



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA MECÁNICA

TEMA:

“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”

AUTORA: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga

TUTOR: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

AMBATO – ECUADOR

2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniera Mecánica, con el tema: **“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”**, elaborado por la Srta. Catherin Mishel Yugcha Pilamunga, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804228227, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico que:

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

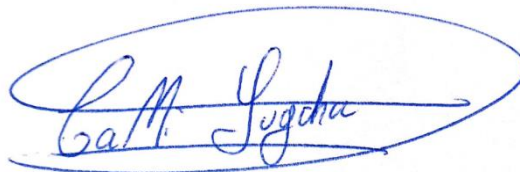
Ambato, Septiembre 2022

Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Catherin Mishel Yugcha Pilamunga**, con C.I. 1804228227 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“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”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2022



Catherin Mishel Yugcha Pilamunga

C.I: 1804228227

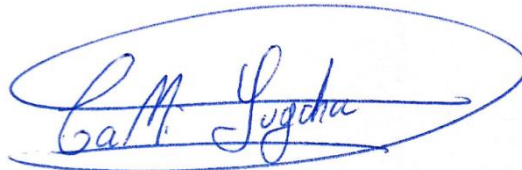
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Septiembre 2022



Catherin Mishel Yugcha Pilamunga

C.I: 1804228227

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por la estudiante Catherin Mishel Yugcha Pilamunga, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“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”**.

Ambato, Septiembre 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui
Miembro Calificador

Ing. Mg. María Belén Paredes Robalino
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación para mis amados padres Wilber Yugcha y Orfelina Pilamunga, quienes día a día con cada palabra y consejo de aliento me han inculcado grandes valores y virtudes. Con su bendición a lo largo de mi vida me han guiado por el camino del bien y con su infinito amor me han brindado grandes enseñanzas y hoy se ve reflejado en este gran logro.

Para mi hermano Carlos, quien constantemente me apoyado en cada momento y a pesar de los buenos y malos momento que hemos tenido que pasar en familia, siempre hemos estado juntos para sobrellevar cualquier dificultad y así esforzarnos día a día para cumplir cada uno de nuestros propósitos.

Con mucho amor,

CATHERIN

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme su bendición y sabiduría en el transcurso de mi etapa estudiantil, por la salud, por la vida junto a mi maravillosa familia, para terminar con éxito y felicidad esta etapa tan importante en mi vida.

Gracias a mis padres Wilber y Orfelina por su infinito amor, esfuerzo y sacrificio para sacarme adelante, por su apoyo incondicional y confianza que siempre me han tenido para continuar con mis estudios y formarme como persona.

A mi hermano Carlos, por ser mi guía y pilar fundamental en el recorrido de mi carrera profesional quien, con su cariño y amor siempre ha estado conmigo. Gracias también a toda mi familia en general que desde pequeña me ayudaban y apoyaban en cualquier circunstancia que yo pasaba.

Agradezco a cada uno de los Docentes de la Universidad Técnica de Ambato, por impartirme sus conocimientos en cada uno de los cursos recibidos. Mi gratitud al Ing. Mg. Christian Castro por aceptar ser tutor de este trabajo, y de manera especial también al Ing. Mg. Jorge López y la Ing. Mg María Belén Paredes, quienes con su gran conocimiento me guiaron para terminar de manera exitosa este trabajo.

Mi gratitud a todos,

CATHERIN

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Fundamentación teórica	4
1.3.1. Generalidades del mantenimiento industrial	4
1.3.2. Objetivos implícitos del mantenimiento	5
1.3.3. Indicadores del mantenimiento	5
1.3.4. Clasificación del mantenimiento industrial	7
1.3.5. Mantenimiento preventivo	8
1.3.5.1. Generalidades y características	9

1.3.5.2.	Actividades prioritarias en el mantenimiento preventivo	10
1.3.5.3.	Estructura del diseño de un plan de mantenimiento	10
1.3.5.4.	Recomendaciones para el mantenimiento preventivo	11
1.3.6.	Inventario	11
1.3.7.	Fichero de las máquinas	12
1.3.8.	Fichero histórico.....	13
1.3.9.	Dossier.....	13
1.3.10.	Matriz de Fallos Modales AMFE.....	13
1.3.10.1.	Terminologías usadas en AMFE.....	14
1.3.10.2.	Cálculo del índice de prioridad de riesgo (NPR).....	14
1.3.10.3.	Definiciones prioritarias de un AMFE.....	15
1.3.10.4.	Criterios NTP 679.....	16
1.3.11.	Análisis de criticidad.....	16
1.3.12.	Bitácoras y gamas de mantenimiento.....	18
1.3.13.	Generalidades y tipos de soldadura.....	19
1.3.14.	Soldadura SMAW	19
1.3.14.1.	Procedimiento de la soldadura SMAW	20
1.3.14.2.	Descripción del equipo de la soldadura SMAW.....	20
1.3.15.	Soldadura GMAW	21
1.3.15.1.	Procedimiento de la soldadura GMAW	22
1.3.15.2.	Descripción del equipo de la soldadura GMAW	22
1.3.16.	Soldadura GTAW.....	23
1.3.16.1.	Procedimiento de la soldadura GTAW.....	24
1.3.16.2.	Descripción del equipo de la soldadura GTAW	24
1.3.17.	Soldadura PAW.....	25
1.3.17.1.	Procedimiento de la soldadura PAW	25
1.3.17.2.	Descripción del equipo de la soldadura PAW	26

CAPÍTULO II.....	27
METODOLOGÍA	27
2.1. Materiales y recursos	27
2.1.1. Recursos humanos.....	27
2.1.2. Recursos materiales.....	27
2.1.3. Recursos institucionales	28
2.1.4. Recursos económicos	28
2.2. Métodos	28
2.2.1. Nivel o tipo de investigación.....	28
2.2.1.1. Bibliográfica documental.....	28
2.2.1.2. Explicativo	29
2.2.1.3. Descriptivo.....	29
2.2.1.4. Deductivo.....	29
2.2.1.5. Investigación de campo	29
2.3. Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento.....	29
CAPITULO III.....	31
DESARROLLO DEL PROYECTO	31
3.1. Modelo operativo.....	31
3.1.1. Diagnóstico de la situación actual de la maquinaria	31
3.1.2. Evaluación externa de la maquinaria	31
3.1.3. Inventario de máquinas	32
3.1.4. Aspectos importantes previo al plan de mantenimiento	36
3.1.5. Fichas técnicas de la maquinaria.....	36
3.2. Parámetros utilizados.....	41
3.2.1. Estadísticos de máquinas.....	41
3.2.2. Análisis de modos y efectos de fallo AMFE.....	57
3.3. Análisis de criticidad	75

3.4. Fiabilidad e in fiabilidad de los equipos de soldadura	82
3.5. Gamas de mantenimiento	91
CAPITULO IV	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación del mantenimiento industrial.	8
Figura 2. Actividades prioritarias del mantenimiento preventivo.	10
Figura 3. Ejemplo de una ficha técnica de una máquina o equipo	12
Figura 4. Partes de la matriz de fallos AMFE.....	14
Figura 5. Formato AFME.....	15
Figura 6. Matriz de Criticidad.....	17
Figura 7. Formato de Bitácora de mantenimiento de equipos.	18
Figura 8. Elementos en el proceso de soldadura SMAW.	20
Figura 9. Sistema de clasificación de electrodos.	21
Figura 10. Elemento de la soldadura GMAW.....	21
Figura 11. Soldadura GMAW.....	22
Figura 12. Equipo de la soldadura GMAW.	23
Figura 13. Esquema de soldadura GTAW.	23
Figura 14. Equipo de soldadura GTAW.	24
Figura 15. Soldadura PAW.....	25
Figura 16. Soldeo por plasma.	26
Figura 17. Equipo de soldadura PAW.	26
Figura 18. Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento.....	30
Figura 19. Tasa de fallos vs tiempo de operación SMAW, ecuación logarítmica... ..	52
Figura 20. Tasa de fallos vs tiempo de operación SMAW, ecuación exponencial.. ..	52
Figura 21. Tasa de fallos vs tiempo de operación GMAW, ecuación logarítmica	53
Figura 22. Tasa de fallos vs tiempo de operación GMAW, ecuación exponencial . ..	53
Figura 23. Tasa de fallos vs tiempo de operación GTAW, ecuación logarítmica	54
Figura 24. Tasa de fallos vs tiempo de operación GTAW, ecuación exponencial	55
Figura 25. Tasa de fallos vs tiempo de operación PAW, ecuación logarítmica	56
Figura 26. Tasa de fallos vs tiempo de operación PAW, ecuación logarítmica	56
Figura 27. Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura SMAW	83
Figura 28. Resumen mensual de la in fiabilidad del equipo de soldadura SMAW	84
Figura 29. Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura GMAW.....	86
Figura 30. Resumen mensual de la in fiabilidad del equipo de soldadura GMAW	86
Figura 31. Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura GTAW	88

Figura 32.	Resumen mensual de la in fiabilidad del equipo de soldadura GTAW...	88
Figura 33.	Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura PAW	90
Figura 34.	Resumen mensual de la in fiabilidad del equipo de soldadura PAW	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recursos económicos	28
Tabla 2. Inventario de las máquinas y equipos de la empresa “Carrocerías YUAYSA”	33
Tabla 3. Ficha técnica de la Soldadora SMAW o eléctrica.....	37
Tabla 4. Ficha técnica de la Soldadora GMAW	38
Tabla 5. Ficha técnica de la Soldadora GTAW.....	39
Tabla 6. Ficha técnica de la Soldadora PAW	40
Tabla 7. Fórmulas necesarias para la elaboración del Estadístico de Máquinas [12].	41
Tabla 8. Estadístico del equipo de soldadura SMAW.....	42
Tabla 9. Estadístico de la Suelda GMAW.....	44
Tabla 10. Estadístico de la Suelda GTAW.....	47
Tabla 11. Estadístico de la Suelda PAW.....	50
Tabla 12. Tabla de valores para la realización de la matriz AMFE [18].	57
Tabla 13. Matriz AMFE del equipo de soldadura SMAW	58
Tabla 14. Matriz AMFE del equipo de soldadura GMAW.....	62
Tabla 15. Matriz AMFE del equipo de soldadura GTAW.....	68
Tabla 16. Matriz AMFE del equipo de soldadura PAW	73
Tabla 17. Puntuación de factores de trabajo para determinación de valores de criticidad de los elementos de máquinas [22].	75
Tabla 18. Análisis de criticidad del equipo de soldadura SMAW	76
Tabla 19. Análisis de criticidad del equipo de soldadura GMAW	77
Tabla 20. Análisis de criticidad del equipo de soldadura GTAW.....	78
Tabla 21. Análisis de criticidad del equipo de soldadura PAW.....	79
Tabla 22. Nivel de criticidad del equipo de soldadura SMAW (v=valores).....	80
Tabla 23. Nivel de criticidad del equipo de soldadura GMAW (v=valores)	80
Tabla 24. Nivel de criticidad del equipo de soldadura GTAW (v=valores)	80
Tabla 25. Nivel de criticidad del equipo de soldadura PAW (v=valores).....	80
Tabla 26. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura SMAW)	81
Tabla 27. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura GMAW).....	81
Tabla 28. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura GTAW).....	81

Tabla 29. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura PAW).....	82
Tabla 30. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura SMAW	82
Tabla 31. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura GMAW	85
Tabla 32. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura GTAW	87
Tabla 33. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura PAW	89
Tabla 34. Código de colores para la identificación de la frecuencia de la actividad	91
Tabla 35. Membrete de la gama de mantenimiento general	92
Tabla 36. Gama de mantenimiento SMAW	93
Tabla 37. Gama de mantenimiento GMAW	94
Tabla 38. Gama de mantenimiento GTAW	95
Tabla 39. Gama de mantenimiento PAW.....	96

RESUMEN

La importancia del presente proyecto técnico radica en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de soldadura de la empresa Carrocerías YUAYSA. En esta empresa en el área de producción se encuentran cuatro equipos de soldadura de diferentes tipos: SMAW, GMAW, GTAW y PAW, en los cuales, se realizó un análisis de alta prioridad en cuanto al control y mantenimiento. Como primer punto se recopiló información básica, por parte, de las máquinas ya mencionadas haciendo énfasis en sus características técnicas, componentes principales y horas de trabajo, para el complemento de esta información se estableció una matriz AMFE y de criticidad para cada equipo, obteniendo así los componentes más críticos y las actividades preestablecidas para realizar el mantenimiento. Se analizaron tiempos como: tiempo medio entre fallos, tiempo medio de reparación, tiempo muerto, tiempo de operación, entre otros, permitiendo así establecer una disponibilidad de las máquinas para realizar el mantenimiento a través del cálculo de una tasa de fallos constate. Finalmente se elaboró gamas de mantenimiento con actividades preventivas previamente analizadas, las cuales detallan la frecuencia en la que serán ejecutadas cada mes del presente año, así mismo con todo este análisis se desarrolló un programa editable en un software libre de mantenimiento preventivo en las máquinas estudiadas, con un máximo de tres actividades por mes, que se entregó a la empresa en donde los operadores o personal encargado de estos equipos tendrán total disponibilidad para usarlo y desarrollar el plan de mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento de soldadoras, SMAW, GMAW, GTAW, PAW, Tiempos de operación, AMFE, Gamas de mantenimiento.

ABSTRACT

The importance of this technical project lies in the development of a preventive maintenance plan for the welding equipment of the company Carrocerías YUAYSA. In this company in the production area there are four different types of welding equipment: SMAW, GMAW, GTAW and PAW, in which a high priority analysis was carried out in terms of control and maintenance. As a first point, basic information was collected from the aforementioned machines, emphasizing their technical characteristics, main components and working hours. To complement this information, an FMEA and criticality matrix was established for each piece of equipment, thus obtaining the most critical components and the pre-established activities to perform maintenance. Times were analyzed such as: mean time between failures, mean repair time, downtime, operating time, among others, thus establishing machine availability for maintenance through the calculation of a constant failure rate. Finally, maintenance ranges were developed with preventive activities previously analyzed, activities which detail the frequency in which they will be executed each month of this year, likewise with all this analysis, an editable program was lost in a free preventive maintenance software in the machines studied, with a maximum of three activities per month, which was delivered to the company where the operators or personnel in charge of these teams will have total availability to use and develop the maintenance plan.

Keywords: Welding machine maintenance, SMAW, GMAW, GTAW, PAW, Operating times, AMFE, Maintenance ranges.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

En la actualidad con la aparición y establecimiento de la tecnología como principal herramienta industrial y comercial el sector productivo indispensablemente aplica maquinaria y componentes electrónicos para la optimización de materia prima y recursos, en base a esto uno de los principales aspectos a tomar en cuenta a nivel productivo es el mantenimiento industrial, que permita realizar acciones correctivas en el menor tiempo posible, la planificación adecuada para actividades preventivas en maquinaria con la finalidad de alargar la vida útil de componentes, elementos y maquinaria en general, para el desarrollo del presente trabajo técnico se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica con temáticas referentes al tema de estudio.

En el estudio realizado por Marcillo Carolina en la Universidad de las Fuerzas Armadas con el tema: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) MEDIANTE SOFTWARE PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES CON ARMADURA DE LA EMPRESA IMPTEK EN LA PLANTA EL INGA" [1] , se plantea como objetivo la recolección de información en una base de datos de los equipos de la empresa, para una correcta aplicación de un plan de mantenimiento productivo total y evaluar los beneficios que se presenten, en donde se concluye que los beneficios que se presentan son equipos con mejores condiciones de uso, detección prematura de posibles averías en los equipos, una línea de producción más segura y la mejora de la productividad de la empresa, teniendo una mejora del 44.75% en ahorros en gastos [1].

Según Tirado Juan en su proyecto técnico realizado en la Universidad Técnica de Ambato bajo el tema: “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CARROCERÍA DE LOS AUTOBUSES INTERPROVINCIALES BASADO EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA LA EMPRESA CARROCERÍAS PÉREZ” [2], se planteó realizar inventarios de los componentes de una carrocería para su evaluación mediante la matriz AMFE y su posterior desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, de donde se concluyó que el desarrollo de un inventario facilita la identificación y localización de los componentes y que la aplicación del mantenimiento planteado facilita la realización de actividades preventivas, aumentando la disponibilidad de sistemas y la vida útil de los elementos que conforman la carrocería [2].

En la investigación realizada por Rueda Luis en la Universidad Técnica de Ambato, con el tema: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS CONTENEDORES Y CAJAS COMPACTADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA EPM GIDSA DE LA CIUDAD DE AMBATO” [3], planteándose como objetivo identificar el estado actual de contenedores mediante reportes y elaborar un plan de mantenimiento preventivo mediante un análisis de modos de falla, efectos y criticidad, en donde se concluyó que el 48% de contenedores están en estado óptimo el 52% presentan fallos funcionales, con la ayuda de la matriz AMFE se pudo establecer cuáles son los componentes críticos y el estado actual de los mismos y finalmente planteando las actividades preventivas que deben desarrollarse mediante gamas de mantenimiento [3].

Según Proaño Alison en su trabajo técnico con el tema: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MOLINO SANTA ROSA DE LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.” [4], donde se plantea identificar los diferentes equipos y componentes existentes en la empresa, evaluar los tiempos de fallos y fiabilidad de la maquinaria, concluyendo que la información necesaria de componentes, equipos y maquinaria se obtiene con la ayuda de placas de cada maquina y por manuales de proveedores, los mismos que poseen una confiabilidad entre 97 a 99% y donde se evaluó que la lubricación y engrase de los diferentes equipos benefician a que estos trabajen en mejores condiciones, finalmente se plantea el plan de mantenimiento preventivo en base a los datos e información recolectada [4].

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de soldadura en los procesos SMAW, GMAW, GTAW Y PAW en la empresa Carrocerías YUAYSA.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado actual de los equipos de soldadura en la empresa Carrocerías YUAYSA detallando las generalidades y el funcionamiento de cada uno.

Mediante un análisis estadístico de los datos proporcionados por la empresa como los tiempos de paro, tiempos de reparación, tiempos de operación y mantenimientos previos se va a determinar la disponibilidad que han tenido las máquinas; se podrá también tener un punto de partida para realizar una comparación a corto o largo plazo para verificar la efectividad del plan de mantenimiento.

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

Se realizará un análisis de fallos y consecuencia, se ponderará mediante la norma NTP 679, con esta ficha se podrá detectar la frecuencia y gravedad con la que ocurren los fallos con la finalidad de analizar el componente que tiende a fallar con mayor frecuencia; mientras que con la matriz criticidad se analizara los puntos más críticos pudiendo establecer un sistema de colores para identificar cada máquina.

- Realizar gamas de mantenimiento de los equipos de soldadura.

Teniendo en cuenta el análisis de criticidad y matriz AMFE, se elaborará las gamas de mantenimiento en donde se establecerá las actividades técnicas que se ejecutarán en el plan de mantenimiento; pudiendo así dividir las actividades en: tareas diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, con esto se busca reducir los posibles fallos y/o averías en las máquinas.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Generalidades del mantenimiento industrial

El mantenimiento es percibido como una labor empresarial responsable de controlar el estado de las instalaciones tanto de creación, como auxiliares y de administración. Por lo tanto, el mantenimiento implica la disposición de las actividades que deben realizarse para salvar o restablecer un sistema, componente elemento o maquinaria de una manera rápida que asegure su actividad con un costo insignificante [5]. Además, el concepto de mantenimiento se caracteriza por direccionarse como el procedimiento de métodos o técnicas a cumplir comprometidos con la conservación de máquinas, equipos y recursos en la medida de lo posible, previniendo la insatisfacción intempestiva de su funcionalidad y con ello pretende el funcionamiento óptimo de los mismos y por lo tanto lograr mayor vida útil. El mantenimiento moderno contiene los procedimientos y técnicas que permiten anticipar averías, completar las modificaciones vitales, lubricar las partes fijas y móviles, hacer arreglos efectivos,

probar simultáneamente las pautas de trabajo legítimo mientras trabajan las máquinas y contribuir enfáticamente a las ventajas de la organización [6].

