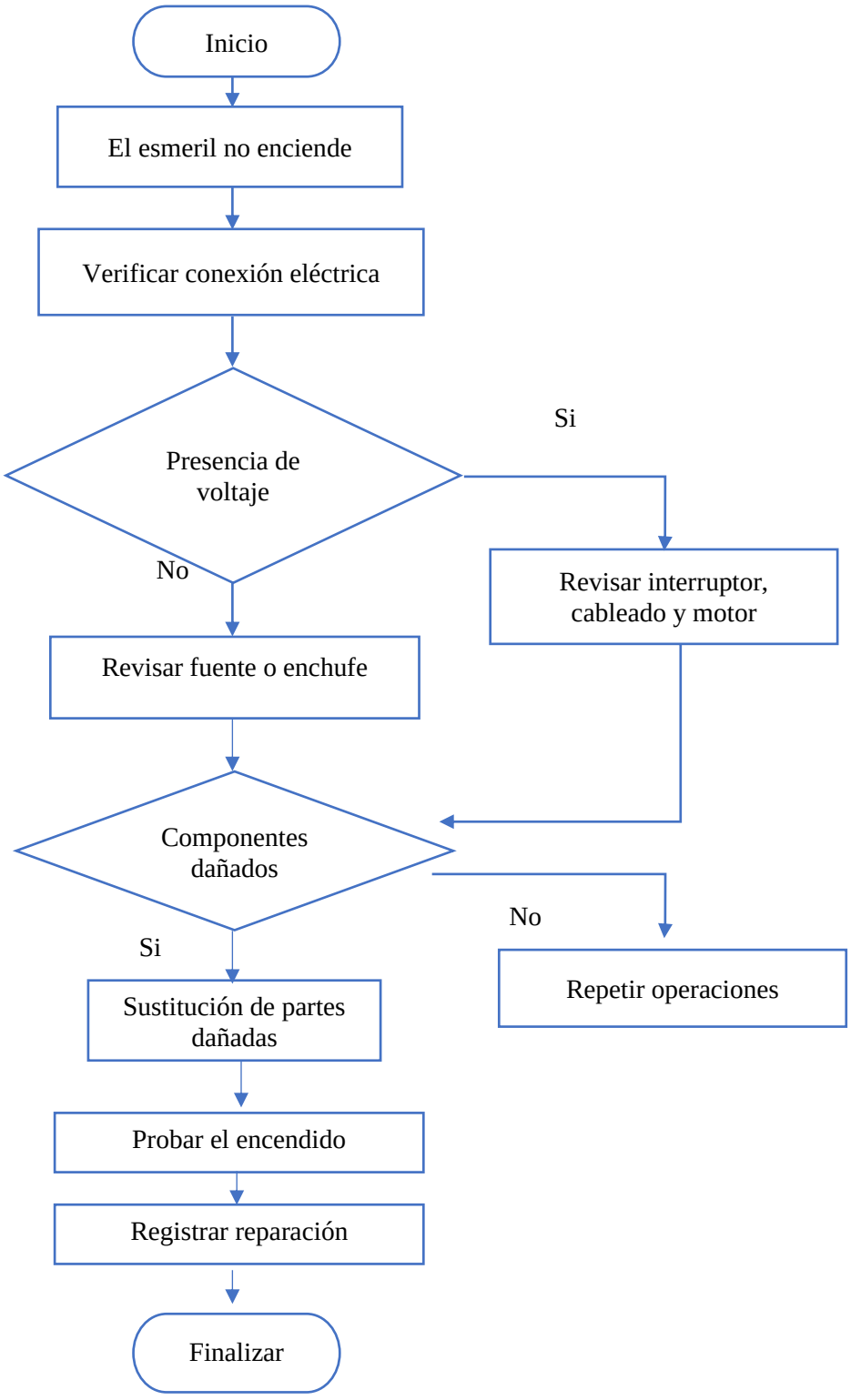


Fig. 32. Diagrama de la presencia de fallo de encendido de un Esmeril de Banco

3.5.7.7. Cizalla / Guillotina CNC

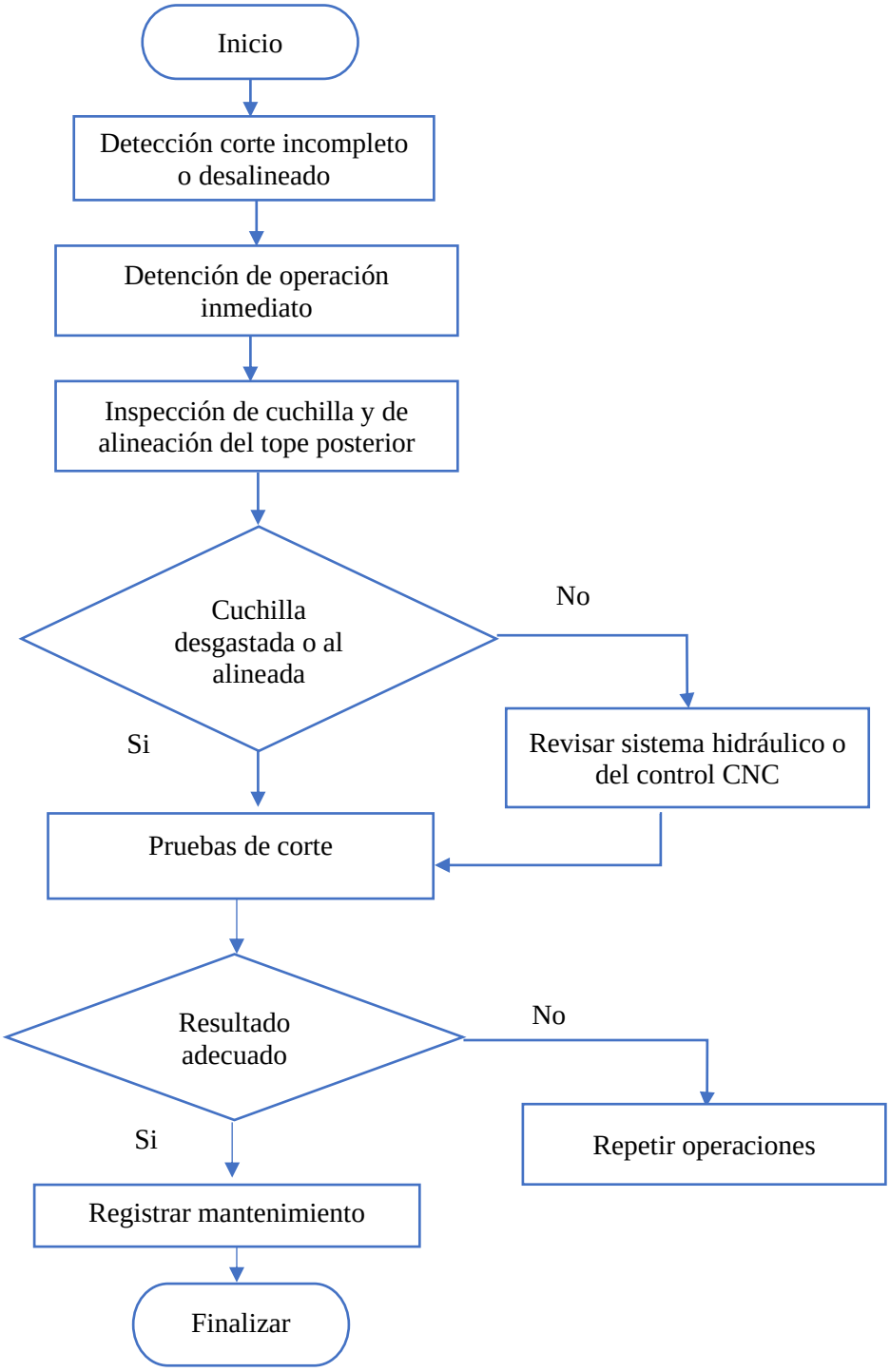