El mantenimiento comienza desde el proceso concepción de diseño de las máquinas. Para lograr un mantenimiento adecuado, es importante comenzar con los requerimientos técnicos, como dibujos, tolerancias, informes especializados que nos dan los proveedores. Estos datos deberán estar integrados en cada una de las actividades preventivas que se realizarán para el soporte de los elementos, componentes, equipos y máquinas [6].

1.3.2. Objetivos implícitos del mantenimiento

El mantenimiento dentro de todos sus aspectos de los que se compone busca la continua aplicación de los siguientes objetivos:

- Optimizar la vida útil de la maquinaria.
- Reducir los tiempos perdidos en fallas de instalaciones, conexiones, elementos, componentes o maquinarias.
- Optimizar los recursos humanos y materia prima de una manera eficaz con la finalidad de mejorar los procesos productivos.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Maximizar la disponibilidad de equipos productivos [5] [7].

1.3.3. Indicadores del mantenimiento

Un indicador es un valor matemático que da datos sobre un componente básico/crítico reconocido en un equipo, en los procesos o en los individuos sobre los supuestos o visión de los clientes en cuanto a costo-calidad y tiempos. Es fundamental establecer indicadores que permitan el control y ordenamiento, deben estar caracterizados y pueden ser datos monetarios, financieros o funcionales, internos, externos o relevantes [8].

Los indicadores de mantenimiento son instrumentos que ayudan a conocer los estados de funcionamiento de un equipo, sabiendo que la probabilidad de que un dispositivo esté accesible abordando un 100%, y también se aborda determinando el tiempo promedio entre fallas (MTBF), que es la frecuencia normal de las ocasiones en que el elemento, componente o maquinaria se detiene, y es presentado en horas, este indicador se adquiere dividiendo el total de horas trabajadas por la cantidad de paradas y la probabilidad normal de reparación (MTTR), que es la temporada normal de las paradas del equipo, comunicada en horas [9]. Las mismas que se pueden calcular con las siguientes fórmulas 1, 2 y 3:

$$MTBF (h) = \frac{\text{Horas Operadas}}{\text{Número de paradas}} \quad (1)$$

$$MTTR (h) = \frac{\text{Total tiempo de paradas}}{\text{Número de paradas}} \quad (2)$$

$$A (\%) = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

MTBF = Tiempo medio entre fallas

MTTR = Tiempo medio para reparar

A = disponibilidad

Estas fórmulas permiten determinar la disponibilidad que presenta la máquina en base a los tiempos de operación y parada [3].

Además, se encuentra valores de la tasa de fallos, la tasa de reparación y confiabilidad en base a nuestros valores ya calculados, con las fórmulas que se presentan a continuación: 4, 5 y 6.

Tasa de fallos:

$$\gamma = \frac{1}{MTBF} \quad (4)$$

Tasa de reparación:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (5)$$

Confiabilidad:

$$\text{Confiabilidad} = \frac{T_o - TP}{T_o} \quad (6)$$

Donde:

T_o = *Tiempo de operación*

TP = *Tiempo de para*

1.3.4. Clasificación del mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial puede tener varias consideraciones para su clasificación en base al método que se va a ser utilizado en su desarrollo, por lo general se lo clasifica según su enfoque metodológico, de esta manera se puede tener la siguiente clasificación [7]:

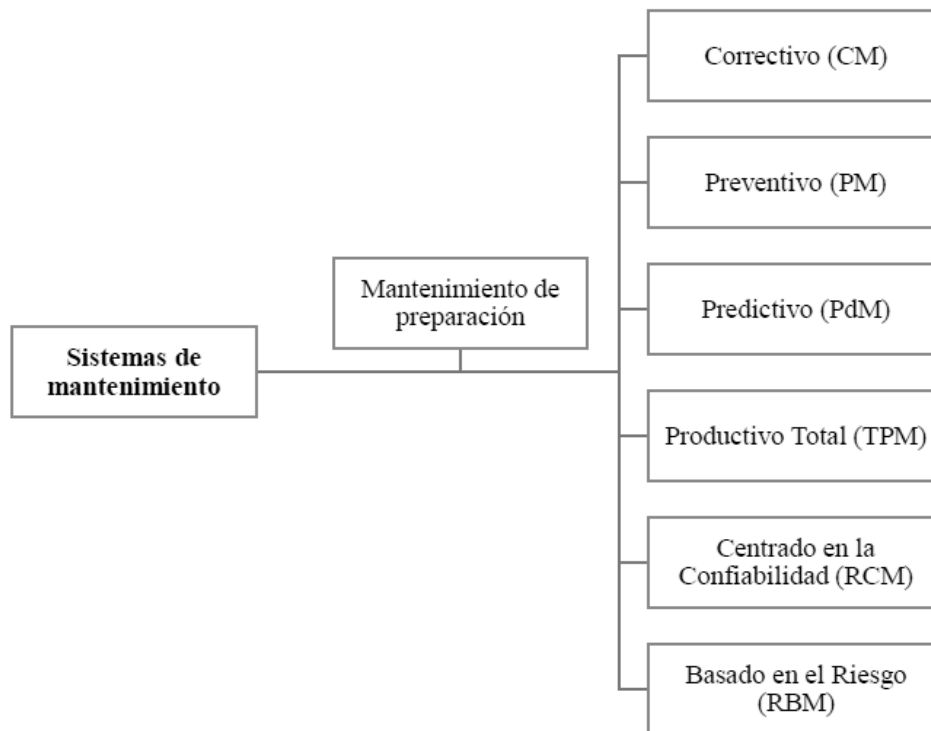


Figura 1. Clasificación del mantenimiento industrial [7].

1.3.5. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento puede definirse como el control, supervisión y asistencia de parte del personal con la finalidad de conservar y preservar elementos, componentes, instrumentos, maquinaria e instalaciones, se basa en un proceso de identificación y reparación de fallos, con la ayuda de inspecciones y evaluaciones controladas y tabuladas, con la finalidad de evitar que aparezca una avería de consideración [10].

El mantenimiento preventivo también se caracteriza como la organización de actividades que pretenden prevenir o anticipar fallas en vista de las reglas establecidas de probabilidad de falla. Mediante la realización de investigaciones este tipo de mantenimiento busca disminuir el riesgo que ordinariamente crea el desgaste de un componente [10].

La aplicación del mantenimiento preventivo de manera precisa y adecuada siempre debe centrarse en evitar averías básicas, críticas o deplorables para el hardware, el equipo o las oficinas. Al darse cuenta de que, al tratar con este tipo de apoyo, habrá fallas que no se pueden evitar porque será menos costoso confiar en que tales fallas ocurrirán por la intercesión resultante [10].

1.3.5.1. Generalidades y características

El mantenimiento preventivo garantiza que el equipo funcione en condiciones ideales, que se revisan ocasionalmente o se revisan sus diferentes partes y componentes en un tiempo específico, considerado planificado en ocasiones [10].

Aplicaciones del mantenimiento preventivo:

- Equipos, instrumentos o maquinaria con principios mecánicos o eléctricos en constante funcionamiento, que le ocasione un desgaste considerable.
- Equipos, instrumentos o maquinaria que se desconozcan con anterioridad de relaciones de falla y su duración en la reparación [10].

Ventajas:

- Reducción de paradas imprevistas en los equipos o maquinaria.
- Aplicación en circunstancias en las que se conocen, funcionamientos de fallos y su relación de tiempo de reparación.

Desventajas:

- No se aplica o se aprovecha la vida útil completa del equipo o maquinaria.
- En caso de identificar erróneamente la frecuencia de aplicación de actividades preventivas, aumenta costos [10].

1.3.5.2. Actividades prioritarias en el mantenimiento preventivo

Existen algunas actividades que se pueden considerar de tipo genéricas que se deben realizar dentro de un mantenimiento preventivo, las mismas que se detallan a continuación:



Figura 2. Actividades prioritarias del mantenimiento preventivo [7].

1.3.5.3. Estructura del diseño de un plan de mantenimiento

Con la finalidad de diseñar y desarrollar un correcto plan de mantenimiento preventivo, se deben considerar varios aspectos con los siguientes enfoques:

- Estandarización
- Mantenibilidad
- Partes con requerimientos de servicios
- Capacitaciones
- Documentaciones
- Herramientas extras o equipos
- Seguridad [7].

1.3.5.4. Recomendaciones para el mantenimiento preventivo

En cuanto a las recomendaciones se toman dos puntos de vista: primero al momento de la adquisición de un nuevo equipo para uso industrial el fabricante o proveedor proporciona el manual de funcionamiento, en donde se incluye muchas actividades para la realización correcta del mantenimiento preventivo e incluso se dispone de datos técnicos y de arreglo en caso de que existan fallas más usuales que se presentan en dicha máquina. Por otra parte, los operadores tienen gran relevancia y experiencia en cuanto a las recomendaciones para el mantenimiento, debido a que la persona a cargo conoce detalladamente, por el monitoreo, como se comporta el equipo o máquina en el momento de que esté encendido [11].

1.3.6. Inventario

El inventario para máquinas es un registro ordenado y preciso en el cual están contenidos los bienes o las máquinas que son parte de la empresa o entidad [12]. Dicho registro debe contener determinadas características como las detalladas a continuación:

- Número del elemento.
- Máquina/Equipo.
- Marca.
- Año de compra.
- Código.
- Ubicación del equipo [12].

1.3.7. Fichero de las máquinas

Se trata de una ficha técnica en la cual se detalla los datos técnicos de las máquinas o equipos, cuyos datos pueden ser: codificaciones, fecha de adquisición en la empresa, la funcionalidad, fecha de fabricación, datos del fabricante, proceso de mantenimiento, normativas, entre otros. Son diversos modelos de ficheros que se puede tomar como referencia, los cuales ayudan a tener el control adecuado del proceso y mantenimiento de cada equipo/máquina, por lo que es relevante contar con una ficha técnica para cada equipo presente en la empresa [13].

Mediante la elaboración de un fichero técnico se podrá analizar el proceso de mantenimiento más adecuado y con mayor eficiencia para la maquinaria, de tal manera que se puede evitar, pérdidas de producción, fallos en la maquinaria o resolver inconvenientes en bajos costos y priorizando el aumento de la vida útil para los equipos [13].

		INYECTORA SM650			
DATOS DEL EQUIPO			CODIGO	01010100	
DESCRIPCION:	INYECTORA				
MARCA:	CHEN HSONG				
AÑO DE FABRICACIÓN:	07 - 1999				
POSEE MANUAL	SI				
DIMENSIONES:	9,7x2.4x3,0 m				
PROCEDENCIA:	CHINA				
FECHA DE INSTALACION:	1999				
COLOR:	Tomate con blanco				
# de Serie:	1198401				
MOTOR DE LA BOMBA			MAQUINA		
MOTOR:	74.6 Kw (100 HP)		PESO:	30 TON	
# de serie	7964430003		CAPACIDAD DEL TAQUE	1200 lit.	
VOLTAJE:	380 V		PRESION MAX DEL SISTEMA	175 kgf/cm ²	
AMPERAJE:	240 A		VELOCIDAD DEL TORNILLO	0 – 100 RPM	
Peso Motor de bomba:	580 Kg				
MODELO DE MANTENIMIENTO			CRITICIDAD:	Crítico	
OBSERVACIONES:					

Figura 3. Ejemplo de ficha técnica de una máquina [12].

1.3.8. Fichero histórico

Un documento que contiene la descripción de toda la vida útil de la máquina, como las intervenciones que condicionan o desgastan su vida útil. Este está considerado con prioridad más alta que el fichero técnico, el cual debe contener los procesos de corrección o mantenimiento que se realiza a los equipos, basándose en las normas vigentes [13].

1.3.9. Dossier

Conocido también como expediente de mantenimiento técnico de maquinaria, trata de un documento de registro que contiene agrupado toda la vida útil de la maquinaria, es decir conlleva la información completa de cada equipo, tiene como fin asegurar el mantenimiento y la calidad de la producción. En esta técnica se utiliza herramientas técnicas, metodológicas y tecnológicas, al igual que el personal capacitado para el servicio de mantenimiento, con el fin de llevar una mejor logística del registro [12].

1.3.10. Matriz de Fallos Modales AMFE

La matriz de fallos AMFE es una de las herramientas técnicas utilizadas para los modos en los procesos de producción, con el fin de implementar estrategias para el análisis y prevención de los fallos. Es así como la matriz ayuda a la evaluación de las actividades que van relacionadas con los procesos e identificación de las averías y fallos para sus posteriores procesos de mantenimiento. Es recomendable aplicar esta herramienta a principios del proceso y posteriormente su evaluación según fluya el proceso de producción [14].

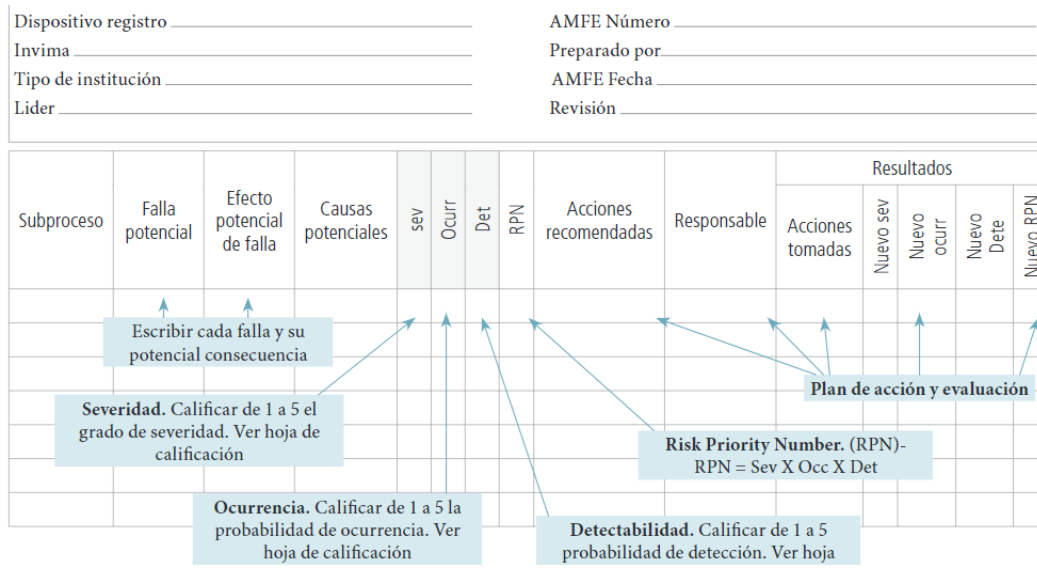


Figura 4. Partes de la matriz de fallos AMFE [14].

1.3.10.1. Terminologías usadas en AMFE

- Fallos: alteraciones en las actividades programadas.
- Modo de Fallo: Derivaciones ocasionadas al presentarse el fallo
- Funcionamiento: actividades que realiza la maquinaria/equipos.
- Frecuencia de Fallo: Número de veces en las que el fallo fue registrado.
- Gravedad de Fallo: Cantidad relevante de agravio que incitó el mal funcionamiento o el error del equipo [15].

1.3.10.2. Cálculo del índice de prioridad de riesgo (NPR)

El índice de prioridad de riesgo es un número adimensional que se calcula mediante el producto de la frecuencia por la gravedad y la detectabilidad, el valor obtenido permite priorizar la urgencia y el orden de las intervenciones o acciones a implementar, permitiendo controlar los fallos de mayor riesgo [16] [17], esto se lo hace como se expresa en la ecuación 7.

$$NPR = S * O * P \quad (7)$$

Donde:

NPR = es el índice de prioridad de riesgo

S = representa la severidad

O = es la ocurrencia

P = es la probabilidad de detección

Hay que tener en cuenta que el cálculo del índice NPR puede traer problemas, debido a que la probabilidad de detección y su respectiva correspondencia tiene una tendencia lineal, por el contrario de la relación entre la probabilidad de ocurrencia y la asignación no siguen la linealidad. De igual manera diferentes valores que pueden tomar el índice "O" y "D" podrían proporcionar el mismo valor de NPR y así tener implicaciones de riesgo diferentes [17].

1.3.10.3. Definiciones prioritarias de un AMFE

El Análisis Modal de fallos y Efectos conocido por sus siglas como AMFE, es un sistema que permite estratificar y priorizar, según la gravedad, ocurrencia y detección, para lo cual se calcula el Número de Prioridad de riesgo (NPR), determinando los fallos reales o potenciales y así actuar con mejor en el desarrollo o la implementación de las acciones que sean necesarias [18].

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													

Figura 5. Formato AFME [19].

- **Máquina:** Es un conjunto de elementos tanto móviles y fijos, con el fin de aprovechar o transformar energía y realizar un trabajo determinado, como entregar algún producto tangible (transformar materia prima) especialmente en el área industrial [20].
- **Equipo:** Grupo de instrumentos y aparatos para un fin determinado. En el área industrial se asume que los equipos aportan un servicio o también modifican materia prima, producto verde, productos semiterminado o ya terminado [20].
- **Fallo:** Acción que demuestra una alteración en el correcto funcionamiento de la maquinaria [21].
- **Falla funcional:** falla que impide que la maquina tenga el funcionamiento adecuado y continúe en operación [20].
- **Causa de falla:** Consecuencia por la cual ocurre la falla en la maquinaria [21].
- **Función:** Se refiere a la actividad que realiza el equipo según la operación determinada [21].
- **Efecto:** El impacto que proporciona el fallo frente al proceso determinado, de tal manera que describe las consecuencias del fallo [18].
- **Mantenimiento:** Con la ayuda de la ingeniería se conserva o se mantiene los elementos de la maquinaria/equipos presentes en una empresa, priorizando que se encuentren en condiciones óptimas para su funcionamiento [20].

1.3.10.4. Criterios NTP 679

El método de análisis modal de fallos y efectos de procesos o productos está basado en la NTP 679, la cual es una guía de buenas prácticas y calidad en la identificación de fallos, exclusivamente en la etapa de diseño, resultado útil para la prevención de riesgos (Anexo 1) [22].

1.3.11. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una herramienta que permite el cambio en las plantas, ya que permite la organización, planificación, la ejecución y el control del mantenimiento, teniendo en cuenta los rangos de costo, los índices de tiempo, la seguridad y la confiabilidad [23].

Mientras que la criticidad se representa mediante la siguiente expresión matemática

$$\mathbf{Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia} \quad (8)$$

Este tipo de análisis es una técnica de simple manejo que establece rangos relativos con el fin de representar las probabilidades y frecuencias de los eventos y las consecuencias. Dichas magnitudes se representan en una matriz que contiene base de códigos y colores que expresan la magnitud de riesgo en las instalaciones, los equipos o los dispositivos [24].



Figura 6. Matriz de Criticidad [25].

Por otra parte, el riesgo se define como “pérdidas probables, consecuencia de la ocurrencia de un evento o falla”, está relacionado a un evento expresando en la ecuación 9 [24].

$$R_{(t)} = P_{(t)} \times C_{(t)} \quad (9)$$

Donde:

$R_{(t)}$ = Riesgo en función de tiempo

$P_{(t)}$ = Probabilidad de concurrencia en la falla

$C_{(t)}$ = Consecuencia de la falla

1.3.12. Bitácoras y gamas de mantenimiento

La bitácora es conocida también como registro de averías o fallas, la cual se utiliza para informar las actividades que se realizan para mantenimiento que efectuó el personal. Las actividades deben ser registradas según el día y el turno permitiendo indagar las fallas más frecuentes en las máquinas, al igual que el tipo de mantenimiento realizado [26].

	BITACORA MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Código: MF02
		Revisión 01
		Mayo 2015
		Página: 1 de 1
EQUIPO: _____		MARCA: _____
UBICACION _____		
FECHA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIPODEMANTENIMIENTO

TIPO MANTENIMIENTO: P: Preventivo C. Correctivo.

Figura 7. Formato de Bitácora de mantenimiento de equipos [27].

Las gamas de mantenimiento son el objetivo principal para el ahorro de costes sin que importe el retorno [28]. Al implementar las gamas se detectan mejoras que son posibles de cambiar como: cambiar o eliminar tareas innecesarias e identificar las tareas olvidadas que son necesarias implementar, lo cual genera modificaciones en el plan de mantenimiento [29].

- **Gamas diarias y semanales:** tiene como finalidad agrupar actividades no complejas, se las puede ejecutar mediante el funcionamiento de las máquinas, permitiendo llevar el mantenimiento al día.

- **Gama quincenal o mensual:** agrupa actividades más complejas, como puede ser la limpieza de los componentes del equipo para tomar y registrar los datos pertinentes.
- **Gama trimestral, semestral o anual:** las actividades de mantenimiento necesitan de manera urgente una inspección completa de los equipos. Esta gama es utilizada para medir los espesores de ciertos componentes o el remplazo de rodamientos [20] [30].

1.3.13. Generalidades y tipos de soldadura

La soldadura se define como el procedimiento ideal para unir dos o más partes, mediante una fuente de calor. Las uniones soldadas se logran por la fusión, con presión y calor o solo con presión.

La unión de piezas por soldadura es muy antigua, antes se calentaban las piezas hasta que se ablanden para unir las mediante golpes con un martillo. En el año de 1802 el académico Petro determinó que al pasar la corriente eléctrica entre dos electrodos de carbón se generaba una descarga eléctrica con temperatura alta, posteriormente el ingeniero Bernardos desarrolló el proceso de soldadura en arco eléctrico, utilizando los electrodos de carbón [31].

1.3.14. Soldadura SMAW

La soldadura de arco eléctrico, conocida como SMAW por sus siglas en inglés (Shielded Metal Arc Welding), es uno de los procesos más antiguos para la unión de metales, trajo grandes resultados tanto en orden técnico como económico, permitiendo así el desarrollo de procesos más eficientes [32].

Esta técnica se basa en el calor de soldadura que es generado por un arco eléctrico entre la base de metal y un electrón metálico, recubierto con químicos en composiciones adecuadas [33].

1.3.14.1. Procedimiento de la soldadura SMAW

El arco es formado entre los electrodos y la pieza de trabajo por el flujo de electricidad. El arco suministra energía o calor para la fundición del metal base, el metal de aporte y también el recubrimiento del electrodo. Mientras el arco de soldadura avanza a la derecha, va dejando atrás metal solidificado de soldadura recubierto por una capa de escoria. La escoria flota fuera del metal ya que, solidifica un tiempo después del metal fundido ya solidificado, por lo que existe una menor posibilidad de ser atrapado dentro de la zona de soldadura [34].

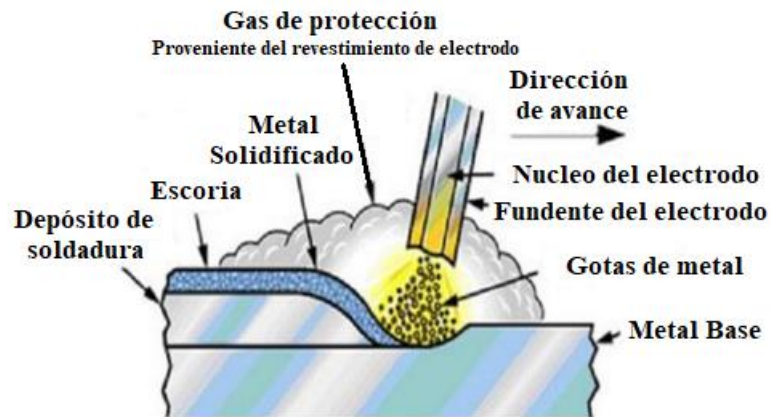


Figura 8. Elementos del proceso de soldadura SMAW [33].

1.3.14.2. Descripción del equipo de la soldadura SMAW

El equipo cuenta con un electrodo, el cual es el elemento principal, está armado de un núcleo de metal sólido, alambre y recubierto con una capa denominada fundente granular que está unida por algún tipo de aglutinante. Los electrodos de acero al carbono y baja aleación usan alambre con núcleo de acero, de bajo carbono o acero efervescente. Las aleaciones son dotadas por el recubrimiento por su bajo costo [34].

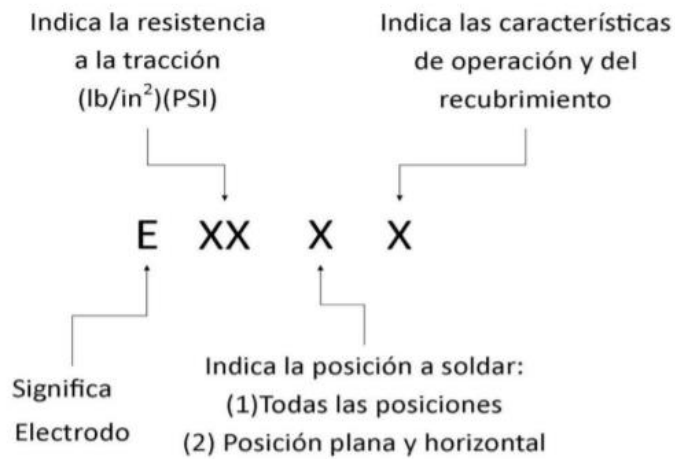


Figura 9. Sistema de clasificación de electrodos [34].

1.3.15. Soldadura GMAW

Es uno de los procesos más populares de la industria, ya que puede ser utilizado con todos los metales como acero al carbono y de aleación, aluminio, hierro, etc. Esta técnica nació en 1940 se refiere a una soldadura por arco con protección gaseosa y de electrodo consumible, conocido como GMAW por sus siglas en inglés Gas Metal Arc Welding, prácticamente se refiere a una técnica de soldeo de metales por medio de la fusión de calor, que se genera por un arco eléctrico que está protegida del ambiente con gas [35].

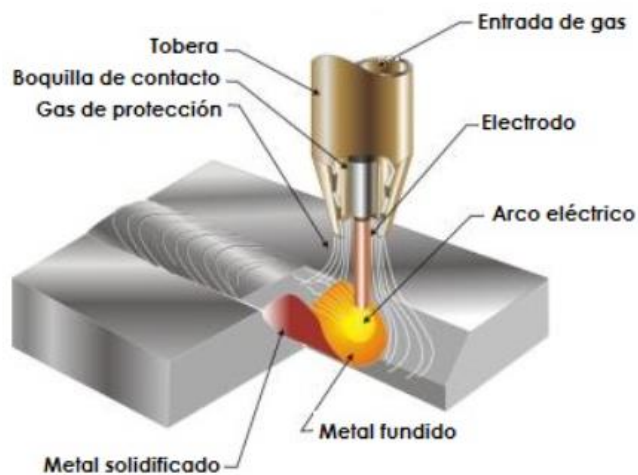


Figura 10. Esquema del proceso GMAW [35].

1.3.15.1. Procedimiento de la soldadura GMAW

La energía necesaria es proveniente del arco eléctrico que transporta cationes y electrones entre el cátodo y el ánodo, mediante la columna de plasma que depende del gas, un electrodo y la corriente que se aplica, al momento en el cual los iones chocan con la superficie opuesta, se genera transformación de energía cinética en calor. Esta energía es proporcional a la suma y el cuadrado de la velocidad, por otro lado, los cationes poseen una masa elevada, aunque estos son acelerados hasta alcanzar una velocidad baja promedio por el campo, lo que produce el alcance baja de la energía cinética que los electrones al ser más ligeros y veloces [36].

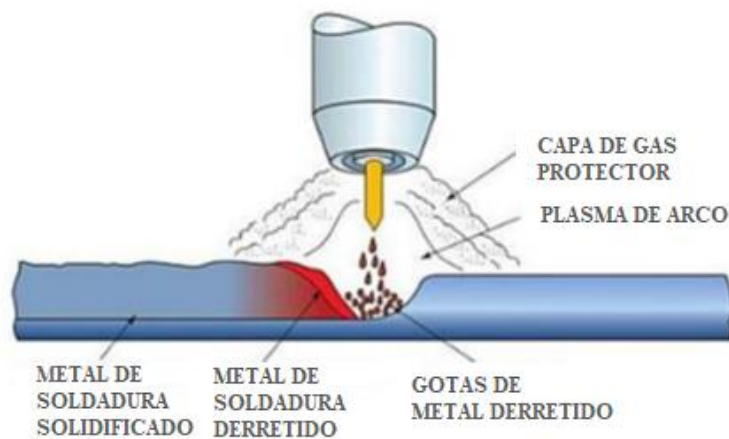


Figura 11. Soldadura GMAW [36].

1.3.15.2. Descripción del equipo de la soldadura GMAW

El equipo de soldadura GMAW consta con un grupo de elementos principales como la pistola de soldadura que contiene un pulsador de inicio y otro de parada, una bomba de gas protector, pinzas de mano, fuente de poder y la boina de hilo de alimentación [37].

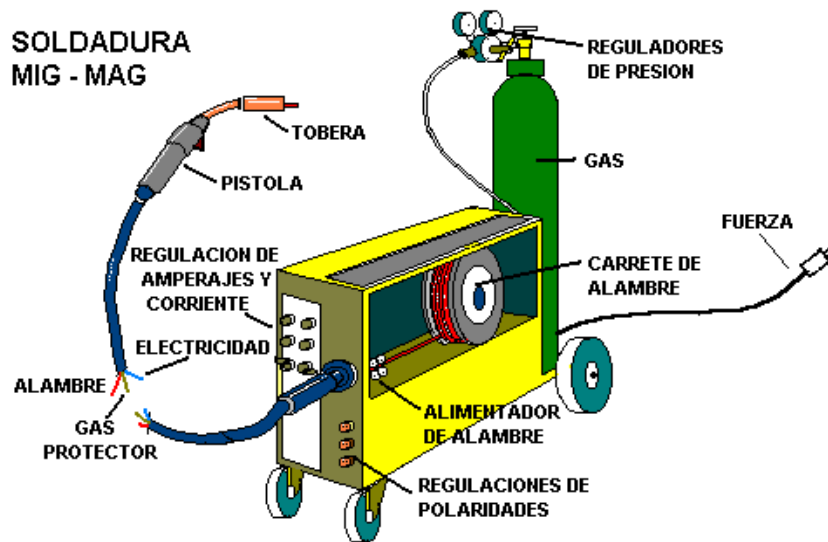


Figura 12. Equipo de la soldadura GMAW. [37]

1.3.16. Soldadura GTAW

El proceso de soldadura por arco bajo gas protector de tungsteno conocido como GTAW por sus siglas en inglés, puede ser utilizado para la soldadura de cualquier metal, en cualquier posición y con amplio rango de espesor, apreciando un resultado limpio sin ninguna escoria convirtiéndose en una soldadura muy versátil [37].

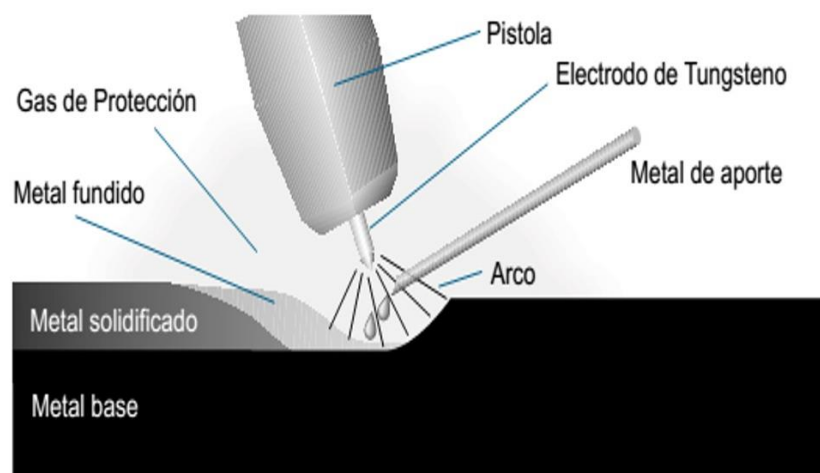


Figura 13. Esquema de soldadura GTAW [38].

1.3.16.1. Procedimiento de la soldadura GTAW

Para el proceso puede ser utilizado diferentes tipos de corriente, entre ellas puede ser la corriente continua constante, corriente pulsada y corriente doblemente pulsada. La corriente pulsada es la más utilizada debido a que se tiene un mejor control del arco al igual que la mejora de la estabilidad [39]. En el proceso interviene un electrodo, mediante el cual se forma un arco entre éste y el metal base. En condiciones adecuadas en electrodo no se derrite, la acción ocurre justo en el punto donde el arco impacta la superficie para producir la piletta de soldadura. Para ello se utiliza una varilla que adquiere alimentación del baño de fusión, por otro lado, el tungsteno es sensible a la contaminación con oxígeno, de tal manera que se requiere la utilización de un gas inerte que mantenga alejado del tungsteno caliente y del metal de soldadura [38].

1.3.16.2. Descripción del equipo de la soldadura GTAW

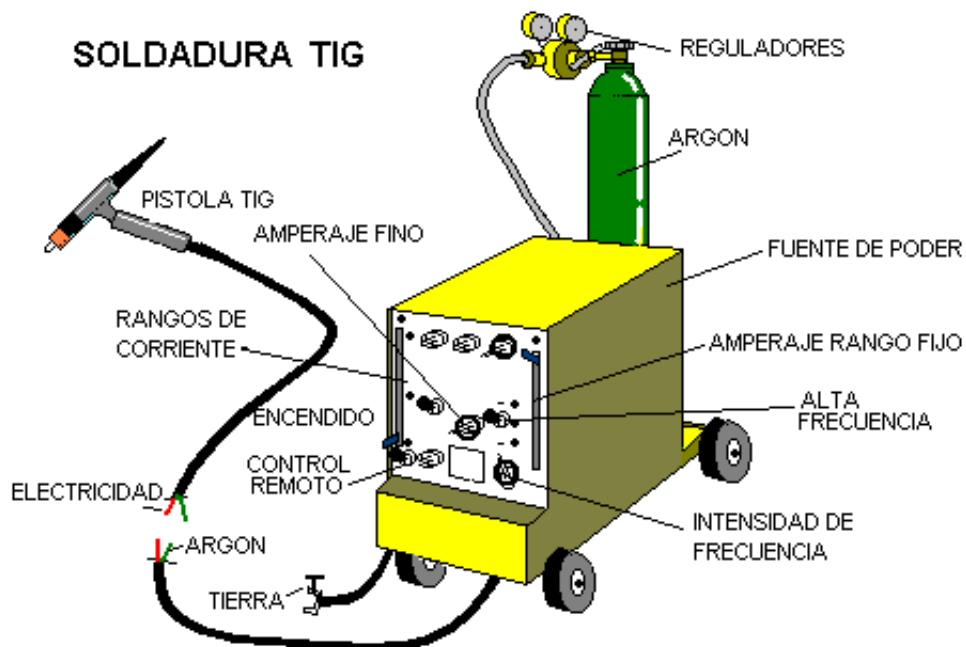


Figura 14. Equipo de soldadura GTAW. [38]

El equipo utilizado para la soldadura GTAW está compuesto por una fuente de poder, pistola de soldar (antorcha), gas inerte, material de aporte y el sistema de enfriamiento con agua [38].

1.3.17. Soldadura PAW

La soldadura por arco de plasma, conocida como PAW por sus siglas en inglés, se introdujo en 1960 trata de una soldadura de tungsteno con arco eléctrico y gas protector, en el cual un arco de plasma se dirige al área de soldar. Se coloca un electrón de tungsteno en una boquilla especial que concentra la corriente de gas inerte de alta velocidad hacia la región del arco eléctrico [40].

La temperatura para la soldadura PAW es de 28 000 °C y mayores, necesaria para fundir cualquier metal con excepción de bronce, las altas temperaturas son consecuencia de la estrechez del arco y la concentración de energía, para producir un ahorro en el diámetro del chorro de plasma. Las ventajas de la soldadura PAW por sus características, incluyen la estabilidad del arco eléctrico, velocidades altas de viaje al igual que excelente calidad de la soldadura [40].

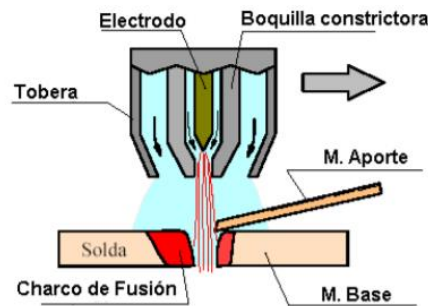


Figura 15. Soldadura PAW. [40]

1.3.17.1. Procedimiento de la soldadura PAW

El proceso de la soldadura PAW radica en un arco cónico semejante a TIG que se inicia en el interior de la boquilla permitiendo estrangular fuertemente el arco saliente con forma de columna, para dar un arco más largo, como el arco está concentrado incrementa el voltaje y mayor ionización en el gas para producir un plasma intenso con temperatura elevadas de hasta 11.000 °C dirigiéndose la zona caliente a la pieza obteniendo como resultado la soldadura [41]. Este tipo de soldadura consta de tres técnicas las cuales son: ojo de cerradura o keyhole, microplasma y plasma.

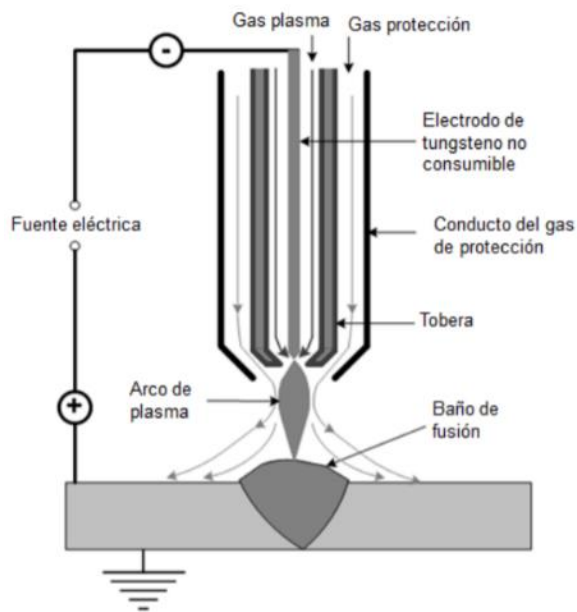


Figura 16. Soldadura por plasma [42].

1.3.17.2. Descripción del equipo de la soldadura PAW

El equipo para la soldadura PAW consta de la varilla de aporte, fuente de alimentación, gas de protección y de orificio, pinza de soldar (antorcha), la pieza de trabajo y la consola de control [42].