Fig. 33. Diagrama de la falla de corte de una cizalla / guillotina CNC

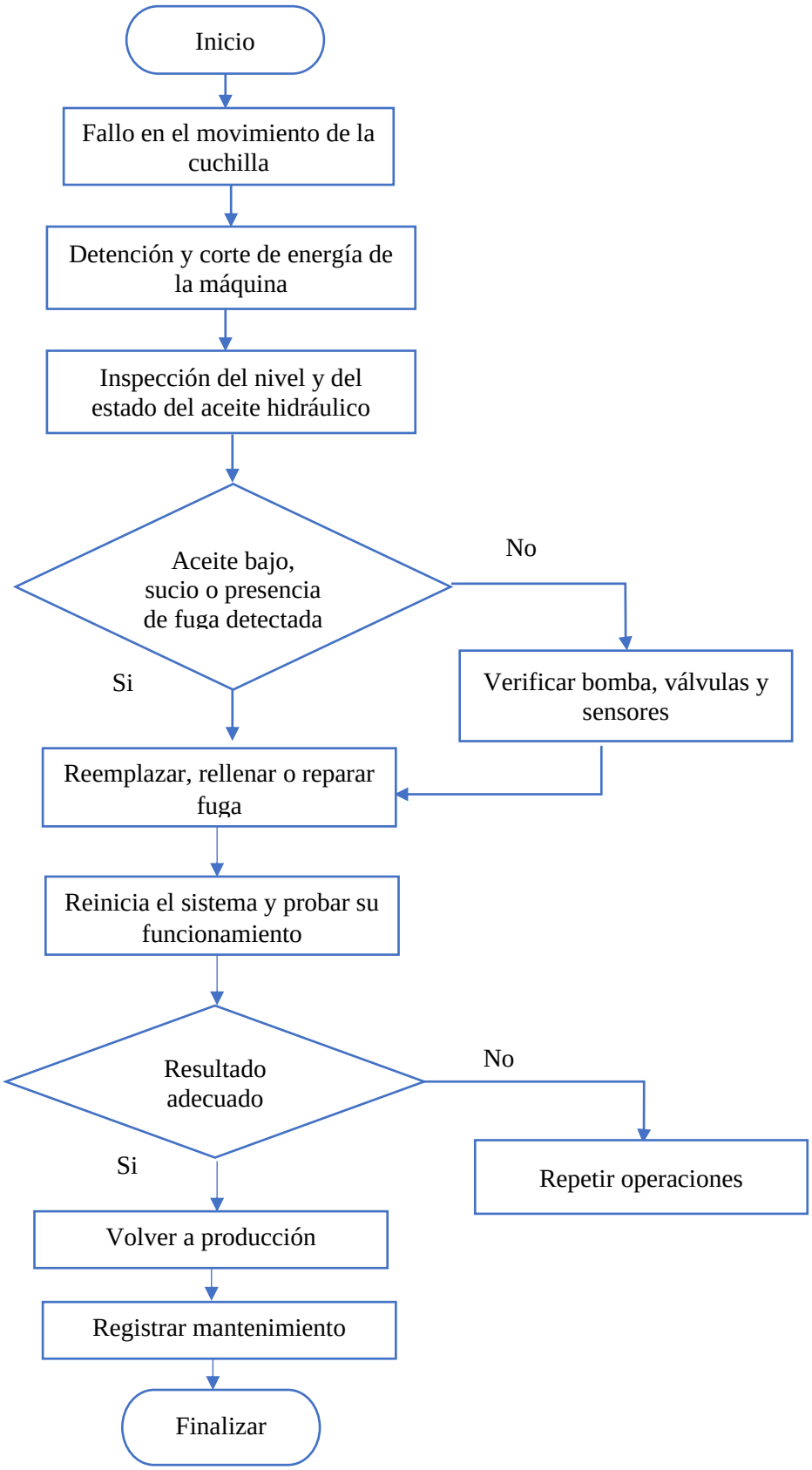


Fig. 34. Diagrama de una falla hidráulica de la cizalla / guillotina CNC

3.5.7.8. Soldadora GMAW

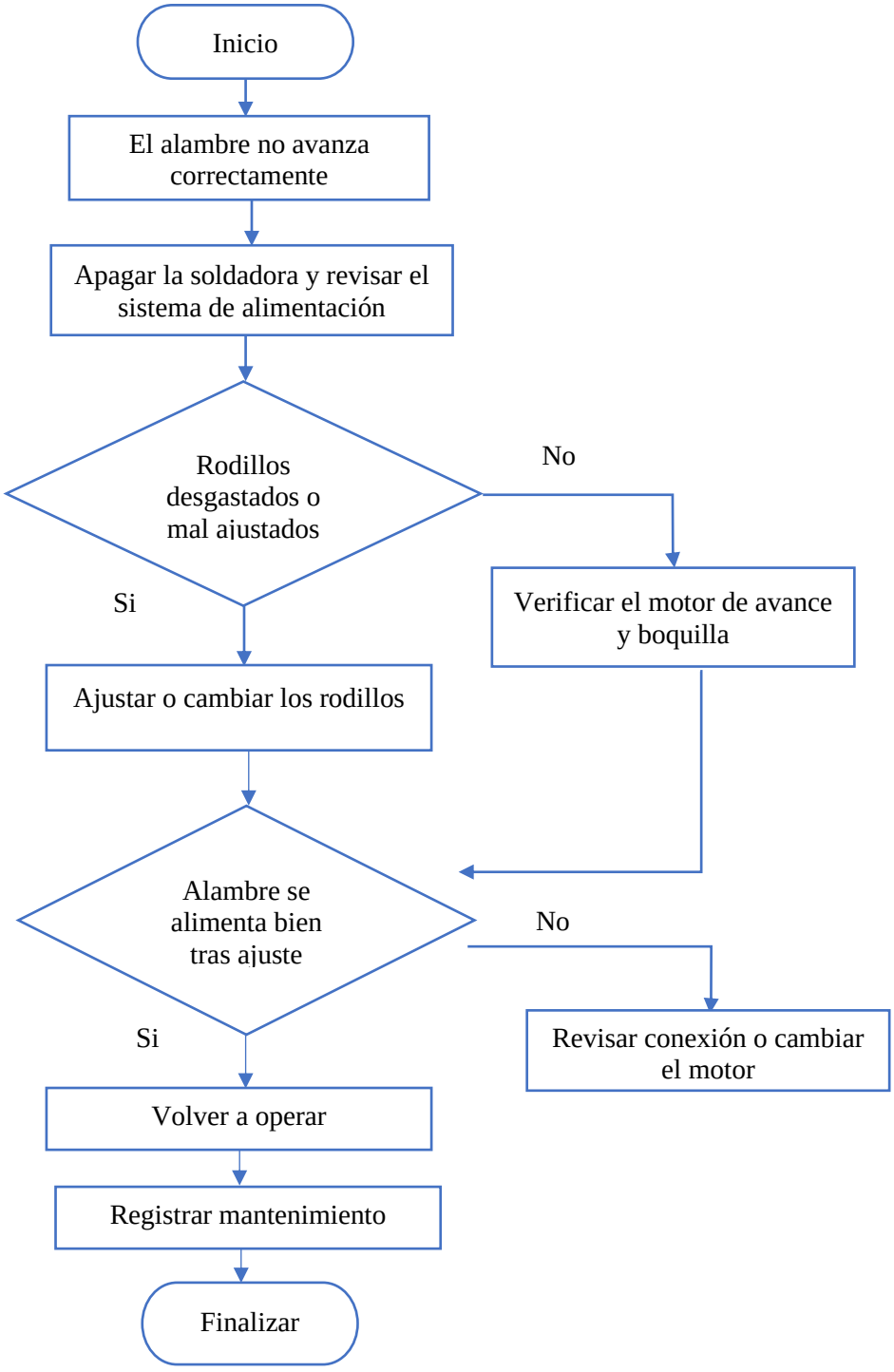


Fig. 35. Diagrama del problema de alimentación de alambre de la Soldadora GMAW

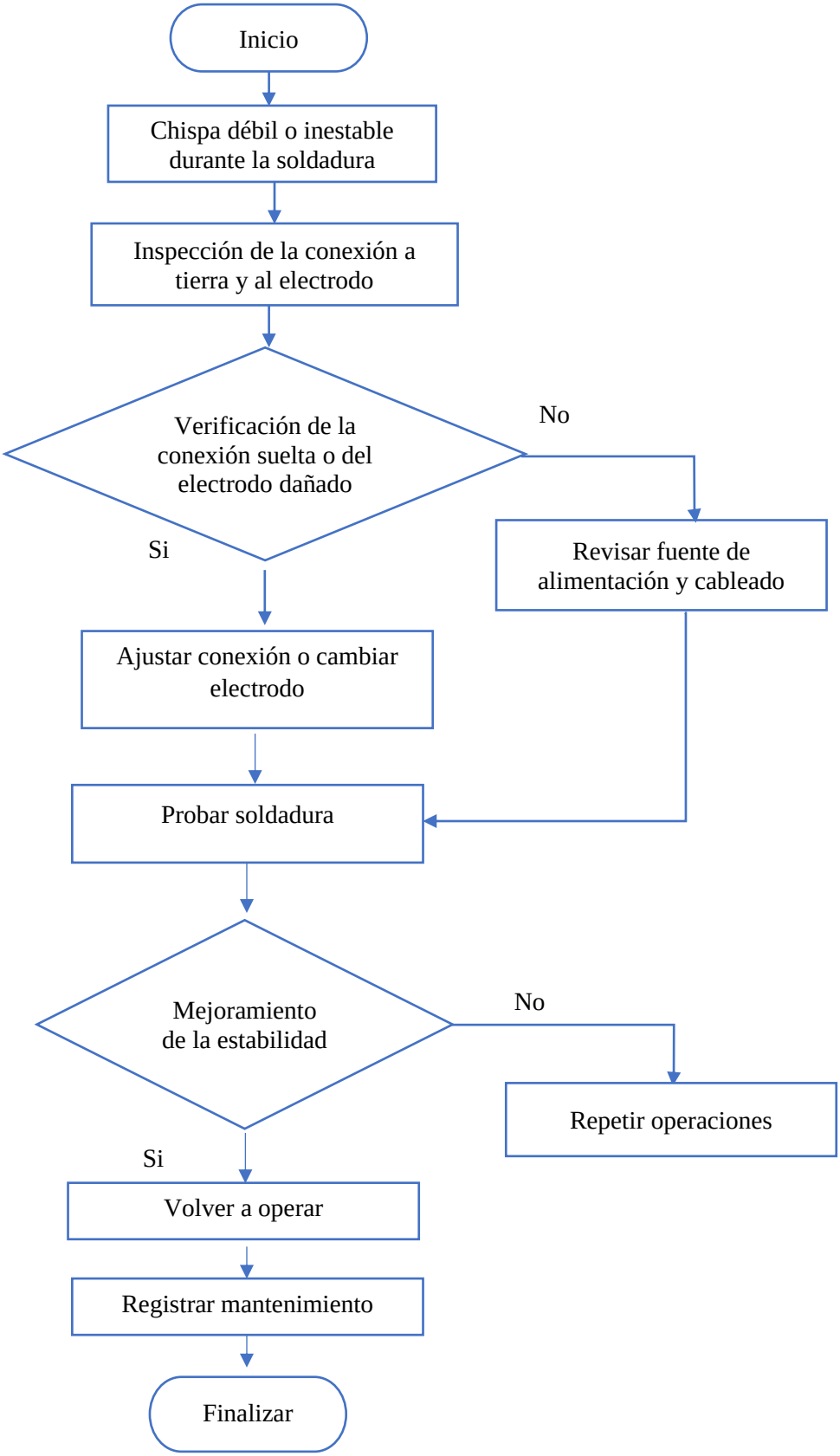


Fig. 36. Diagrama del problema de chispa