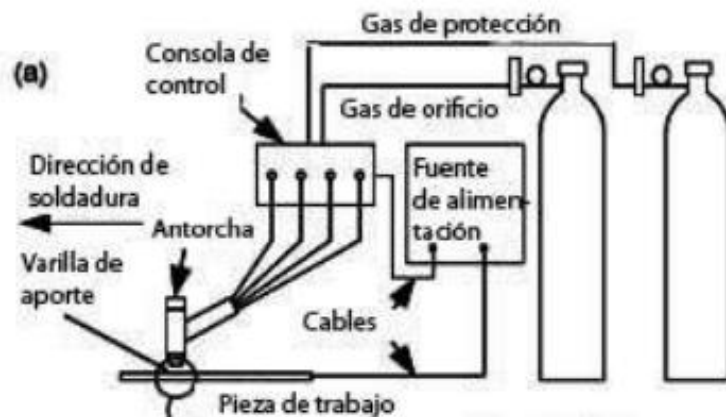


Figura 17. Equipo de soldadura PAW. [42]

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y recursos

Para la ejecución del presente trabajo de titulación se utilizará como medios físicos el computador, los equipos de soldadura de cada proceso SMAW, GMAW, GTAW y PAW, debido a que se debe analizar cada máquina para ejecutar sus gamas de mantenimiento; de igual forma se utilizarán las instalaciones de la empresa Carrocerías YUAYSA.

2.1.1. Recursos humanos

- Srta. Catherin Mishel Yugcha Pilamunga, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica.
- Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano, docente de la Carrera de Ingeniería Mecánica y tutor del trabajo de titulación.
- Miembros de la Unidad de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

2.1.2. Recursos materiales

- Paquete de Microsoft Office.
- Computador personal.
- Catálogo de los equipos de soldadura SMAW, GMAW, GTAW y PAW.
- Máquinas soldadoras SMAW, GMAW, GTAW y PAW de la empresa Carrocerías YUAYSA.
- Instalaciones de la empresa Carrocerías YUAYSA.
- Norma NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos.

2.1.3. Recursos institucionales

- Biblioteca virtual de la Universidad Técnica de Ambato.

2.1.4. Recursos económicos

Tabla 1. Recursos económicos

Recursos necesarios	Costo
Computador	\$ 700.00
Energía eléctrica	\$ 100.00
Materiales de oficina	\$ 100.00
Normas para el mantenimiento adecuado	\$ 200.00
Servicios de Internet	\$ 150.00
Alimentación	\$ 100.00
Transporte para visitas técnicas	\$ 100.00
Costos varios (imprevistos)	\$ 150.00
Total	\$ 1600.00

Fuente: Autor

2.2. Métodos

2.2.1. Nivel o tipo de investigación

2.2.1.1. Bibliográfica documental

La búsqueda de información necesaria para el proyecto será en normas, artículos, blogs científicos, proyectos previos con la intención de recopilar información de las diferentes metodologías de mantenimiento descritas por diferentes autores y seleccionar las técnicas adecuadas para el presente proyecto técnico. A su vez también se recopilará información de los operadores de las máquinas.

2.2.1.2. Explicativo

Se emplea este tipo de investigación ya que se va a explicar el mantenimiento preventivo en cada uno de los equipos de soldar, además que permite considerar nuevas causas de fallos y buscar la solución más eficiente.

2.2.1.3. Descriptivo

A través de este tipo de investigación se establecen los parámetros y características del plan de mantenimiento, de este modo se establecen todas las actividades y los tiempos establecidos en los que se deben realizar.

2.2.1.4. Deductivo

Es un análisis que nace con datos de manera general, los cuales después de ser analizados llevan a resultados y conclusiones en común.

2.2.1.5. Investigación de campo

Esta investigación será realizada para examinar las fallas en el lugar en donde se desempeñan las máquinas en este caso en la empresa Carrocerías YUAYSA, logrando de esta forma ejecutar un estudio de observación y analizar desde un punto inicial a los equipos de soldadura.

2.3. Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento

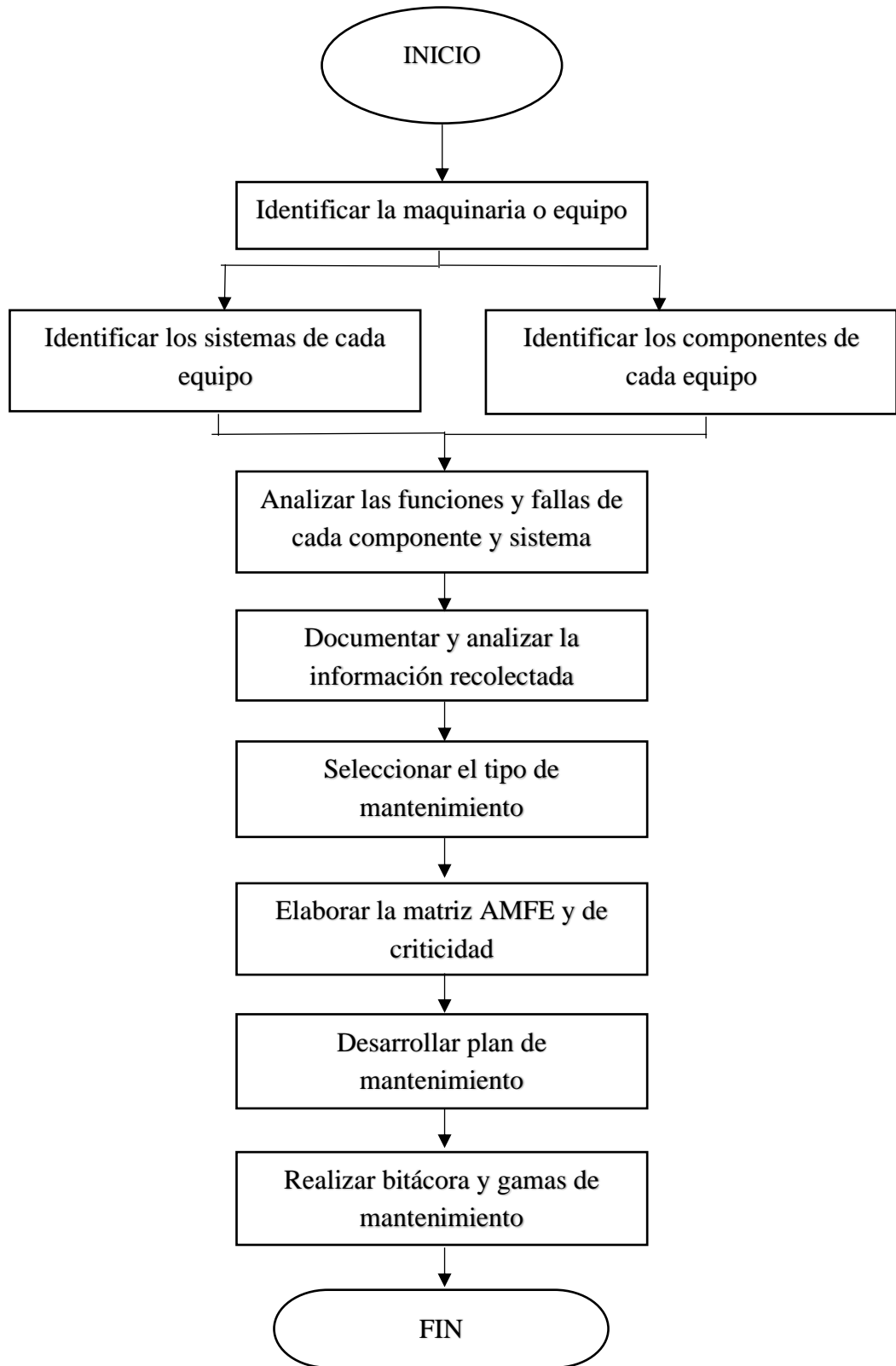


Figura 18. Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Modelo operativo

3.1.1. Diagnóstico de la situación actual de la maquinaria

La empresa “Carrocerías YUAYSA” cuenta con un número específico de máquinas las cuales tienen un tiempo de uso considerable, por consiguiente, estas son susceptibles a daños menores e incluso irreparables. La empresa no registra un plan de mantenimiento preventivo en vigencia, por lo que es de vital importancia un análisis a información pasada de los daños que haya presentado la maquinaria, en donde se determinó que ninguna de estas se dio de baja por presentar un daño irreparable o se cambió algún componente importante, tampoco se presentó alguna especie de ruido extraño al habitual cuando la maquinaria está funcionando.

Los puntos a tomar en cuenta en la realización del plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa son: el tiempo de trabajo, el manejo, las condiciones ambientales a las cuales está sometida la maquinaria, vibraciones generadas, entre otros. Estos puntos también ayudan a realizar todas las matrices necesarias para que el plan de mantenimiento preventivo sea lo más completo posible y así garantizar que la vida útil de la maquinaria sea mucho más eficiente.

3.1.2. Evaluación externa de la maquinaria

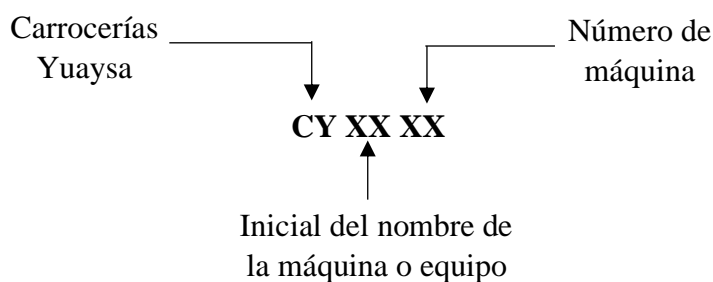
Las máquinas soldadoras que están presentes en el área de producción de la empresa serán el foco de análisis del presente proyecto técnico puesto que estas son las máquinas más indispensables para realizar los trabajos en la carrocería y cumplir con la entrega del producto final. Estas máquinas poseen manuales de usuario, así como también sus características técnicas definidas por el fabricante esto permite que no sea necesario desmontar los equipos para realizar la valoración de los componentes principales.

Dos son los factores más importantes que se debe tomar en cuenta para la evaluación externa de los equipos de soldadura de la empresa, estos son: el estado físico y el sistema eléctrico, en cuanto al primero es preciso estar pendiente de la falta de limpieza e incluso la oxidación que presenta en la parte exterior de la máquina al analizar, debido a que puede presentar ineficiencia o fallos por esta razón. Además, la revisión de todos los componentes de los equipos de soldadura especificados debe ser exhaustiva para que en un futuro no se presente daños en sus sistemas principales. En cuanto al último factor se debe constatar que no existan cables en mal estado o incluso, si es que los hay, empalmes mal realizados, con la finalidad de que no existan cortocircuitos.

3.1.3. Inventario de máquinas

Como se notó en el capítulo uno, el inventario es un listado de toda la maquinaria de la empresa con sus características generales y su ubicación específica en planta, la finalidad de este listado es llevar un control de todos los elementos, ya sean estos, máquinas o equipos para, a través de un código, sea más rápido identificarlos. En la tabla 2 se puede observar el inventario de la maquinaria presente en la empresa “Carrocerías YUAYSA”.

Codificación de la maquinaria o equipo



Ejemplo:

CY-DM-01

CY: Carrocerías Yuaysa

DT: Dobladora de tubo

01: Número 01

Tabla 2. Inventario de las máquinas y equipos de la empresa “Carrocerías YUAYSA”

		INVENTARIO GENERAL DE MÁQUINAS Y EQUIPOS				Edición: 01	
						Código: IM-CY-01	
						Vigencia: 2022	
N°	MAQUINARIA O EQUIPO	MARCA	AÑO DE FABR.	ESTADO	CÓDIGO	UBICACIÓN	
1	Dobladora de material	NO REGISTRA	-	Óptimo	CY-DM-01	Área de producción	
2	Dobladora de tubo	NO REGISTRA	-	Óptimo	CY-DT-01	Área de producción	
3	Compresor	MAGNETEK	2003	Óptimo	CY-CM-01	Área de pintura	
4	Compresor	MAGNETEK	2003	Óptimo	CY-CM-02	Área de pintura	
5	Suelda SMAW	LINCOLN	2006	Óptimo	CY-SW-01	Área de producción	
6	Suelda SMAW	LINCOLN	2006	Medio	CY-SW-02	Área de producción	
7	Suelda GMAW	BP ECUADOR	2005	Medio	CY-GW-01	Área de producción	
8	Suelda GTAW	BP ECUADOR	2005	Medio	CY-TW-01	Área de producción	
9	Suelda PAW	BP ECUADOR	2005	Medio	CY-PW-01	Área de producción	
10	Suelda Autógena	NO REGISTRA	-	Óptimo	CY-SA-01	Área de producción	
11	Esmeril	NO REGISTRA	-	Óptimo	CY-EM-01	Área de producción	
12	Esmeril	NO REGISTRA	-	Óptimo	CY-EM-02	Área de producción	
13	Taladro eléctrico	DEWALT	2009	Óptimo	CY-TDR-01	Área de producción	
14	Taladro eléctrico	DEWALT	2009	Óptimo	CY-TDR-02	Área de producción	



INVENTARIO GENERAL DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Edición: 01
Código: IM-CY-01
Vigencia: 2022

Nº	MAQUINARIA O EQUIPO	MARCA	AÑO DE FABR.	ESTADO	CÓDIGO	UBICACIÓN
15	Taladro eléctrico	DEWALT	2009	Óptimo	CY-TDR-03	Área de producción
16	Taladro eléctrico	PERLES	2009	Óptimo	CY-TDR-04	Área de producción
17	Taladro eléctrico	PERLES	2009	Óptimo	CY-TDR-05	Área de producción
18	Pulidora	DEWALT	2006	Óptimo	CY-PD-01	Área de producción
19	Pulidora	DEWALT	2006	Óptimo	CY-PD-02	Área de producción
20	Pulidora	PERLES	2004	Óptimo	CY-PD-03	Área de producción
21	Lijadora	DEWALT	2004	Óptimo	CY-LJ-01	Área de producción
22	Lijadora	DEWALT	2004	Óptimo	CY-LJ-02	Área de producción
23	Lijadora	DEWALT	2004	Óptimo	CY-LJ-03	Área de producción
24	Amoladora	DEWALT	2008	Óptimo	CY-AM-01	Área de producción
25	Amoladora	DEWALT	2008	Óptimo	CY-AM-02	Área de producción
26	Desarmador eléctrico	DEWALT	2010	Óptimo	CY-DM-01	Área de producción
27	Desarmador eléctrico	DEWALT	2010	Óptimo	CY-DM-02	Área de producción
28	Vibradora	DEWALT	2014	Óptimo	CY-VBR-01	Área de producción
29	Vibradora	DEWALT	2014	Óptimo	CY-VBR-02	Área de producción



INVENTARIO GENERAL DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Edición: 01

Código: IM-CY-01

Vigencia: 2022

N°	MAQUINARIA O EQUIPO	MARCA	AÑO DE FABR.	ESTADO	CÓDIGO	UBICACIÓN
30	Vibradora	DEWALT	2014	Óptimo	CY-VBR-03	Área de producción
31	Cizalla	NO REGISTRA	-	Óptimo	CY-CZ-01	Área de producción
32	Cizalla	NO REGISTRA	-	Óptimo	CY-CZ-02	Área de producción
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		
Catherin Mishel Yugcha Pilamunga		Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano		Ing. Carlos Yugcha		

Fuente: Autor

3.1.4. Aspectos importantes previo al plan de mantenimiento

El principal documento que se va a utilizar para este proyecto es la “Nota Técnica de Prevención”, pues esta establece que se considere como recomendación criterios a los fallos con un índice de prioridad de riesgo (IPR) mayores a 100. La maquinaria para realizar trabajos de soldadura en el área de producción son 5, dos sueldas SMAW o eléctricas, una suelda GMAW, una suelda GTAW y una suelda PAW o Plasma, por esta razón se tomó la decisión de optar por la realización de 4 planes de manteniendo, para suplir las necesidades de los cuatro tipos de máquinas para soldadura.

3.1.5. Fichas técnicas de la maquinaria

Estos documentos permiten detallar la información más específica de la maquinaria, haciendo énfasis en reconocer sus características de fabricación, físicas, técnicas, entre otras, la finalidad de estas tablas es conocer el estado actual del equipo o máquina para poder aplicar el mantenimiento más conveniente. En la parte que sigue, de la tabla 3 a la 6, se detallan las fichas técnicas de las máquinas consideradas para este proyecto.

Tabla 3. Ficha técnica de la Soldadora SMAW o eléctrica

						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
INGENIERÍA MECÁNICA						
DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO						
Nombre	Suelda SMAW					
Código	CY-SW-01					
Marca	LINCOLN					
N° de serie	00015082012971					
Modelo	Ac225					
Año de Fabricación	2006					
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO						
Sistema de alimentación	Eléctrico 220V					
Capacidad de salida	Ac: 295 A					
Rango de amperaje	40-225 Amps		DIMENSIONES (mm)			
Corriente de entrada	AC: 97 - DC: 86 A		Peso	Alto	Ancho	Largo
Potencia de entrada	AC: 24/13.5 KVA/KW DC: 20.5/10.3 KVA/KW		50 kg.	610	310	440
COMPONENTES						
1	Cubierta trasera	10	Cable de Alimentación			
2	Cubierta Superior	11	Interruptor de Encendido			
3	Cubierta Frontal	12	Cable de Trabajo			
4	Etiqueta de Precaución	13	Pinza de Trabajo			
5	Placa de Datos	14	Porta electrodos			
6	Selector de Rango	15	Cable de Electrodo			
7	Manija	16	Abanico y Motor			
8	Soporte del Cable de Salida	17	Juego de Carro			
CONDICIONES GENERALES						
Actividad	Soldadura por arco					
Años de operación	3 años					
Situación actual	Operativo					
Observaciones	Se utiliza 5 horas diarias					
Función	Unir dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir.					

Fuente: Autor

Tabla 4. Ficha técnica de la Soldadora GMAW

						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
INGENIERÍA MECÁNICA						
DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO						
Nombre	Suelda GMAW					
Código	CY-GW-01					
Marca	BP ECUADOR					
N° de serie	2018011008					
Modelo	MIG-270					
Año de Fabricación	2005					
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO						
Corriente de salida	40-270 A		DIMENSIONES (mm)			
Tiempo de encendido	100% a 225 A					
Tensión de red	400 V CA (+/-15%)		Peso	Alto	Ancho	Largo
Potencia max.	41,7 A		16,6 kg.	590	220	590
Potencia de conexión efectiva	32,3 A					
COMPONENTES						
1	Flujómetro	11	Voltímetro			
2	Regulador de presión	12	Alimentador del alambre consumible			
3	Tanque de gas de protección	13	Antorcha			
4	Manguera de suministro de gas	13.1	Mango	13.8	Aislante	
5	Electrodo micro alambre	13.2	Cuello	13.9	Tubo guía espiral	
6	Fuente de poder	13.3	Interruptor	13.10	Manguera	
7	Cable del electrodo	13.4	Conducto porta cables	13.11	Electrodo	
8	Pinza tierra	13.5	Tobera	13.12	Suministro gas	
9	Cable tierra	13.6	Tubo de contacto	13.13	Suministro Amp.	
10	Amperímetro	13.7	Porta tubo			
CONDICIONES GENERALES						
Actividad	Soldadura por gas protector y electrodo consumible					
Años de servicio	3 años					
Situación actual	Operativo					
Observaciones	Se utiliza 5 horas diarias					
Función	Soldadura por arco que emplea un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte y el charco de soldadura. El proceso se realiza bajo un escudo de gas suministrado externamente y sin aplicación de presión.					