débil o inestable de la Soldadora GMAW

3.5.7.9. Soldadora de Plasma

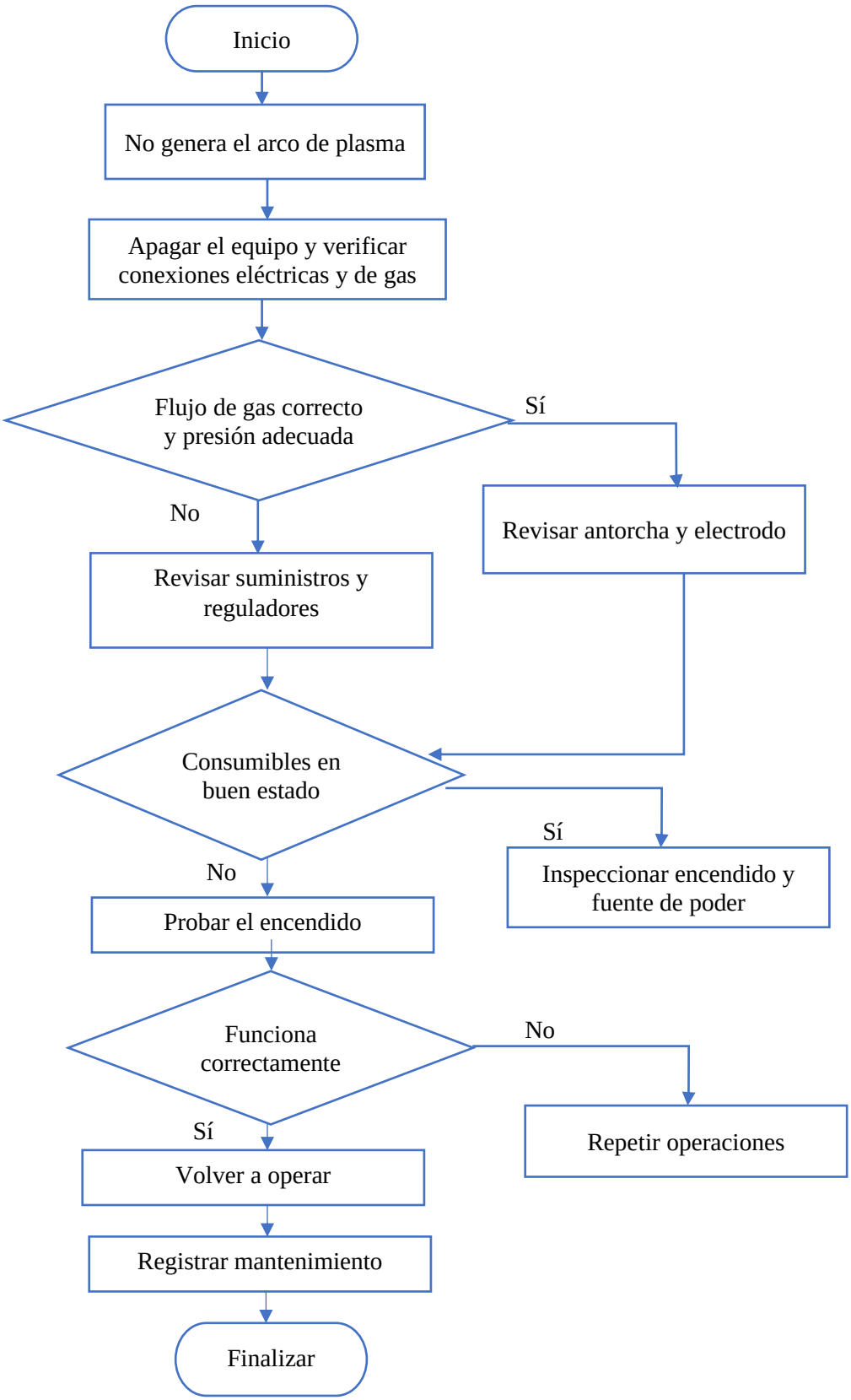


Fig. 37. Diagrama del problema que no genera el arco de plasma de la Soldadora de Plasma