Fuente: Autor

Tabla 5. Ficha técnica de la Soldadora GTAW

						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
INGENIERÍA MECÁNICA						
DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO						
Nombre	Suelda GTAW					
Código	CY-TW-01					
Marca	BP ECUADOR					
N° de serie	60974-1					
Modelo	TIG-200SII					
Año de Fabricación	2005					
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO						
Corriente	200 A		DIMENSIONES (mm)			
Voltaje	230 V					
Generador	6 KVA		Peso	Alto	Ancho	Largo
Factor de marcha	60 %		27 kg.	328	165	439
Máximo electrodo de tungsteno	3.25					
COMPONENTES						
1	Manguera de gas	9	Pedal de control			
2	Flujómetro	10	Regulador de presión			
3	Cilindro de gas	11	Antorcha			
4	Amperímetro	11.1	Mango			
5	Voltímetro	11.2	Cuerpo de la antorcha			
6	Control de corriente	11.3	Difusor de gar			
7	Pinza de tierra	11.4	Boquilla de gas de cerámica			
8	Cable de retorno	11.5	Electrodo de tungsteno			
CONDICIONES GENERALES						
Actividad	Soldadura por electrodo permanente de Wolframio					
Años de servicio	4 años					
Situación actual	Operativo					
Observaciones	Se utiliza 5 horas diarias					
Función	Emplea un electrodo de tungsteno sólido no consumible. La soldadura TIG se utiliza de forma más amplia para soldar aleaciones de aluminio y acero inoxidable, donde la integridad de la soldadura es de importancia crítica.					

Fuente: Autor

Tabla 6. Ficha técnica de la Soldadora PAW

						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
INGENIERÍA MECÁNICA						
DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO						
Nombre	Suelda PAW					
Código	CY-PW-01					
Marca	BP ECUADOR					
Nº de serie	609T1-1					
Modelo	WT-60					
Año de Fabricación	2005					
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO						
Corriente de salida	46.5 – 60 A					
Voltaje	98.6 – 104 V					
Alimentación	Eléctrico 220V		DIMENSIONES (mm)			
Potencia max.	47.3 A		Peso	Alto	Ancho	Largo
Potencia de conexión efectiva	36.6 A		14,7 kg.	125	135	234
COMPONENTES						
1	Gases		4	Depósito de gas		
2	Electrodo de tungsteno		5	Fuente de poder		
3	Metal base		6	Metal de aporte		
7	Antorcha					
CONDICIONES GENERALES						
Actividad	Soldadura por plasma					
Años de servicio	3 años					
Situación actual	Operativo					
Observaciones	Se utiliza 4 horas al día					
Función	Alcanza una densidad energética y temperaturas superiores a la TIG, al dejar las juntas de soldadura con una mayor calidad. Utiliza dos flujos de gases diferentes.					

Fuente: Autor

3.2. Parámetros utilizados


3.2.1. Estadísticos de máquinas

Para la realización del estadístico de cada una de las soldadoras presentes en este proyecto técnico, es necesario revisar los parámetros que se encuentran descritos en la tabla 7. En los estadísticos se encuentran las actividades a realizar para que se cumpla el mantenimiento preventivo de una manera eficaz para el 2022. El tiempo de operación es un dato fijo como constante dependiendo de la funcionalidad que tienen cada una de las soldadoras en la empresa “Carrocerías YUAYSA” por lo que se resalta este valor en las fichas técnicas del punto anterior.

Tabla 7. Fórmulas necesarias para la elaboración del Estadístico de Máquinas [12].

Fórmula	Descripción
$MTBF = \frac{To_1 + To_2 + To_n}{\sum n}$	MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos.
	To: Tiempo de operación en horas (De acuerdo con el uso de la máquina).
	n: número de datos.
$MTTR = \frac{TR_1 + TR_2 + TR_n}{\sum n}$	MTTR: Tiempo medio de reparación.
	TR: Tiempo de reparación en horas (A criterio del personal que se encarga del mantenimiento).
	n: número de datos.
$\lambda = \frac{1}{MTBF}$	λ: Tasa de fallos.
	MTBF: Tiempo m medio entre fallos sucesivos
$\mu = \frac{1}{MTTR}$	μ: Tasa de reparación
	MTTR: Tiempo medio de reparación.
$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	D: Disponibilidad, es la eficacia de un ítem para desarrollar sus funciones durante un cierto período de tiempo
	MTBF: Tiempo medio entre fallos sucesivos.
	MTTR: Tiempo medio de reparación.
$TP = TR + TM$	TP: Tiempo de paro en horas.
	TR: Tiempo de reparación en horas (A criterio del personal que se encarga del mantenimiento).
	TM: Tiempo muerto en horas (A criterio del personal que se encarga del mantenimiento).

Tabla 8. Estadístico del equipo de soldadura SMAW

		ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS							Edición: 01		
		EQUIPO DE SOLDADURA SMAW							Código: CY-SW-01		
		ÁREA DE PRODUCCIÓN							Vigencia: 2022		
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
OCTUBRE 2021	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	4/10/2021					22,85	0,53	0,0438	1,88	97,72%
	Revisión general del estado de los cables	5/10/2021	10	0,3	0,05	0,35					
	Limpieza general de la máquina.	12/10/2021	29,65	1	0,1	1,1					
	Inspección visual a los terminales	19/10/2021	28,9	0,3	0,1	0,4					
NOVIEMBRE 2021	Limpieza del interior de las cubiertas	2/11/2021	54,6	1	0,1	1,1	45,62	0,93	0,0219	1,07	97,99%
	Ajuste de manija reguladora de Amp.	16/11/2021	53,9	1,5	0,15	1,65					
	Control de la condición del porta electrodo	23/11/2021	28,35	0,3	0,05	0,35					
DICIEMBRE 2021	Revisión del control de encendido	7/12/2021	54,65	1	0,1	1,1	45,65	0,90	0,0219	1,11	98,07%
	Ajuste de manija reguladora de Amp.	14/12/2021	28,9	1,5	0,1	1,6					
	Control de la condición del porta electrodo	28/12/2021	53,4	0,2	0,05	0,25					
ENERO 2022	Limpieza general de la maquina y lugar de trabajo	3/1/2022	24,75	1	0,1	1,1	35,68	1,17	0,0280	0,86	96,83%
	Ajuste de manija reguladora de Amp.	10/1/2022	28,9	1,5	0,1	1,6					
	Control de la condición de la pinza tierra	24/1/2022	53,4	1	0,1	1,1					



ESTADÍSTICO DE MÁQUINAS

Edición: 01

EQUIPO DE SOLDADURA SMAW

Código: CY-SW-01


ÁREA DE PRODUCCIÓN

Vigencia: 2022


MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
FEBRERO 2022	Limpieza del interior de las cubiertas	7/2/2022	53,9	1	0,1	1,1	38,73	0,90	0,0258	1,11	97,73%
	Ajuste de manija reguladora de Amp.	14/2/2022	28,9	1,5	0,1	1,6					
	Control de la condición del porta electrodo	22/2/2022	33,4	0,2	0,05	0,25					
MARZO 2022	Revisión del control de encendido	7/3/2022	49,75	0,2	0,1	0,3	44,77	0,43	0,0223	2,31	99,04%
	Medición de corriente en los cables	14/3/2022	29,7	0,1	0,05	0,15					
	Control de la condición de la pinza tierra	28/3/2022	54,85	1	0,1	1,1					
ABRIL 2022	Ajuste de manija reguladora de Amp.	4/4/2022	28,9	1,2	0,05	1,25	45,85	0,97	0,0218	1,03	97,94%
	Medición de corriente en los cables	11/4/2022	53,9	0,2	0,05	0,25					
	Control de ajuste de los pernos.	25/4/2022	54,75	1,5	0,2	1,7					
MAYO 2022	Limpieza del interior de las cubiertas	9/5/2022	53,3	1	0,1	1,1	45,20	0,90	0,0221	1,11	98,05%
	Ajuste de manija reguladora de Amp.	16/5/2022	28,9	1,5	0,1	1,6					
	Control de la condición del porta electrodo	30/5/2022	53,4	0,2	0,05	0,25					
JUNIO 2022	Revisión del control de encendido	6/6/2022	29,75	1	0,2	1,2	38,08	0,73	0,0263	1,36	98,11%
	Medición de corriente en los cables	13/6/2022	54,75	0,2	0,05	0,25					
	Control de ajuste de los pernos.	20/6/2022	29,75	1	0,3	1,3					
TOTALES			1087,3	22,4	2,7	25,1	362,43	7,467			881,48%
PROMEDIOS			40,27	0,83	0,10	0,93	40,27	0,83			97,9%
<i>Elaborado por:</i> Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			<i>Revisado por:</i> Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano				<i>Aprobado por:</i> Ing. Carlos Yugcha				

Fuente: Autor

Tabla 9. Estadístico de la Suelda GMAW

		ESTADÍSTICOS DE LA MÁQUINAS							Edición: 01		
		EQUIPO DE SOLDADURA GMAW							Código: CY-GW-01		
		ÁREA DE PRODUCCIÓN							Vigencia: 2022		
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
OCTUBRE 2021	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	4/10/2021					24,550	0,041	0,433	2,308	98,27%
	Revisión general del estado de los cables	6/10/2021	15	0,15	0,05	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	13/10/2021	29,8	1	0,15	1,15					
	Inspección visual a los terminales	20/10/2021	28,85	0,15	0,03	0,18					
NOVIEMBRE 2021	Revisión y limpieza de los rodillos de arrastre	10/11/2021	79,82	1,5	0,3	1,8	45,657	0,022	0,883	1,132	98,10%
	Corte y limpieza adecuada del hilo de soldar	17/11/2021	28,2	1	0,05	1,05					
	Inspección de fugas a la manguera de gas	24/11/2021	28,95	0,15	0,05	0,2					
DICIEMBRE 2021	Revisión de la sujeción del tanque de gas a la suelda	8/12/2021	54,8	0,5	0,1	0,6	37,950	0,026	0,417	2,400	98,91%
	Revisión de obstrucción y limpieza del difusor	15/12/2021	29,4	0,3	0,05	0,35					
	Control de la condición del porta electrodo	22/12/2021	29,65	0,45	0,1	0,55					
ENERO 2022	Corte y limpieza adecuada del hilo de soldar	4/1/2022	49,45	0,5	0,05	0,55	44,133	0,023	0,933	1,071	97,93%
	Inspección de fugas a la manguera de gas	18/1/2022	54,45	1	0,5	1,5					
	Control de la condición de la pinza tierra	25/1/2022	28,5	1,3	0,1	1,4					

MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
FEBRERO 2022	Revisión y limpieza de los rodillos de arrastre	1/2/2022	28,6	0,6	0,1	0,7	37,267	0,027	0,683	1,463	98,20%
	Corte y limpieza adecuada del hilo de soldar	15/2/2022	54,3	1	0,1	1,1					
	Inspección de fugas a la manguera de gas	22/2/2022	28,9	0,45	0,1	0,55					
MARZO 2022	Verificación del correcto funcionamiento del voltímetro y amperímetro, a través de la toma de datos constantes	2/3/2022	34,45	0,5	0,1	0,6	46,217	0,022	0,533	1,875	98,86%
	Revisión general del estado de los cables	15/3/2022	49,4	0,1	0,1	0,2					
	Control de la condición de la pinza tierra	29/3/2022	54,8	1	0,3	1,3					
ABRIL 2022	Limpieza general de la máquina.	5/4/2022	28,7	1,5	0,2	1,7	51,767	0,019	1,233	0,811	97,67%
	Medición general de corriente en los terminales principales del equipo	19/4/2022	53,3	1,2	0,1	1,3					
	Inspección visual a los terminales	25/4/2022	73,3	1	0,15	1,15					
MAYO 2022	Revisión y limpieza de los rodillos de arrastre	3/5/2022	33,85	0,8	0,3	1,1	43,617	0,023	0,933	1,071	97,90%
	Corte y limpieza adecuada del hilo de soldar	16/5/2022	48,9	1,5	0,4	1,9					
	Inspección de fugas a la manguera de gas	27/5/2022	48,1	0,5	0,1	0,6					
JUNIO 2022	Inspección de fugas a la manguera de gas	7/6/2022	39,4	1,3	1	2,3	36,600	0,027	0,667	1,500	98,21%
	Verificación del correcto funcionamiento del voltímetro y amperímetro, a través de la toma de datos constantes	13/6/2022	22,7	0,4	0,05	0,45					
	Control de la condición de la pinza tierra	20/6/2022	47,7	0,3	0,1	0,4					

		ESTADÍSTICOS DE LA MÁQUINAS							Edición: 01		
		EQUIPO DE SOLDADURA GMAW							Código: CY-GW-01		
		ÁREA DE PRODUCCIÓN							Vigencia: 2022		
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
TOTALES			1103,27	20,15	4,73	24,88	367,76	0,189	6,717	13,63	
PROMEDIOS			40,86	0,75	0,18	0,92	40,86	0,03	0,75	1,51	98,2%
<i>Elaborado por:</i> <i>Catherin Mishel Yugcha Pilamunga</i>			<i>Revisado por:</i> <i>Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano</i>					<i>Aprobado por:</i> <i>Ing. Carlos Yugcha</i>			


Fuente: Autor

Tabla 10. Estadístico de la Suelda GTAW

		ESTADÍSTICOS DE LA MÁQUINAS							Edición: 01		
		EQUIPO DE SOLDADURA GTAW							Código: CY-TW-01		
		ÁREA DE PRODUCCIÓN							Vigencia: 2022		
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
OCTUBRE 2021	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	4/10/2021					34,87	0,0287	0,533	1,88	98,49%
	Revisión general del estado de los cables	7/10/2021	20	0,15	0,05	0,2					
	Inspección visual a los terminales	14/10/2021	29,8	0,45	0,05	0,5					
	Limpieza general de la máquina.	21/10/2021	54,8	1	0,15	1,15					
NOVIEMBRE 2021	Control de la condición de la pinza tierra	11/11/2021	78,85	0,25	0,05	0,3	45,70	0,0219	0,683	1,46	98,53%
	Control de Amperaje y Voltaje según el equipo	18/11/2021	29,7	1,3	0,15	1,45					
	Limpieza en el mecanismo del pedal	25/11/2021	28,55	0,5	0,1	0,6					
DICIEMBRE 2021	Limpieza en la boquilla de gas	9/12/2021	54,4	0,15	0,05	0,2	46,20	0,0216	0,317	3,16	99,32%
	Afilado del electrodo de tungsteno	23/12/2021	54,8	0,5	0,1	0,6					
	Control de Amperaje y Voltaje según el equipo	30/12/2021	29,4	0,3	0,05	0,35					
ENERO 2022	Revisión paulatina de fugas en la manguera de gas	5/1/2022	24,65	0,55	0,1	0,65	27,82	0,0359	0,717	1,40	97,49%
	Control de la condición de la pinza tierra	12/1/2022	29,35	0,5	0,05	0,55					
	Afilado del electrodo de tungsteno	19/1/2022	29,45	1,1	0,5	1,6					


MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
FEBRERO 2022	Revisión y limpieza de los rodillos de arrastre	9/2/2022	78,4	1,3	0,1	1,4	45,45	0,0220	0,967	1,03	97,92%
	Corte y limpieza adecuada del hilo de soldar	16/2/2022	28,6	0,6	0,05	0,65					
	Inspección de fugas a la manguera de gas	23/2/2022	29,35	1	0,15	1,15					
MARZO 2022	Control de Amperaje y Voltaje según el equipo	4/3/2022	38,85	0,5	0,15	0,65	40,87	0,0245	0,367	2,73	99,11%
	Limpieza en el mecanismo del pedal	18/3/2022	54,35	0,5	0,1	0,6					
	Afilado del electrodo de tungsteno	25/3/2022	29,4	0,1	0,1	0,2					
ABRIL 2022	Limpieza general de la máquina.	7/4/2022	49,8	1	0,3	1,3	38,93	0,0257	1,233	0,81	96,93%
	Limpieza en el mecanismo del pedal	18/4/2022	38,7	1,5	0,2	1,7					
	Afilado del electrodo de tungsteno	25/4/2022	28,3	1,2	0,1	1,3					
MAYO 2022	Limpieza general de la máquina.	5/5/2022	43,7	1,2	0,25	1,45	42,05	0,0238	1,167	0,86	97,30%
	Inspección visual a los terminales	12/5/2022	28,55	0,8	0,3	1,1					
	Afilado del electrodo de tungsteno	26/5/2022	53,9	1,5	0,4	1,9					
JUNIO 2022	Inspección de fugas a la manguera de gas	7/6/2022	43,1	0,5	0,1	0,6	33,40	0,0299	0,733	1,36	97,85%
	Afilado del electrodo de tungsteno	14/6/2022	29,4	1,3	1	2,3					
	Control de la condición de la pinza tierra	21/6/2022	27,7	0,4	0,05	0,45					



		ESTADÍSTICOS DE LA MÁQUINAS							Edición: 01		
		EQUIPO DE SOLDADURA GTAW							Código: CY-TW-01		
		ÁREA DE PRODUCCIÓN							Vigencia: 2022		
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
TOTALES			1065,85	20,15	4,75	24,9	320,417	0,205	6,183	12,810	
PROMEDIOS			39,48	0,75	0,18	0,92	40,05	0,03	0,77	1,60	98%
<i>Elaborado por:</i> Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			<i>Revisado por:</i> Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano				<i>Aprobado por:</i> Ing. Carlos Yugcha				

Fuente: Autor

Tabla 11. Estadístico de la Suelda PAW

		ESTADÍSTICOS DE LA MÁQUINAS							Edición: 01		
		EQUIPO DE SOLDADURA PAW							Código: CY-PW-01		
		ÁREA DE PRODUCCIÓN							Vigencia: 2022		
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
OCTUBRE 2021	Inicio de Actividades (Nuevo Año).	4/10/2021					22,217	0,0450	0,4333	2,31	98,09%
	Revisión general del estado de los cables	8/10/2021	20	0,15	0,05	0,2					
	Limpieza general de la máquina.	15/10/2021	23,8	1	0,15	1,15					
	Inspección visual a los terminales	22/10/2021	22,85	0,15	0,03	0,18					
NOVIEMBRE 2021	Revisión paulatina de fugas en la manguera de gas	9/11/2021	51,82	1	0,1	1,1	36,357	0,0275	0,9333	1,07	97,14%
	Control de la condición de la pinza tierra	18/11/2021	30,9	1,5	0,15	1,65					
	Control de Amperaje y Voltaje según el equipo	26/11/2021	26,35	0,3	0,05	0,35					
DICIEMBRE 2021	Limpieza en la boquilla de gas	10/12/2021	43,65	1,5	0,1	1,6	31,267	0,0320	0,9000	1,11	97,20%
	Afilado del electrodo de tungsteno	17/12/2021	22,4	0,2	0,05	0,25					
	Control de Amperaje y Voltaje según el equipo	27/12/2021	27,75	1	0,1	1,1					
ENERO 2022	Revisión paulatina de fugas en la manguera de gas	7/1/2022	38,9	1,5	0,1	1,6	34,733	0,0288	1,1667	0,86	96,75%
	Control de la condición de la pinza tierra	14/1/2022	22,4	1	0,1	1,1					
	Afilado del electrodo de tungsteno	28/1/2022	42,9	1	0,1	1,1					