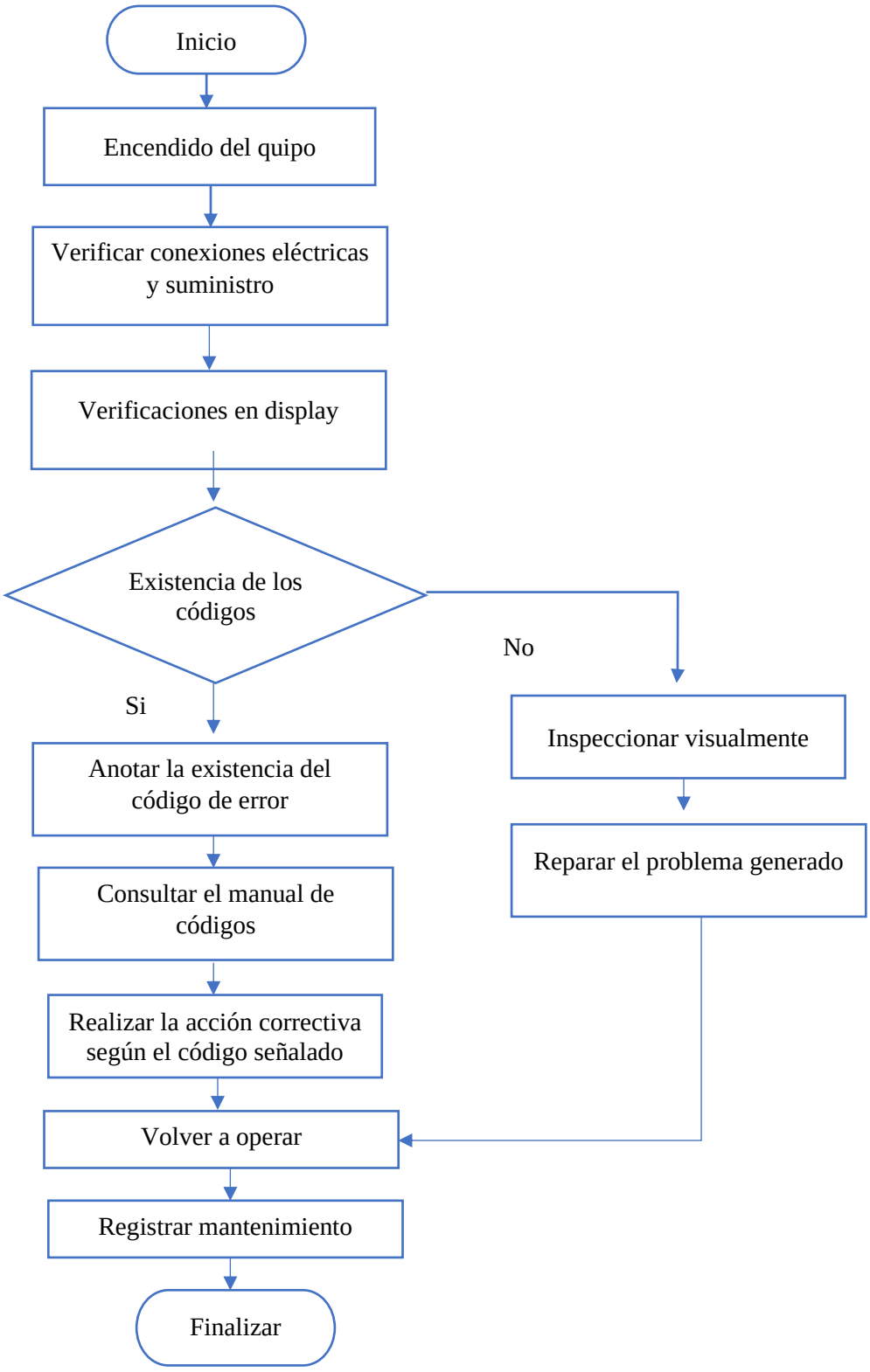


Fig. 38. Diagrama del problema que no enciende la Soldadora de Plasma

3.5.7.10. Generador a gas y combustible

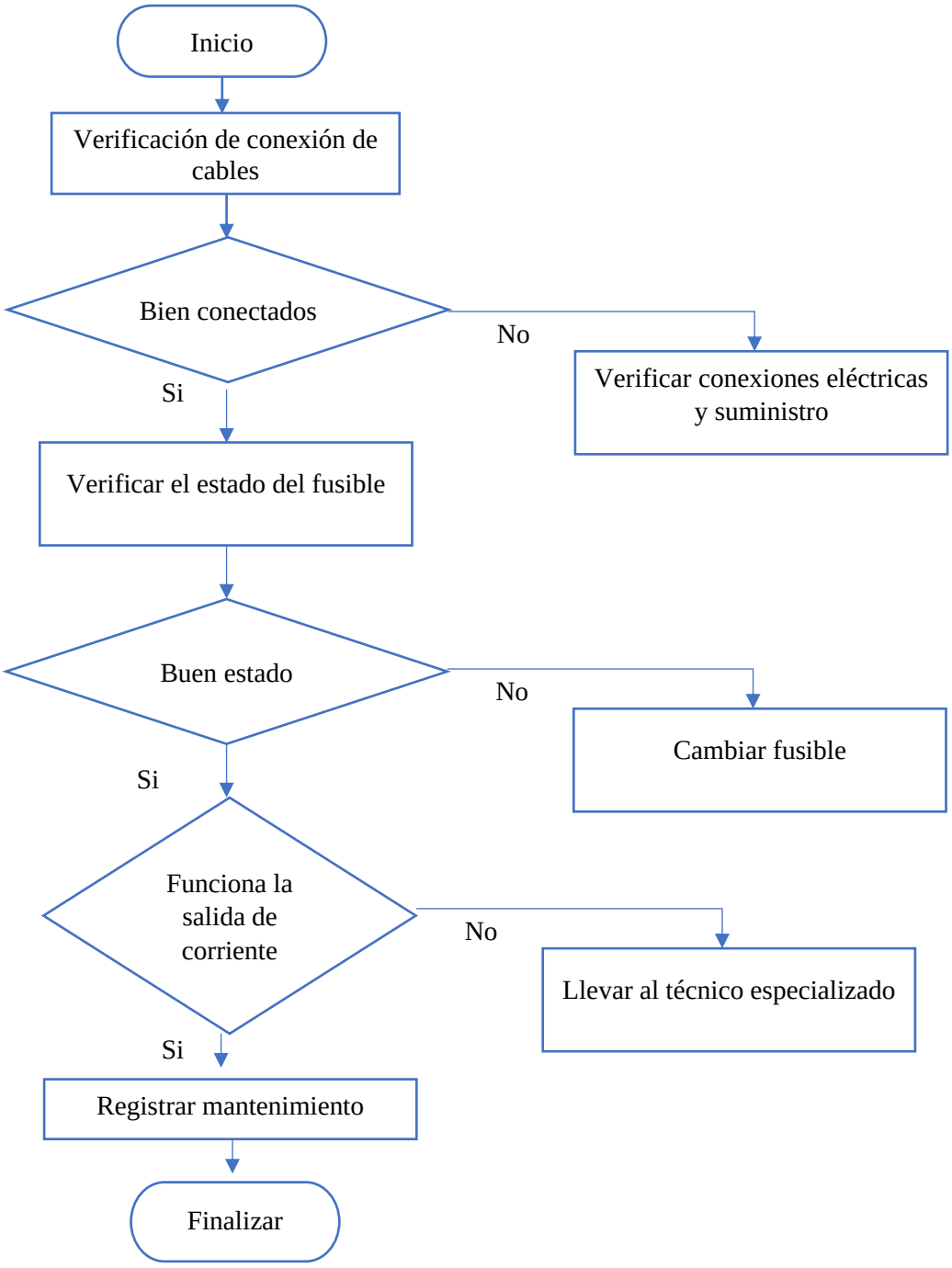


Fig. 39. Diagrama del generador arranca pero no genera energía

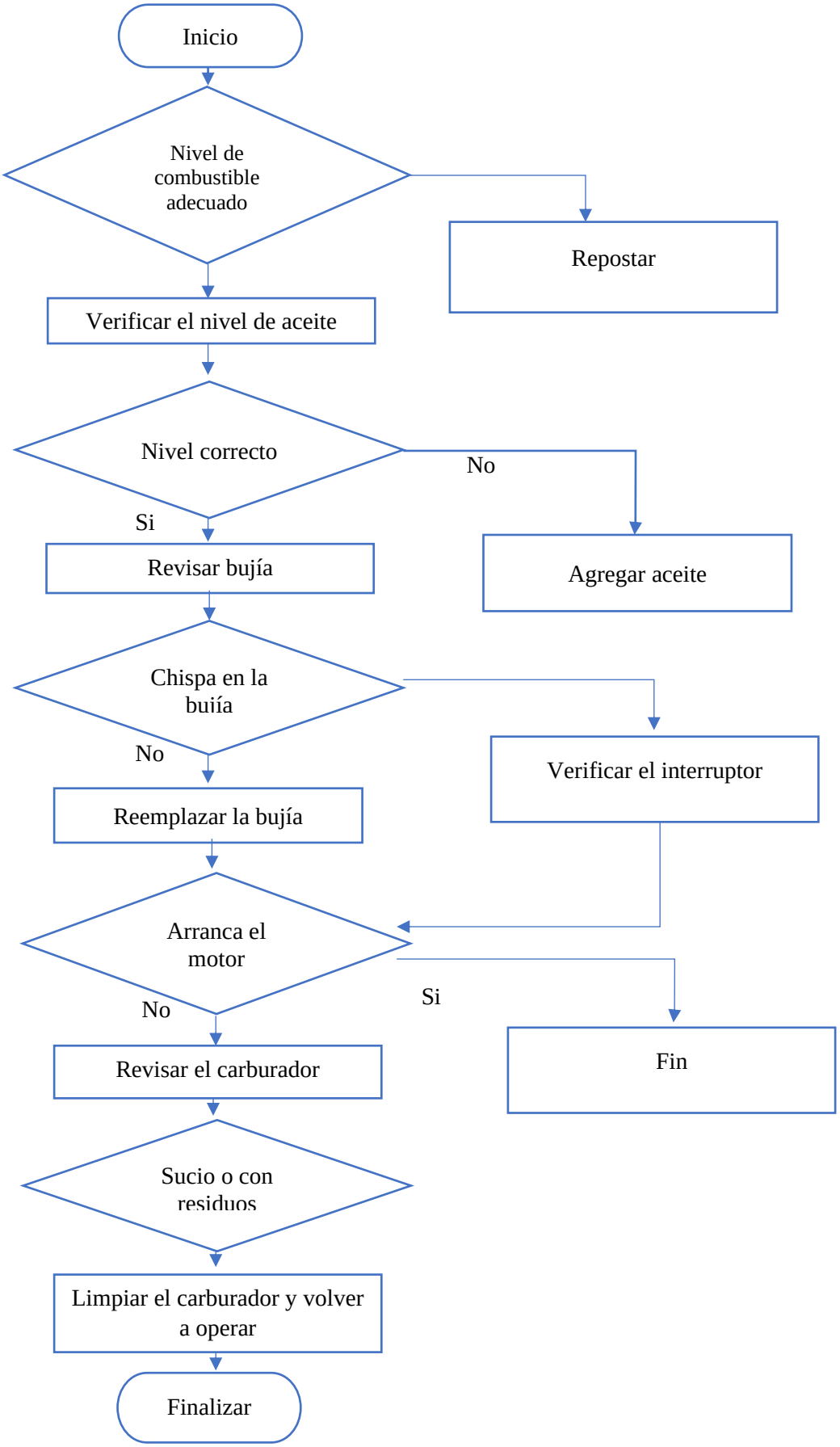


Fig. 40. Diagrama del problema que el Generador no enciende

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se logró exitosamente actualizar de manera integral el plan de mantenimiento mediante la implementación efectiva de diversas estrategias correctivas y preventivas, las cuales han demostrado ser fundamentales para optimizar y potenciar la eficiencia operativa de la planta de manera significativa. Esta actualización representa un avance significativo en la gestión eficiente de los equipos industriales, al reducir de manera considerable la incidencia de fallos imprevistos y garantizar una mayor continuidad en los procesos productivos. Se ha implementado sobre un amplio conjunto de maquinaria especializada, que incluye un compresor industrial, cortadora de metal, dobladora manual, nibladora, torno eléctrico y mecánico, esmeril de banco, Cizalla / Guillotina, puente grúa, soldadora GMAW, soldadora de plasma, generador a gasolina y a gas, esmeriladora angular y un taladro percutor; comenzando con la codificación detallada y un exhaustivo análisis externo de cada una de las máquinas.

- El análisis detallado reveló importantes debilidades en la eficacia y eficiencia del plan de mantenimiento actualmente implementado, especialmente en lo que respecta a los tiempos prolongados requeridos para llevar a cabo las reparaciones necesarias y los intervalos de operación que no están siendo aprovechados de manera óptima. Esta valiosa información proporcionada ha permitido identificar de manera clara y precisa las necesidades prioritarias de mantenimiento correctivo y predictivo, lo cual ha dirigido de forma efectiva las acciones específicas hacia la optimización y el incremento del rendimiento operativo de los activos en cuestión.

- La aplicación y puesta en marcha de la matriz de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) ha posibilitado de forma metódica y organizada la identificación de los diversos modos potenciales de fallo, así como sus respectivas causas, en los equipos de vital importancia dentro de las instalaciones de la planta. Este minucioso análisis proporcionó una

comprensión exhaustiva y pormenorizada del comportamiento de los sistemas ante una amplia variedad de escenarios potenciales de falla. En simultáneo, se llevó a cabo el cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), una herramienta esencial para la clasificación jerárquica de los riesgos en función de su gravedad, frecuencia y capacidad de detección, lo cual posibilitó la priorización efectiva de las medidas de mantenimiento correctivo y preventivo, centrándose en los sucesos que constituyen un peligro inminente para el funcionamiento.