ESTADÍSTICOS DE LA MÁQUINAS

Edición: 01

EQUIPO DE SOLDADURA PAW

Código: CY-PW-01

ÁREA DE PRODUCCIÓN

Vigencia: 2022

MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
FEBRERO 2022	Revisión general del estado de los cables	11/2/2022	42,9	1,5	0,1	1,6	31,017	0,0322	0,6333	1,58	98,00%
	Limpieza general de la máquina.	18/2/2022	22,4	0,2	0,05	0,25					
	Afilado del electrodo de tungsteno	28/2/2022	27,75	0,2	0,1	0,3					
MARZO 2022	Control de Amperaje y Voltaje según el equipo	4/3/2022	19,7	0,1	0,05	0,15	32,817	0,0305	0,7667	1,30	97,72%
	Inspección y limpieza del cable de la antorcha	18/3/2022	43,85	1	0,1	1,1					
	Afilado del electrodo de tungsteno	30/3/2022	34,9	1,2	0,05	1,25					
ABRIL 2022	Revisión general del estado de los cables	8/4/2022	30,75	0,2	0,05	0,25	32,633	0,0306	0,7333	1,36	97,80%
	Afilado del electrodo de tungsteno	19/4/2022	31,75	0,5	0,1	0,6					
	Limpieza general de la máquina.	29/4/2022	35,4	1,5	0,2	1,7					
MAYO 2022	Revisión paulatina de fugas en la manguera de gas	5/5/2022	18,3	1	0,1	1,1	30,533	0,0328	0,9000	1,11	97,14%
	Inspección visual a los terminales	12/5/2022	22,9	1,5	0,1	1,6					
	Afilado del electrodo de tungsteno	30/5/2022	50,4	0,2	0,05	0,25					
JUNIO 2022	Inspección y limpieza del cable de la antorcha	8/6/2022	31,75	1	0,2	1,2	26,100	0,0383	0,7333	1,36	97,27%
	Control de la condición de la pinza tierra	15/6/2022	22,8	0,2	0,05	0,25					
	Afilado del electrodo de tungsteno	22/6/2022	23,75	1	0,3	1,3					
TOTALES			833,02	21,6	2,68	24,28	277,67	0,253	25,2	0,04	
PROMEDIOS			30,85	0,80	0,10	0,90	30,85	0,03	0,80	1,34	97,5%
<i>Elaborado por: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga</i>			<i>Revisado por: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano</i>				<i>Aprobado por: Ing. Carlos Yugcha</i>				

Fuente: Autor

Curva de la bañera de SMAW

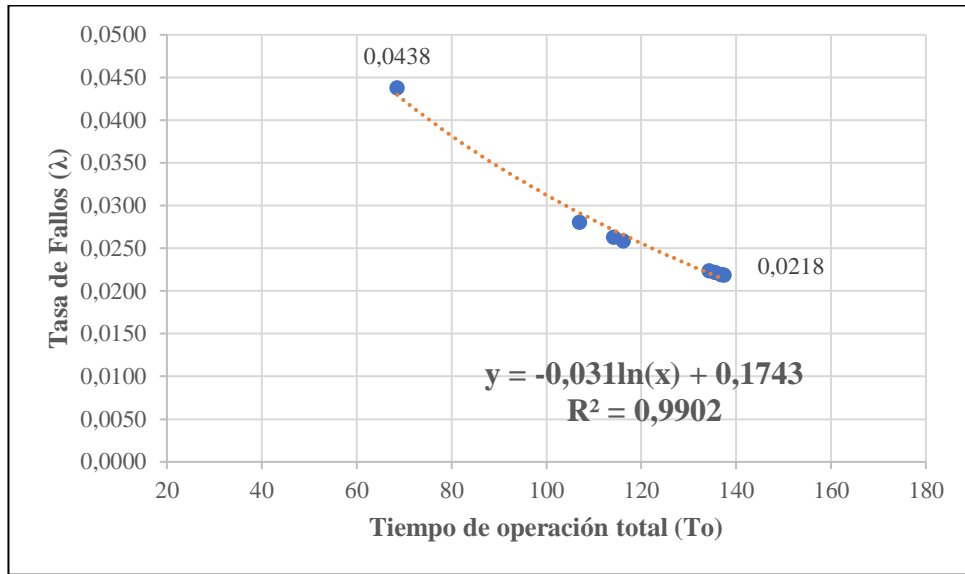


Figura 19. Tasa de fallos vs tiempo de operación SMAW, ecuación logarítmica

Fuente: Autor

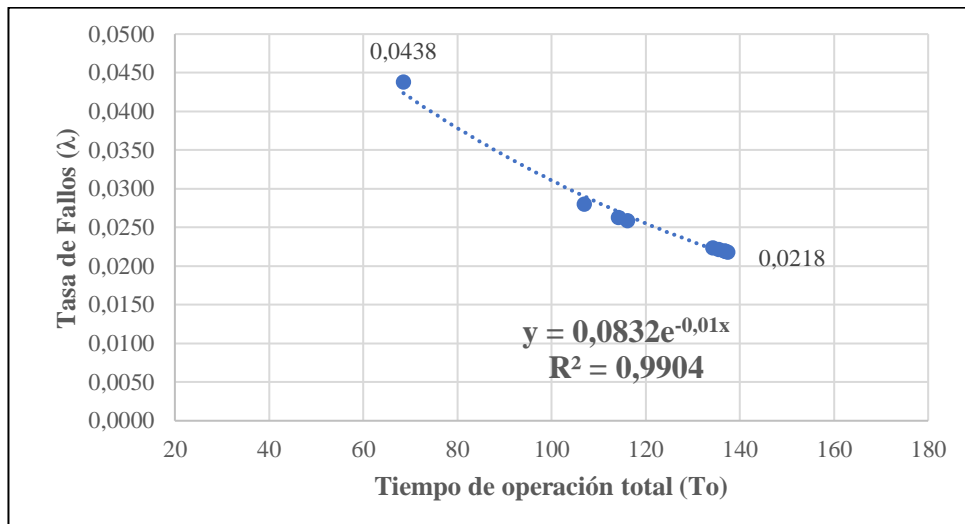


Figura 20. Tasa de fallos vs tiempo de operación SMAW, ecuación exponencial

Fuente: Autor

Se puede observar, en las figuras 19 y 20, dos tipos de graficas que describen la tendencia de la tasa de fallos y el tiempo de operación del equipo de soldadura SMAW, la línea entre cortada de color naranja es representada con una ecuación logarítmica mientras que la tendencia azul tiene una representación exponencial. Se da una fiabilidad más alta en la función exponencial debido a que esta tiene un valor de $R^2=0,9904$, cabe añadir que si este valor se acerca más a la unidad se obtiene una correlación más confiable entre los datos. El valor máximo de tasa de fallos es de

0,0438 y el mínimo es de 0,0218, pese a que son valores que tienen tan solo una diferencia de 0,020 sigue siendo una diferencia considerable para el análisis, sin embargo, la tendencia indica que al transcurrir el tiempo de operación la tasa de fallos baja (tendencia convexa), en consecuencia, el mantenimiento preventivo realizado hasta el momento tiene buenos resultados.

Curva de la bañera de GMAW

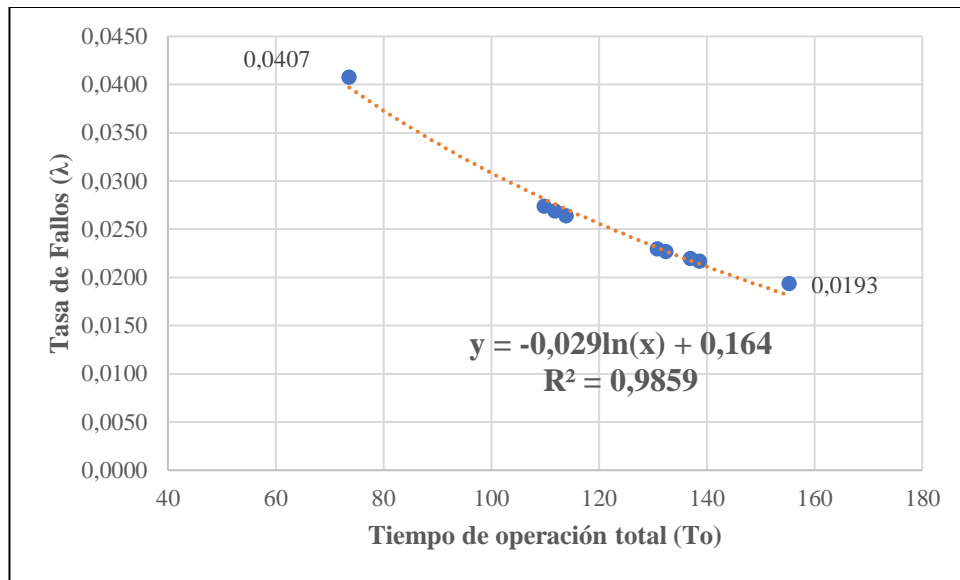


Figura 21. Tasa de fallos vs tiempo de operación GMAW, ecuación logarítmica

Fuente: Autor

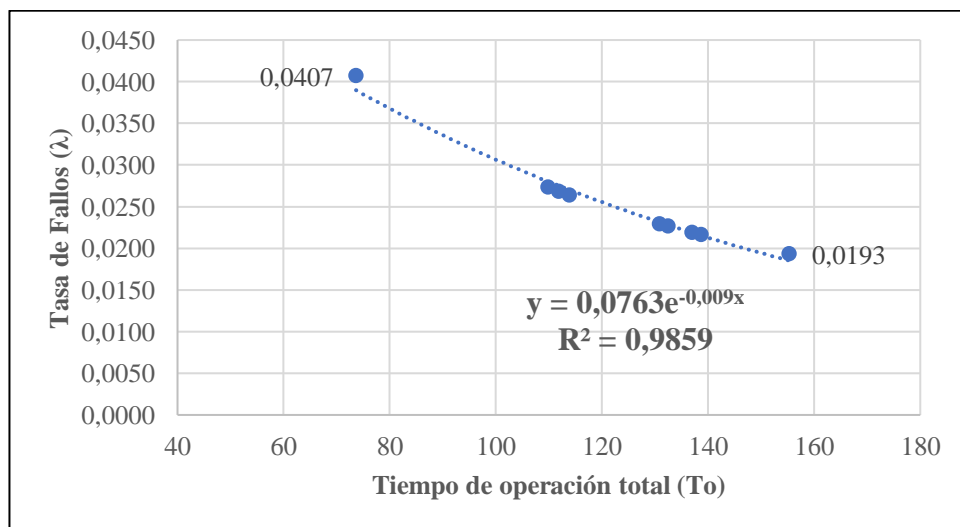


Figura 22. Tasa de fallos vs tiempo de operación GMAW, ecuación exponencial

Fuente: Autor

Se puede observar dos tipos de gráficas, en las figuras 21 y 22, que describen la tendencia de la tasa de fallos y el tiempo de operación del equipo de soldadura GMAW, la línea entre cortada de color naranja es representada con una ecuación logarítmica mientras que la tendencia azul tiene una representación exponencial. Se da una fiabilidad igual en estas dos funciones debido a que ambas tienen un valor de $R^2=0,9859$, cabe añadir que si este valor se acerca más a la unidad se obtiene una correlación más confiable entre los datos. El valor máximo de tasa de fallos es de 0,0407 y el mínimo es de 0,0193, pese a que son valores que tienen tan solo 0,0214 sigue siendo una diferencia considerable para el análisis, sin embargo, la tendencia indica que al transcurrir el tiempo de operación la tasa de fallos baja (tendencia convexa), en consecuencia, el mantenimiento preventivo realizado hasta el momento tiene buenos resultados.

Curva de la bañera de GTAW

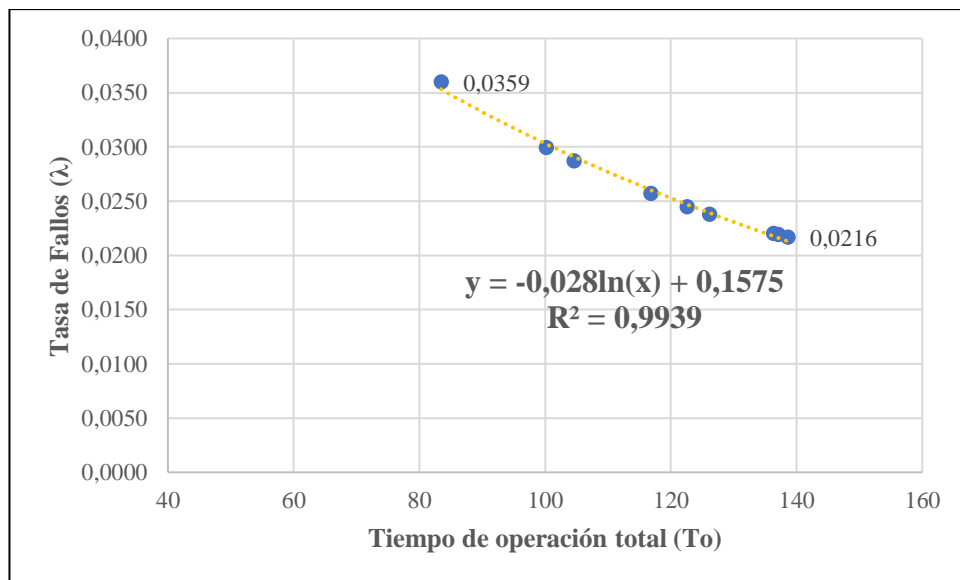


Figura 23. Tasa de fallos vs tiempo de operación GTAW, ecuación logarítmica

Fuente: Autor

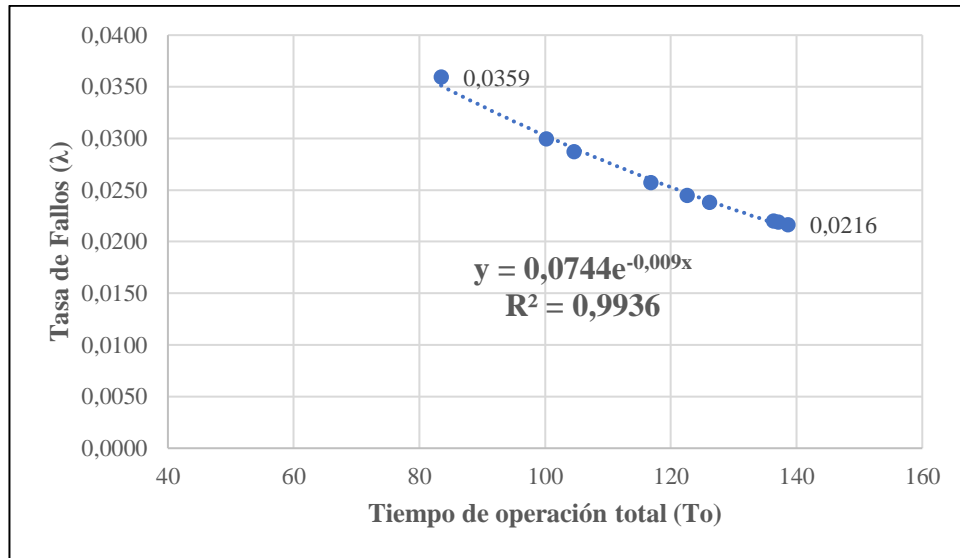


Figura 24. Tasa de fallos vs tiempo de operación GTAW, ecuación exponencial
Fuente: Autor

En las figuras 23 y 24, se pueden observar dos tipos de graficas que describen la tendencia de la tasa de fallos y el tiempo de operación del equipo de soldadura GTAW, la línea entre cortada de color naranja es representada con una ecuación logarítmica mientras que la tendencia azul tiene una representación exponencial. Se da una fiabilidad más alta en la función logarítmica debido a que esta tiene un valor de $R^2=0,9939$, cabe añadir que si este valor se acerca más a la unidad se obtiene una correlación más confiable entre los datos.

El valor máximo de tasa de fallos es de 0,0359 y el mínimo es de 0,0216, pese a que son valores que tienen tan solo 0,0143 sigue siendo una diferencia considerable para el análisis, sin embargo, la tendencia indica que al transcurrir el tiempo de operación la tasa de fallos baja (tendencia convexa), en consecuencia, el mantenimiento preventivo realizado hasta el momento tiene buenos resultados.

Curva de la bañera de PAW

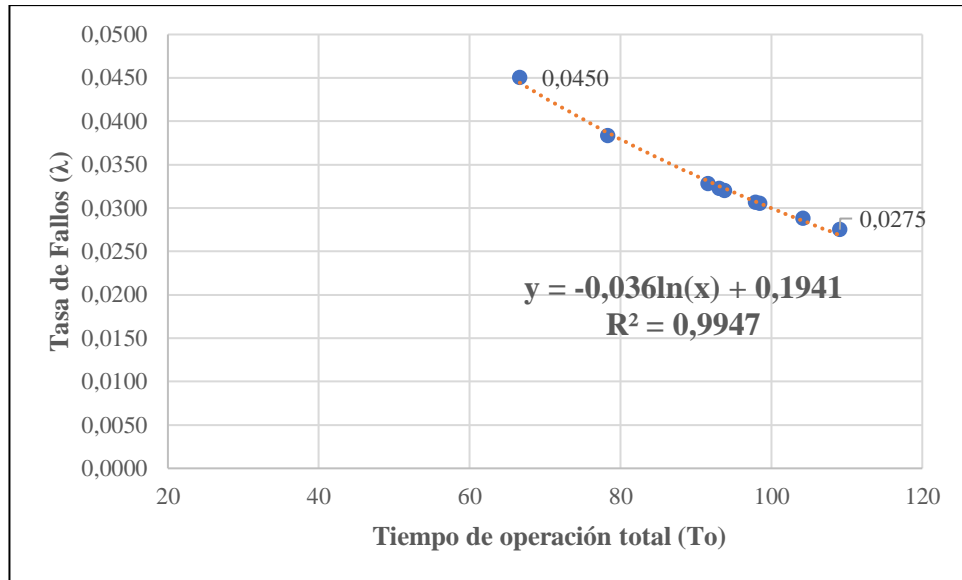


Figura 25. Tasa de fallos vs tiempo de operación PAW, ecuación logarítmica
Fuente: Autor

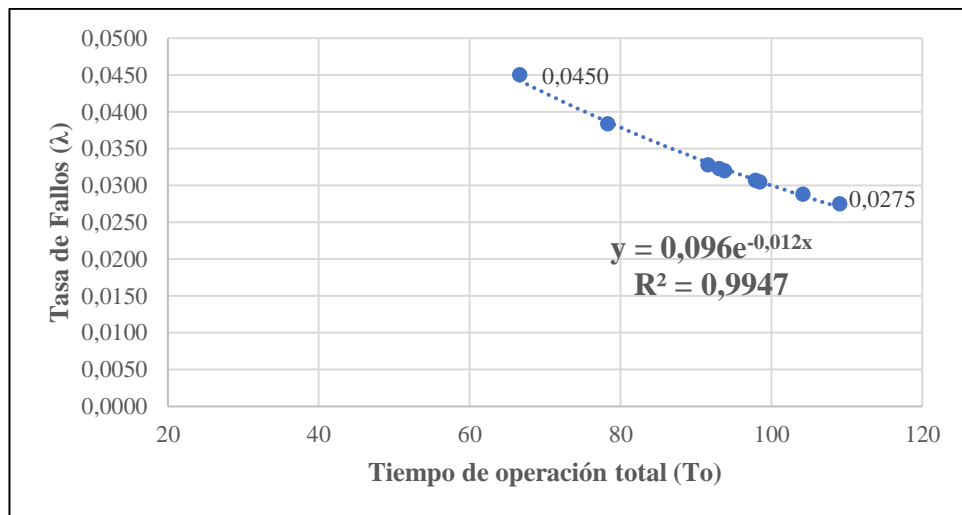


Figura 26. Tasa de fallos vs tiempo de operación PAW, ecuación logarítmica
Fuente: Autor

Se puede observar dos tipos de graficas que describen la tendencia de la tasa de fallos y el tiempo de operación del equipo de soldadura PAW, en las figuras 25 y 36, la línea entre cortada de color naranja es representada con una ecuación logarítmica mientras que la tendencia azul tiene una representación exponencial. Se da una fiabilidad igual en estas dos funciones debido a que ambas tienen un valor de $R^2=0,9947$, cabe añadir que si este valor se acerca más a la unidad se obtiene una correlación más confiable entre los datos. El valor máximo de tasa de fallos es de 0,0450 y el mínimo es de

0,0275, pese a que son valores que tienen tan solo 0,0175 sigue siendo una diferencia considerable para el análisis, sin embargo, la tendencia indica que al transcurrir el tiempo de operación la tasa de fallos baja (tendencia convexa), en consecuencia, el mantenimiento preventivo realizado hasta el momento tiene buenos resultados.

3.2.2. Análisis de modos y efectos de fallo AMFE


La matriz de criterios ponderados AMFE nos permite identificar las fallas que ocurren en un proceso o ciclo de trabajo, mediante una investigación de su recurrencia, detallando los modos de fallos y sus causas raíz, con el objetivo de tener un control adecuado de los mismos. Para los índices de frecuencia, detección y de gravedad se procedió a realizar una tabla de valoración, misma que se presenta a continuación en la tabla 12.


Tabla 12. Tabla de valores para la realización de la matriz AMFE [18].


TABLA DE VALORACION	
Frecuencia (F) (1-10)	
Imposible	(1-2)
Remoto	(3-4)
Ocasional	(5-6)
Frecuente	(7-8)
Muy frecuente	(9-10)
Gravedad (G) (1-10)	
Insignificante	(1-2)
Moderado	(3-4)
Importante	(5-6)
Crítico	(7-8)
Catastrófico	(9-10)
Detección (D) (1-10)	
Probabilidad detección muy elevada	(1-2)
Probabilidad detección elevada	(3-4)
Probabilidad detección moderada	(5-6)
Probabilidad detección escasa	(7-8)
Probabilidad detección muy escasa	(9-10)
Riesgos críticos	IPR > 100


Según la nota técnica de prevención NTP 679 los riesgos son considerados críticos cuando el Índice de Prioridad de Riesgo supera el valor de 100, de llegar a darse este caso se los representa con el color rojo.

Tabla 13. Matriz AMFE del equipo de soldadura SMAW

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA SMAW				Código: CY-SW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Estructura Principal (Cubiertas trasera, superior y frontal)	Sujetar de los componentes internos de la máquina.	Oxidación	Deterioro	Corrosión	Desgaste de la estructura	3	3	4	36	Colocar pintura anticorrosiva en los puntos críticos de la estructura.
			Rotura de la estructura	Rotura	Presión excesiva	Componentes internos expuestos	2	3	2	12	Evitar colocar peso en la estructura, como herramientas, partes de la carrocería, entre otras.
2	Selector de Rango	Seleccionar el rango de amperaje adecuado al trabajo.	Mal funcionamiento	Deterioro	Conexiones en mal estado	Inadecuado funcionamiento de la máquina	3	3	5	45	Manipular con cuidado, al momento de apagar la máquina bajar a lo mínimo el rango.
			Perilla floja	Desajuste	Manipulación errada	Inadecuado amperaje de trabajo	2	3	2	12	Revisar exhaustivamente el ajuste de la perilla del selector de rango.


			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA SMAW				Código: CY-SW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
3	Cable de Alimentación	Energizar el encendido de la máquina.	Cable pelado	Deterioro	Incorrecta manipulación	Corriente de entrada inadecuada	3	4	4	48	Empalmar cables en mal estado.
			Terminales recalentados	Deterioro	Cortocircuito	Encendido de la máquina ineficaz	3	3	2	18	Revisar la continuidad y voltaje en el cable, cambiar si no existe alternativa.
4	Interruptor de Encendido	Encender o apagar las diferentes funciones de la máquina.	Rotura de interruptor	Rotura	Incorrecta manipulación	Difícil encendido de la máquina	6	6	4	114	Cambiar el interruptor.
			Breakers en mal estado	Desgaste	Cortocircuito	Encendido de la máquina ineficaz	5	6	2	60	Cambiar inmediatamente de Breaker.
5	Cable de Trabajo	Energizar a la pinza de trabajo.	Cable pelado	Deterioro	Incorrecta manipulación	Corriente de entrada inadecuada	3	3	4	36	Empalmar cables en mal estado con cinta auto fundente y conta aislante.
			Terminales recalentados	Deterioro	Cortocircuito	Funcionamiento ineficaz de la pinza de trabajo	3	3	3	27	Revisar la continuidad y voltaje en el cable, cambio de cable de ser necesario.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA SMAW				Código: CY-SW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
6	Pinza de Trabajo	Asegurar el reenganche de la conexión eléctrica entre la fuente de soldadura y la pieza a soldar.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Difícil manejo de la máquina	3	4	4	48	Sacar el óxido con ayuda de un cepillo de metal.
			Agarre defectuoso	Desajuste	Mala manipulación	Difícil colocación en el metal base	5	5	3	75	Revisar y ajustar, si fuese necesario, el tornillo principal.
7	Cable de Electrodo	Energizar el porta electrodo.	Cable pelado	Deterioro	Incorrecta manipulación	Corriente de entrada inadecuada	3	3	4	36	Empalmar cables en mal estado.
			Terminales recalentados	Deterioro	Cortocircuito	Funcionamiento ineficaz del porta electrodo	3	3	3	27	Revisar la continuidad y voltaje en el cable.
8	Abanico y Motor	Regular la temperatura del circuito interno.	Motor en sobrecarga	Desgaste	Fractura de hélice	Temperatura elevada	6	6	4	114	Revisar paulatinamente el estado general del motor y abanico.
			Motor no enciende	Deterioro	Cortocircuito	Temperatura elevada	6	6	3	118	Cambiar de cables en el motor.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA SMAW				Código: CY-SW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
9	Juego de Carro	Transportar de la máquina soldadura.	Ruedas en mal estado	Desgaste	Incorrecta manipulación	Difícil transporte de la máquina	5	6	3	90	Colocar nuevas ruedas, rodamientos o eje, dependiendo el estado.
			Ruedas flojas	Desajuste	Incorrecta manipulación	Imposible transporte de la soldadora	5	5	3	75	Colocar topes o arandelas de seguridad para asegurar al eje.
Elaborado por: <i>Catherin Mishel Yugcha Pilamunga</i>				Revisado por: <i>Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano</i>				Aprobado por: <i>Ing. Carlos Yugcha</i>			

Fuente: Autor


Tabla 14. Matriz AMFE del equipo de soldadura GMAW


			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GMAW				Código: CY-GW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
			N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones	
F	G	D								IPR	
1	Voltímetro	Regular la presión que viene del cilindro de gas y el paso de gas a la pistola.	Fugas externas e internas	Desgaste	Vida útil crítica del regulador de presión	Gas insuficiente en la pistola para realizar la soldadura	2	4	6	48	Revisar constantemente el regulador, ver si marca bien, caso contrario posible fuga.
			Diafragma en mal estado	Deterioro	Diafragma tapado	Nivel de gas insuficiente para la soldadura	2	5	8	80	Cambiar el regulador de presión de manera urgente.
2	Tanque de gas de protección	Almacenar el gas a alta presión y equipado de un regulador que mide el flujo del gas.	Nivel bajo	Posible fuga o fisura en el tanque	Mala manipulación	Soldadura ineficaz	4	3	6	72	Revisar programadamente nivel y registro al momento de usar el equipo, posible evidencia de fallo cambiar de inmediato.
			Fisura	Desgaste	Golpe o abolladura en el manejo del equipo	Fuga de gas	4	4	7	112	Revisar constantemente la unidad de suministro de gas, en caso de fisura cambiar de inmediato.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GMAW				Código: CY-GW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
3	Manguera de suministro de gas	Conducto por el cual circula el gas de protección desde el regulador hasta el equipo para realizar el trabajo de soldadura.	Múltiples fisuras en el caucho de la manguera	Vejez en el caucho de la manguera	Deterioro	Fuga de gas	3	5	3	45	Colocar parches o de ser necesario reemplazar la manguera de gas.
			Fuga de gas	Manguera rota	Mala manipulación por parte del personal	Cambio de gas demasiado rápido	3	7	5	105	Cambiar de manera inmediata la manguera de suministro de gas.
4	Electrodo	Conducir la electricidad para la soldadura, además es el alambre que sirve de aporte.	Electrodo en mal estado	Vida útil del electrodo	Desgaste	Suelda defectuosa	5	4	4	80	Cambiar de manera frecuente el alambre cuando ya esté por agotarse.
			Electrodo desgastado	Mala utilización al momento de manipular la pistola y sacar el electrodo	Mala manipulación	Suelda defectuosa	5	4	4	80	Cambiar el electrodo.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GMAW				Código: CY-GW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
5	Fuente de poder	Brindar energía necesaria para fusionar el alambre en la pieza que se va a soldar y es de tipo de corriente con voltaje constante.	Fusible quemado	Vida útil del fusible	Desgaste	Apagado repentino de la máquina	6	6	3	108	Cambiar inmediatamente el fusible dañado.
			Corto en las salidas de la fuente de poder	Cables de salida pelados	Mala manipulación	Cable de poder sin energía	6	6	3	108	Revisar constantemente los cables de salida de la fuente de poder en caso de estar en mal estado, reponer.
6	Cable del electrodo	Unir la fuente de soldadura con el alimentador de alambre para su funcionamiento.	Cable pelado	Deterioro	Incorrecta manipulación	Corriente de entrada inadecuada	3	5	2	30	Empalmar cables en mal estado.
			Terminales recalentados	Deterioro	Cortocircuito	Funcionamiento ineficaz del porta electrodo	3	4	3	36	Revisar la continuidad y voltaje en el cable.


N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
7	Pinza tierra	Sujetar el cable de masa que va de la fuente de soldadura a la pieza que se va a soldar y permite que haya un buen contacto entre los dos.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Difícil manejo de la máquina	4	5	2	40	Sacar el óxido con ayuda de un cepillo de metal.
			Agarre defectuoso	Desajuste	Mala manipulación	Difícil colocación en el metal base	5	5	3	75	Revisar y ajustar, si fuese necesario, del tornillo principal.
8	Cable tierra	Energizar la pinza de trabajo.	Cable pelado	Deterioro	Incorrecta manipulación	Corriente de entrada inadecuada	3	5	2	30	Empalmar cables en mal estado con cinta auto fundente y cinta aislante.
			Terminales recalentados	Deterioro	Cortocircuito	Funcionamiento ineficaz de la pinza de trabajo	3	4	3	36	Revisar la continuidad y voltaje en el cable, cambio de cable de ser necesario.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GMAW				Código: CY-GW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
9	Amperímetro	Graduar el nivel de la cantidad de corriente en amperios, puede ser de tipo análogo o digital.	Marca del visor en mal estado	Deterioro	Golpe, rotura, pluma desajustada	Marca inadecuada de la corriente de trabajo	4	3	2	24	Revisar el correcto funcionamiento del visor de amperaje y cambio de componentes si es que estos se encuentran en mal estado.
			Perrilla floja	Desajuste	Manipulación errada	Inadecuado amperaje de trabajo	4	4	3	48	Ajustar el potenciómetro para la regulación de la corriente de trabajo en el equipo.
10	Voltímetro	Controlar el voltaje requerido para soldar y las graduaciones del equipo MIG, en voltios.	Marca del visor en mal estado	Deterioro	Golpe, rotura, pluma desajustada	Marca inadecuada del voltaje al momento de realizar el trabajo	4	3	2	24	Revisar constantemente el correcto funcionamiento del marcador de voltaje, ajuste de la pluma o calibración del componente.
			Perrilla floja	Desajuste	Manipulación errada	Inadecuado voltaje de trabajo	3	4	2	24	Revisar la falla y ajuste del potenciómetro para el adecuado voltaje de trabajo.


			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GMAW				Código: CY-GW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
11	Alimentador del alambre consumible	Desplazar prolongadamente del alambre, con regulación de velocidad y mediante la pistola para llegar al área donde es producido el arco de soldadura.	Rodillos desgastados	Desgaste	Rodillos descentrados	Desplazamiento del alambre inadecuado para realizar la soldadura	4	7	4	112	Centrar los rodillos u cambiarlos de ser necesario.
			Motor en mal estado	Deterioro	Vida útil del motor	Atrapamiento del alambre consumible	4	7	4	112	Verificar constantemente el estado del motor y el tiempo de vida útil que este tiene, revisar sobrecalentamiento.
12	Antorcha	Guiar el alambre, la corriente y el gas protector hacia el área de soldadura.	Tornillos del difusor desajustados y en mal estado	Desajuste de los tornillos	Mala manipulación, dejar expuesto al momento de guardar el equipo	Mal funcionamiento de la antorcha al momento de realizar la soldadura	4	4	3	48	Reajustar de los tornillos del difusor, cambiarlos de manera de inmediata si se encuentran con óxido o en mal estado.
			Guía defectuosa	Deterioro en la estructura de la guía	Mala manipulación de parte del personal	Alambre consumible en posición inadecuada para realizar la soldadura	4	7	3	84	Centrar la guía para que el alambre salde de una manera uniforme.
Elaborado por: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga				Revisado por: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano				Aprobado por: Ing. Carlos Yugcha			

Fuente: Autor


Tabla 15. Matriz AMFE del equipo de soldadura GTAW

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GTAW				Código: CY-GT-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Manguera de gas	Circular el gas de protección desde el regulador hasta el equipo para realizar el trabajo de soldadura.	Múltiples fisuras en el caucho de la manguera	Vejez en el caucho de la manguera	Deterioro	Fuga de gas	3	5	3	45	Colocar parches o de ser necesario reemplazar la manguera de gas.
			Fuga de gas	Manguera rota	Mala manipulación por parte del personal	Cambio de gas demasiado rápido	3	7	5	105	Cambiar inmediatamente la manguera de suministro de gas.
2	Flujómetro	Medir la velocidad y la fuerza de los líquidos y gases en movimientos.	Fuga	Deterioro	Mal ajuste de la perrilla al cerrar el flujómetro	Suministro de gas se agota rápidamente	4	7	4	112	Reemplazar el orificio de la válvula.
			Entrada o salida obstruidas	Posible suciedad en el flujómetro	Mala limpieza en la entrada o salida del componente	Presión de suministro de gas incorrecta	4	6	3	72	Limpiar las superficies externas con un paño humedecido con detergente suave y con agua.

N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
3	Cilindro de gas	Este elemento, incluye el gas a alta presión y un regulador.	Nivel bajo	Posible fuga o fisura en el tanque	Mala manipulación	Soldadura ineficaz	4	3	6	72	Revisar programadamente el nivel y registro al momento de usar el equipo, posible evidencia de fallo cambiar de inmediato.
			Fisura	Desgaste	Golpe o abolladura en el manejo del equipo	Fuga de gas	4	4	7	112	Revisar constantemente la unidad de suministro de gas, en caso de fisura cambiar de inmediato.
4	Amperímetro	Graduar el nivel de la cantidad de corriente en amperios, puede ser de tipo análogo o digital.	Marca del visor en mal estado	Deterioro	Golpe, rotura, pluma desajustada	Marca inadecuada de la corriente de trabajo	4	3	2	24	Revisar el correcto funcionamiento del visor de amperaje y cambio de componentes si es que estos se encuentran en mal estado.
			Perrilla floja	Desajuste	Manipulación errada	Inadecuado amperaje de trabajo	4	4	3	48	Ajustar el potenciómetro para la regulación de la corriente de trabajo en el equipo.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GTAW				Código: CY-GT-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
5	Voltímetro	Controlar el voltaje requerido para soldar y las graduaciones del equipo MIG, en voltios.	Marca del visor en mal estado	Deterioro	Golpe, rotura, pluma desajustada	Marca inadecuada del voltaje al momento de realizar el trabajo	4	3	2	24	Revisar constantemente el correcto funcionamiento del marcador de voltaje, ajuste de la pluma o calibración del componente.
			Perrilla floja	Desajuste	Manipulación errada	Inadecuado voltaje de trabajo	3	4	2	24	Revisar la falla y ajustar el potenciómetro para el adecuado voltaje de trabajo.
6	Pinza de tierra	Asegurar el reenganche de la conexión eléctrica entre la fuente de soldadura y la pieza a soldar.	Oxidación	Desgaste	Corrosión	Difícil manejo de la máquina	3	4	4	48	Sacar el óxido con ayuda de un cepillo de metal.
			Agarre defectuoso	Desajuste	Mala manipulación	Difícil colocación en el metal base	5	5	3	75	Revisar y ajustar, si fuese necesario, el tornillo principal.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GTAW				Código: CY-GT-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
7	Cable de retorno	Energizar la pinza de trabajo	Cable pelado	Deterioro	Incorrecta manipulación	Corriente de entrada inadecuada	3	3	4	36	Empalmar cables en mal estado con cinta auto fundente y cinta aislante.
			Terminales recalentados	Deterioro	Cortocircuito	Funcionamiento ineficaz de la pinza de trabajo	3	3	3	27	Revisar la continuidad y voltaje en el cable, cambio de cable de ser necesario.
8	Pedal de control	Controlar la electricidad que va la antorcha, cuando la presión en el pedal es mayor, mayor es la cantidad de corriente.	Pedal no manda energía	Corto	Cables de energía en mal estado, pelados, etc.	No se energiza la antorcha	3	7	4	84	Aplicar cinta aislante y auto fundente en las conexiones peladas.
			Mecanismo del pedal no manda flojo	Ajuste	Mala manipulación por parte del personal	Energía hacia la antorcha ineficaz	2	5	4	40	Reajustar el mecanismo para que permita el paso de energía de una manera correcta.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA GTAW				Código: CY-GT-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
9	Regulador de presión	Regular la presión que viene del cilindro de gas y el paso de gas a la pistola.	Fugas externas e internas	Desgaste	Vida útil crítica del regulador de presión	Gas insuficiente en la pistola para realizar la soldadura	2	4	6	48	Revisar constantemente el regulador, ver si marca bien, caso contrario posible fuga.
			Diafragma en mal estado	Deterioro	Diafragma tapado	Nivel de gas insuficiente para la soldadura	2	5	8	80	Cambiar de regulador de presión de manera urgente.
10	Antorcha	Accesorio que tiene un cable de cuatro metros en cuyo extremo hay un conector que se coloca en el soldador y una tubería para gas que va al regulador de una botella.	Tornillos del difusor desajustados y en mal estado	Desajuste de los tornillos	Mala manipulación, dejar expuesto al momento de guardar el equipo	Mal funcionamiento de la antorcha al momento de realizar la soldadura	4	4	3	48	Reajustar los tornillos del difusor, cambiarlos de manera de inmediata si es necesario.
			Guía defectuosa	Deterioro en la estructura de la guía	Mala manipulación de parte del personal	Alambre consumible en posición inadecuada para realizar la soldadura	4	7	3	84	Centrar a guía para que el alambre salde de una manera uniforme.
Elaborado por: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga				Revisado por: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano				Aprobado por: Ing. Carlos Yugcha			

Fuente: Autor

Tabla 16. Matriz AMFE del equipo de soldadura PAW

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA PAW				Código: CY-PW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
1	Antorcha de plasma	Accesorio que tiene un cable de cuatro metros en cuyo extremo hay un conector que se coloca en el soldador y una tubería para gas que va al regulador de una botella.	Tornillos del difusor desajustados y en mal estado	Desajuste de los tornillos	Mala manipulación, dejar expuesto al momento de guardar el equipo	Mal funcionamiento de la antorcha al momento de realizar la soldadura	4	4	3	48	Reajustar los tornillos del difusor, cambiarlos de manera inmediata si se encuentran con óxido o en mal estado.
			Guía defectuosa	Deterioro en la estructura de la guía	Mala manipulación de parte del personal	Alambre consumible en posición inadecuada para realizar la soldadura	4	7	3	84	Centrar la guía para que el alambre salga de una manera uniforme.
2	Electrodo de tungsteno	Los electrodos de Tungsteno Lantano (Dorado) son electrodos TIG universales que se pueden utilizar en corriente continua y alterna.	Electrodo en mal estado	Desgaste	Punta del electrodo no afilada	Soldadura defectuosa	3	4	4	48	Afilar adecuadamente con el esmeril o moladora.
			Electrodo en mal estado	Deterioro	Suciedad en la parte externa del electrodo	Soldadura con porosidad	3	4	6	72	Limpiar frecuentemente el electrodo.