- Como parte fundamental del exhaustivo análisis técnico realizado, se identificaron y definieron meticulosamente una serie de indicadores de vital importancia para el mantenimiento eficiente de los equipos. Entre estos indicadores se encuentran el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), que representa el tiempo promedio necesario para llevar a cabo una reparación; la tasa de fallos (λ), que indica la frecuencia con la que se presentan fallos en el sistema; la disponibilidad operativa (D), que refleja el tiempo en el que el sistema se encuentra en condiciones de operar sin interrupciones; la confiabilidad del sistema (R), que muestra la capacidad del sistema para desempeñar sus funciones sin errores durante un periodo determinado; y la frecuencia de fallos (F), que cuantifica la cantidad de fallos que se presentan en un lapso específico. Con el propósito de lograr este objetivo, se llevaron a cabo la creación de diagramas detallados que establecen una correlación directa entre el tiempo requerido para efectuar reparaciones y el Tiempo Medio entre Fallos (MTBF), lo cual posibilitó la identificación de tendencias y pautas de comportamiento en diferentes niveles de análisis. A partir de los datos recopilados en el estudio, se desarrollaron modelos de ajuste con diversas tendencias matemáticas, como lineales, logarítmicas y exponenciales, los cuales ofrecen una perspectiva detallada y rigurosa sobre el rendimiento de los equipos. Estos modelos resultan fundamentales para respaldar la toma de decisiones estratégicas en el ámbito de la gestión del mantenimiento.

- Se elaboró minuciosamente un detallado y exhaustivo plan estratégico de mantenimiento correctivo y preventivo, centrado específicamente en los equipos de mayor relevancia y vital importancia para el óptimo desempeño de las operaciones en la planta industrial Miral. Este plan incluye un análisis

profundo de las necesidades de mantenimiento, la asignación de recursos adecuados y la implementación de medidas proactivas para garantizar la eficiencia y la continuidad de las operaciones en todo momento. El objetivo principal de esta iniciativa es lograr la máxima eficiencia operativa y reducir al mínimo los tiempos de inactividad no planificados. Con el objetivo de alcanzar dicho propósito, se establecieron intervalos temporales específicos detalladamente, se elaboraron cuidadosamente tareas específicas y se asignaron de manera precisa encargados responsables, teniendo en cuenta criterios técnicos relevantes y la experiencia previa en relación a las averías de cada equipo.

4.2. Recomendaciones

- Para mejorar la eficiencia y garantizar un mantenimiento óptimo en la planta Miral, es altamente recomendable la implementación de un enfoque integral y completo que incorpore de forma equilibrada tanto acciones correctivas como preventivas. Esto permitirá garantizar una respuesta efectiva y oportuna a las diversas demandas operativas y estratégicas que enfrenta la compañía en su día a día, lo cual resulta fundamental para asegurar un funcionamiento eficiente, sostenible y óptimo de las instalaciones a lo largo de un extenso período de tiempo, contribuyendo así al logro de los objetivos organizacionales a largo plazo.

- Es sumamente importante llevar a cabo la recopilación exhaustiva y el análisis detallado de toda la información histórica relacionada con la operación y mantenimiento de los equipos, incluyendo datos sobre los periodos de inactividad, la frecuencia con la que se presentan las fallas, los diferentes tipos de averías que se han registrado y los lapsos de tiempo en los que se ha dado respuesta a dichas incidencias. A partir de la recopilación y análisis detallado de estos datos, se deben calcular indicadores clave como el MTBF (tiempo medio entre fallas) y el MTTR (tiempo medio de reparación), los cuales permitirán evaluar de manera precisa y exhaustiva la efectividad del mantenimiento existente en la organización. Este exhaustivo análisis permitirá identificar de manera minuciosa y detallada oportunidades de mejora,

actualizar procedimientos obsoletos y detectar necesidades imperativas de migrar hacia enfoques predictivos en equipos de alta criticidad o frecuencia de fallo; evaluando minuciosamente si la documentación técnica está debidamente actualizada y si los procesos actuales están plenamente alineados con los objetivos estratégicos de eficiencia operativa.

- Para poder identificar de manera exhaustiva los posibles fallos y los diferentes modos en que estos pueden manifestarse en los equipos, se recomienda la aplicación de la metodología AMFE (Análisis de Modos y Efectos de Fallo). Esta técnica facilita la detección y evaluación minuciosa de los riesgos inherentes a cada uno de los componentes, lo cual resulta fundamental para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro de los equipos en cuestión. Esta herramienta resulta fundamental e imprescindible para llevar a cabo la clasificación de los diferentes modos de fallo en función de su gravedad, probabilidad de ocurrencia y capacidad de detección, lo cual conduce a la determinación y evaluación del Índice de Prioridad de Riesgo (IPR). La evaluación de los procesos industriales debe llevarse a cabo de manera colaborativa, integrando a todo el personal relacionado, incluyendo a los equipos de mantenimiento, producción y control de calidad. Esto garantizará una perspectiva global y detallada que permitirá identificar posibles áreas de mejora de forma más precisa y efectiva. Una vez que se hayan identificado los modos de fallo más críticos en el sistema, es fundamental establecer y ejecutar medidas preventivas específicas con el objetivo de minimizar su impacto negativo. Es crucial asignar de manera estratégica los recursos disponibles hacia aquellas acciones que puedan reducir de forma significativa la probabilidad de ocurrencia de fallos graves y sus consecuencias.

- Se sugiere comenzar con la elaboración de una detallada matriz de criticidad. Esta herramienta resultará fundamental para establecer un orden de prioridad en cuanto a los activos que son considerados más significativos para el funcionamiento óptimo de la instalación. Una vez que los problemas han sido identificados de manera precisa, es fundamental proceder a establecer claramente las actividades específicas que se llevarán a cabo en el mantenimiento, los intervalos de tiempo óptimos para realizar cada

intervención y asignar de manera precisa a los responsables de ejecutar cada una de las tareas asignadas. Emplear un enfoque estratégico que no solo incremente de manera significativa la eficiencia de las tareas operativas, sino que también garantice una mayor disponibilidad operativa, confiabilidad y una prolongación sustancial de la vida útil de los equipos críticos involucrados en los procesos industriales.

MATERIALES DE REFERENCIAS

[1] J. González, J. Loyo, M. López, P. Pérez, y A. Cruz, «Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE», *Rev. Ing. Ind*, vol. 17, n.º 3, pp. 209-225, ene. 2019, doi: 10.22320/S07179103/2018.12.

[2] S. Fuentes, «Análisis y propuesta de mejora en los procesos de operación y mantenimiento de una empresa almacenadora de materia prima de balanceados ubicada en la ciudad de Durán», Posgrado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2024.

[3] M. Mago y S. Rocha, «Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS», *Ciencia y Poder Aéreo*, vol. 16, n.º 2, pp. 98-111, nov. 2021, doi: 10.18667/cienciaypoderaereo.703.

[4] O. Campos, G. Tolentino, M. Toledo, y R. Tolentino, «Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos», *Científica*, vol. 23, n.º 1, pp. 51-59, 2019.

[5] D. Mesa, Y. Ortiz, y M. Pinzón, «La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento», *Scientia Et Technica*, vol. XII, n.º 30, pp. 155-160, 2006.

[6] C. Arroyo y R. Obando, «Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos», *ESCI*, vol. 4, n.º 10, pp. 59-69, jun. 2022, doi: 10.53734/esci.vol4.id240.

[7] W. Ochoa y J. Tenecela, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo mediante un análisis de criticidad para los vehículos utilitarios del departamento de Cuerpo de Bomberos del cantón Pasaje», Carrera de Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2022. [En línea]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21838/1/UPS-CT009557.pdf

[8] J. Martínez, «Estrategias de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)», Inspenet. [En línea]. Disponible en: https://inspenet.com/articulo/mantenimiento-industrial-y-confiabilidad/

[9] J. Zegarra y J. Mendoza, «Gestión de Disponibilidad del Mantenimiento Preventivo en Flotas de Apiladores Eléctricos», *Ciencia Latina*, vol. 8, n.º 4, pp. 13738-13750, nov. 2024, doi: 10.37811/cl_rcm.v8i5.14183.

[10] J. G. Monsalve, «Elaboración de un plan de mantenimiento para la Empresa Gráficas Buda S.A.S.», Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2016. [En línea]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/368490e3-17b8-4814-b23c-1af83a6b0153/content

[11] A. Galván, O. Alvarez, y E. Alcantara, *Inspección técnica vehicular en América Latina*, Primera. Estudio Bilder, 2014.

[12] R. Marrero, E. Martínez, J. Vilalta, V. García, y M. Basile, «La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos», *Ingeniería Industrial*, vol. XLIII, n.º 4, pp. 1-17, 2022.

[13] M. Ramírez, J. Ramírez, Á. Mera, y L. Palacios, «Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de un vehículo tipo Buggy», *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, vol. 9, n.º 6, pp. 65-76, 2024.

[14] M. Pillado, V. Castillo, y J. De La Riva, «Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas», *RIDE*, vol. 12, n.º 24, pp. 1-17, jun. 2022, doi: 10.23913/ride.v12i24.1218.

[15] Mobility Work, «Mantenimiento preventivo: todo lo que tienes que saber». [En línea]. Disponible en: https://mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-preventivo/

[16] J. Cabrera y H. Araque, «Mejoras al programa de mantenimiento de máquinas deslodadoras para la extracción de aceite de palma», *Ingeniería Mecánica*, vol. 13, n.º 3, pp. 28-32, 2010.

[17] A. Amaguaña, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el ascensor del edificio de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería

Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato», Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.

[18] A. Urquiza, «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas en la empresa Cynara Perú S.A.C., 2021», Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Continental, Lima, Perú, 2023.

[19] R. Torres, L. Pérez, T. Carlos, R. Pérez, y J. De la Rosa, «Criterios de criticidad y complejidad para la toma de decisiones de mantenimiento: una revisión de la literatura», . *ISSN*, vol. 27, n.º 2, pp. 1-12, jun. 2024.

[20] M. Romero, «Diseño y aplicación de ARTÍCULO TÉCNICO un Análisis de Criticidad, interpretación de resultados y planes de acción sugeridos», *ARTÍCULO TÉCNICO*, pp. 84-90, 2025.

[21] R. Astudillo y R. Criollo, «Análisis del Modo y Efectos de Fallo (AMEF) para la empresa TEDASA S.A.», Carrera de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2022.

[22] M. Bestratén, «NTP 679. Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.», *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, n.º 679, p. 8, 2004.

[23] C. Yugcha, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de soldadura en los procesos SMAW, GMAW, GTAW Y PAW en la empresa Carrocerías YUAYSA», Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.

[24] C. Montilla, *Fundamentos de mantenimiento industrial*. Universidad Tecnológica de Pereira, 2016. doi: 10.22517/9789587224092.

[25] Norma Europea, *Terminología del Mantenimiento*, vol. 13306. 2018, p. 38. [En línea]. Disponible en: https://www.studocu.com/ec/document/universidad-estatal-del-sur-de-manabi/mecanica-de-suelos/une-13306-2018-terminologia-del-mantenimiento/22106788

[26] A. Almanza, C. González, E. Fuentes, K. Rojas, M. Sáenz, y. Mitre, «Análisis Modal de Fallas y Efectos – AMFE – en Taludes», *Revista de Iniciación Científica*, n.º 1, pp. 19-27, 2015.

[27] O. Fariña, A. Vornetti, G. Améndola, M. Gelmi, S. Bilotto, y S. Gobbi, «Plan Maestro para el mantenimiento de los caminos rurales en el Partido (Municipio) de Olavarría», *Ingeniería*, vol. 16, n.º 1, pp. 71-80, 2012.

[28] S. Rojas, «Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE)», *3C Tecnología*, vol. 29, n.º 1, pp. 64-75, mar. 2019, doi: 10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/64-75.

[29] M. Tamariz, «Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa de MIRASOL.S.A.», Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Cuenca, Cuenca, 2014.

[30] A. Arcos, A. Lizarzaburu, B. Marín, y Á. Arcos, «¿Cómo es la gestión de mantenimiento de una empresa metalmecánica?», *Revista Científica ‘‘INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, vol. 6, n.º 12, pp. 51-63, 2023.

[31] C. Morales, «Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Imprenta “MORALES” de la ciudad de Ambato», Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.

[32] C. Pinzón, «Indicadores clave de desempeño en la gestión de mantenimiento», *CMMS here*, pp. 1-11, 2024.

[33] D. Acosta, «Análisis de la variación del ambiente térmico en el habitáculo de un autobús, para minimizar el impacto de la temperatura en los pasajeros», Maestría en Ingeniería Mecánica con mención en Diseño De Sistemas Mecánicos, Hidráulicos Y Térmicos, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2023.

[34] B. Atacusí, «Diseño de la estructura del autobús interprovincial modelo IM9 sobre chasis Mercedes Benz O500 RS 1836 MIRAL autobuses en base a la seguridad al vuelco», Maestría en Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.