			MATRIZ AMFE				Edición: 01				
			EQUIPO DE SOLDADURA PAW				Código: CY-PW-01				
			ÁREA DE PRODUCCIÓN				Vigencia: 2022				
N°	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa Raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones
							F	G	D	IPR	
3	Depósito de gas	Medir el flujo del gas, este elemento, incluye el gas a alta presión y un regulador.	Nivel bajo	Posible fuga o fisura en el tanque	Mala manipulación	Soldadura ineficaz	4	3	6	72	Revisar el nivel y registro al momento de usar el equipo, posible evidencia de fallo cambiar de inmediato.
			Fisura	Desgaste	Golpe o abolladura en el manejo del equipo	Fuga de gas	4	4	7	112	Revisar la unidad de suministro de gas, en caso de fisura cambiar de inmediato.
4	Fuente de poder	Energizar el alambre en la pieza que se va a soldar y el tipo de corriente con voltaje constante.	Fusible quemado	Vida útil del fusible	Desgaste	Apagado repentino de la máquina	6	6	3	108	Cambiar inmediatamente el fusible dañado.
			Corto en las salidas de la fuente de poder	Cables de salida pelados	Mala manipulación	Cable de poder sin energía	6	6	3	108	Revisar constantemente los cables de salida de la fuente de poder en caso de estar en mal estado, reponer.
Elaborado por: <i>Catherin Mishel Yugcha Pilamunga</i>				Revisado por: <i>Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano</i>				Aprobado por: <i>Ing. Carlos Yugcha</i>			

Fuente: Autor

3.3. Análisis de criticidad

Como se menciona en el apartado 3.1.11. del presente documento, el análisis de criticidad es una herramienta que permite la organización, planificación, la ejecución y el control del mantenimiento teniendo en cuenta criterios de ponderación como la frecuencia de la falla, la consecuencia, flexibilidad, tiempo operacional, su costo de reparación e impacto en la satisfacción del cliente, en lo ambiental y en la seguridad personal. Estos criterios son valorables de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 17. Puntuación de factores de trabajo para determinación de valores de criticidad de los elementos de máquinas [22].

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

Tabla 18. Análisis de criticidad del equipo de soldadura SMAW

MATRIZ DE CRITICIDAD									
Responsable del proceso: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Máquina: Equipo de soldadura SMAW						
Sistema:			Hardware-Software						
Elaborado por: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Fecha de Elaboración: Mayo, 2022						
Revisado por: Ing. Mg. Christian Castro.			Fecha de revisión: Junio, 2022						
N°	Componente	Consecuencias					FRECUCENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Estructura Principal (Cubiertas trasera, superior y frontal)	10	2	2	8	30	1	30	CRITICO
2	Selector de Rango	6	2	2	2	16	2	32	CRITICO
3	Cable de Alimentación	6	2	1	4	17	1	17	SEMI-CRITICO
4	Interruptor de Encendido	6	1	1	2	9	2	18	SEMI-CRITICO
5	Cable de Trabajo	2	1	2	3	7	3	21	CRITICO
6	Pinza de Trabajo	4	2	1	1	10	1	10	NO CRITICO
7	Cable de Electrodo	2	1	2	2	6	1	6	NO CRITICO
8	Abanico y Motor	4	2	2	8	18	1	18	CRITICO
9	Juego de Carro	2	1	2	2	6	2	12	NO CRITICO
							TOTAL	164	
							MEDIO	18,22	

Fuente: Autor

Tabla 19. Análisis de criticidad del equipo de soldadura GMAW

MATRIZ DE CRITICIDAD									
Responsable del proceso: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Máquina: Equipo de soldadura GMAW						
Sistema:			Hardware-Software						
Elaborado por: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Fecha de Elaboración: Mayo, 2022						
Revisado por: Ing. Mg. Christian Castro.			Fecha de revisión: Junio, 2022						
N°	Componente	Consecuencias					FRECUCENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Manómetro	6	2	2	4	18	2	36	CRITICO
2	Tanque de gas de protección	10	2	2	4	26	2	52	CRITICO
3	Manguera de suministro de gas	6	2	1	2	15	2	30	CRITICO
4	Electrodo	4	1	1	2	7	2	14	SEMI-CRITICO
5	Fuente de poder	4	1	2	4	10	2	20	SEMI-CRITICO
6	Cable del electrodo	2	2	1	2	7	2	14	SEMI-CRITICO
7	Pinza tierra	2	2	1	1	6	2	12	SEMI-CRITICO
8	Cable tierra	2	2	1	1	6	2	12	SEMI-CRITICO
9	Amperímetro	6	2	1	4	17	2	34	SEMI-CRITICO
10	Voltímetro	4	2	1	4	13	2	26	CRITICO
11	Alimentador del alambre consumible	4	2	2	4	14	1	14	SEMI-CRITICO
12	Antorcha	2	2	1	2	7	1	7	NO CRITICO
							TOTAL	271	
							MEDIO	22,58	

Fuente: Autor

Tabla 20. Análisis de criticidad del equipo de soldadura GTAW

MATRIZ DE CRITICIDAD									
Responsable del proceso: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Máquina: Equipo de soldadura GTAW						
Sistema:			Hardware-Software						
Elaborado por: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Fecha de Elaboración: Mayo, 2022						
Revisado por: Ing. Mg. Christian Castro.			Fecha de revisión: Junio, 2022						
N°	Componente	Consecuencias					FRECUCENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Manguera de gas	4	1	1	2	7	2	14	SEMI-CRITICO
2	Flujómetro	6	2	1	2	15	2	30	CRITICO
3	Cilindro de gas	6	2	2	4	18	2	36	CRITICO
4	Amperímetro	4	2	1	2	11	2	22	SEMI-CRITICO
5	Voltímetro	4	2	1	2	11	2	22	SEMI-CRITICO
6	Pinza de tierra	2	2	1	2	7	2	14	SEMI-CRITICO
7	Cable de retorno	4	2	1	2	11	2	22	SEMI-CRITICO
8	Pedal de control	4	2	1	2	11	2	22	SEMI-CRITICO
9	Regulador de presión	4	2	1	4	13	2	26	CRITICO
10	Antorcha	2	2	1	2	7	1	7	NO CRITICO
								TOTAL	215
								MEDIO	21,50

Fuente: Autor

Tabla 21. Análisis de criticidad del equipo de soldadura PAW

MATRIZ DE CRITICIDAD									
Responsable del proceso: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Máquina: Equipo de soldadura PAW						
Sistema:			Hardware-Software						
Elaborado por: Catherin Mishel Yugcha Pilamunga			Fecha de Elaboración: Mayo, 2022						
Revisado por: Ing. Mg. Christian Castro.			Fecha de revisión: Junio, 2022						
N°	Componente	Consecuencias					FRECUENCIA	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
		Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	TOTAL CONSECUENCIA			
1	Antorcha de plasma	4	2	1	2	11	1	11	SEMI-CRITICO
2	Electrodo de tungsteno	6	2	2	2	16	2	32	CRITICO
3	Depósito de gas	6	2	2	4	18	2	36	CRITICO
4	Fuente de poder	10	2	2	2	24	1	24	SEMI-CRITICO
5	Voltímetro	4	2	1	2	11	2	22	SEMI-CRITICO
							TOTAL	125	
							MEDIO	25,00	

Fuente: Autor

- **Criterios empleados para el análisis de criticidad**

Para determinar el nivel de criticidad de cada componente se considera el valor de la media calculada de criticidad en cada una de las soldadoras (tablas de la 18 a la 21), determinado este valor se puede argumentar lo dispuesto en las siguientes tablas, para identificar los tres tipos de jerarquización en base a la criticidad.

Tabla 22. Nivel de criticidad del equipo de soldadura SMAW (v =valores)

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
$(v > 18,22)$	CRITICO
$(18,22 < v < 9,11)$	SEMI-CRITICO
$(v < 9,11)$	NO CRITICO

Fuente: Autor

Tabla 23. Nivel de criticidad del equipo de soldadura GMAW (v =valores)

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
$(v > 22,58)$	CRITICO
$(22,58 < v < 11,29)$	SEMI-CRITICO
$(v < 11,29)$	NO CRITICO

Fuente: Autor

Tabla 24. Nivel de criticidad del equipo de soldadura GTAW (v =valores)

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
$(v > 21,50)$	CRITICO
$(21,50 < v < 10,75)$	SEMI-CRITICO
$(v < 10,75)$	NO CRITICO

Fuente: Autor

Tabla 25. Nivel de criticidad del equipo de soldadura PAW (v =valores)

INTERVALO	JERARQUIZACIÓN
$(v > 25,80)$	CRITICO
$(25,80 < v < 12,90)$	SEMI-CRITICO
$(v < 12,90)$	NO CRITICO

Fuente: Autor

- **Matriz de frecuencia por consecuencia de falla**

Como se mencionó en capítulos anteriores, el cálculo de la criticidad es el producto de la frecuencia de falla por la consecuencia, en las siguientes tablas se reflejan las matrices de frecuencia vs consecuencia, las cuales ayudan a determinar el valor y jerarquización de criticidad en cada caso para los cuatro tipos de soldadoras, se consideró para cada caso el valor mayor de consecuencia calculado y el valor máximo de frecuencia en referente a la tabla 17.

Tabla 26. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura SMAW)

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
CONSECUENCIA																

Fuente: Autor

Tabla 27. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura GMAW)

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
CONSECUENCIA														

Fuente: Autor

Tabla 28. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura GTAW)

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
		2	4	6	8	10	12	14	16	18
CONSECUENCIA										

Fuente: Autor

Tabla 29. Matriz frecuencia vs consecuencia (equipo de soldadura PAW)

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	CONSECUENCIA												

Fuente: Autor

3.4. Fiabilidad e in fiabilidad de los equipos de soldadura

Considerando un modelo ideal donde la tasa de fallos se considera constante.


Índice de fiabilidad

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

Índice de in fiabilidad

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

Tabla 30. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura SMAW

					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
INGENIERÍA MECÁNICA					
FIABILIDAD E INFIABILIDAD DEL EQUIPO DE SOLDADURA SMAW					
MES	TO (h)	MTBF (h)	Constante λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
OCTUBRE 2021	10	22,85	0,0438	64,56%	35,44%
	29,65		0,0438	27,32%	72,68%
	28,9		0,0438	28,23%	71,77%
NOVIEMBRE 2021	54,6	45,62	0,0219	30,21%	69,79%
	53,9		0,0219	30,68%	69,32%
	28,35		0,0219	53,71%	46,29%
DICIEMBRE 2021	54,65	45,65	0,0219	30,21%	69,79%
	28,9		0,0219	53,10%	46,90%
	53,4		0,0219	31,04%	68,96%

ENERO 2022	24,75	35,68	0,0280	49,98%	50,02%
	28,9		0,0280	44,49%	55,51%
	53,4		0,0280	22,39%	77,61%
FEBRERO 2022	53,9	38,73	0,0258	24,87%	75,13%
	28,9		0,0258	47,42%	52,58%
	33,4		0,0258	42,22%	57,78%
MARZO 2022	49,75	44,77	0,0223	32,91%	67,09%
	29,7		0,0223	51,51%	48,49%
	54,85		0,0223	29,37%	70,63%
ABRIL 2022	28,9	45,85	0,0218	53,24%	46,76%
	53,9		0,0218	30,86%	69,14%
	54,75		0,0218	30,30%	69,70%
MAYO 2022	53,3	45,20	0,0221	30,75%	69,25%
	28,9		0,0221	52,76%	47,24%
	53,4		0,0221	30,68%	69,32%
JUNIO 2022	29,75	38,08	0,0263	45,79%	54,21%
	54,75		0,0263	23,75%	76,25%
	29,75		0,0263	45,79%	54,21%

Fuente: Autor

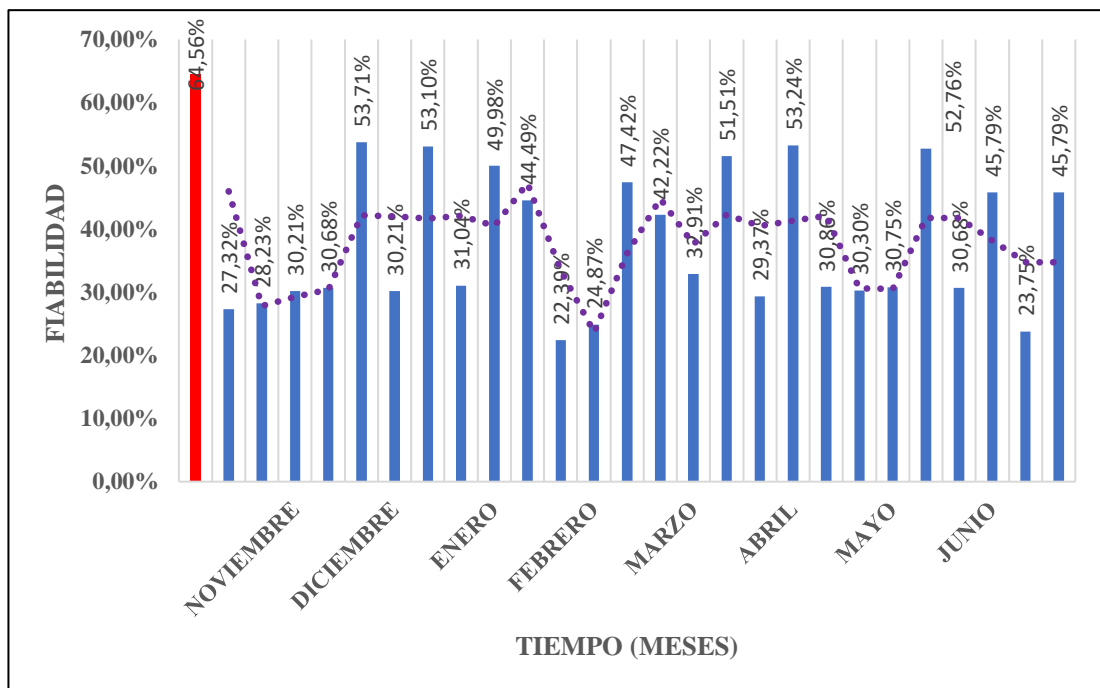


Figura 27. Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura SMAW

Fuente: Autor

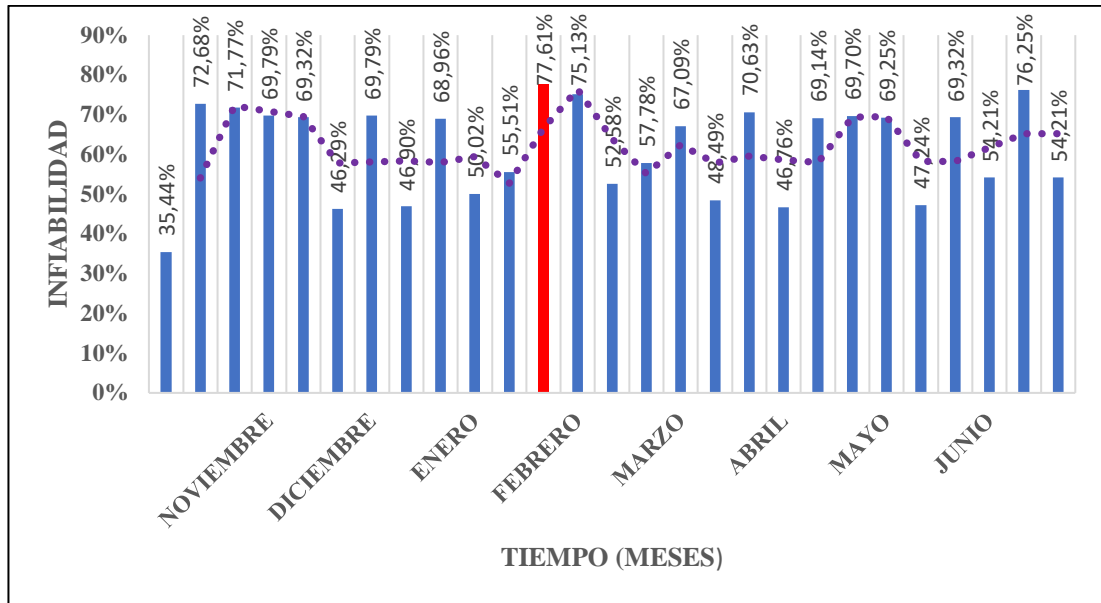



Figura 28. Resumen mensual de la infiabilidad del equipo de soldadura SMAW

Fuente: Autor

En las figuras 27 y 28 se expresa que los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad se muestran para el mes de Octubre 2021 y Enero 2022 con 64,56% y 77,61% respectivamente. Permittiéndonos establecer cuáles son los meses en lo que se debe realizar las acciones correctivas más acertadas para evitar interrupciones en la realización de actividades diarias de la empresa.

Tabla 31. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura GMAW

					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
INGENIERÍA MECÁNICA					
FIABILIDAD E INFIABILIDAD DEL EQUIPO DE SOLDADURA GMAW					
MES	TO (h)	MTBF (h)	Constante λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
OCTUBRE 2021	15	24,55	0,0407	54,28%	45,72%
	29,8		0,0407	29,71%	70,29%
	28,85		0,0407	30,88%	69,12%
NOVIEMBRE 2021	79,82	45,66	0,0219	17,41%	82,59%
	28,2		0,0219	53,92%	46,08%
	28,95		0,0219	53,04%	46,96%
DICIEMBRE 2021	54,8	37,95	0,0264	23,60%	76,40%
	29,4		0,0264	46,08%	53,92%
	29,65		0,0264	45,78%	54,22%
ENERO 2022	49,45	44,13	0,0227	32,61%	67,39%
	54,45		0,0227	29,12%	70,88%
	28,5		0,0227	52,43%	47,57%
FEBRERO 2022	28,6	37,27	0,0268	46,42%	53,58%
	54,3		0,0268	23,29%	76,71%
	28,9		0,0268	46,05%	53,95%
MARZO 2022	34,45	46,22	0,0216	47,45%	52,55%
	49,4		0,0216	34,34%	65,66%
	54,8		0,0216	30,55%	69,45%
ABRIL 2022	28,7	51,77	0,0193	57,44%	42,56%
	53,3		0,0193	35,71%	64,29%
	73,3		0,0193	24,27%	75,73%
MAYO 2022	33,85	43,62	0,0229	46,02%	53,98%
	48,9		0,0229	32,59%	67,41%
	48,1		0,0229	33,19%	66,81%
JUNIO 2022	39,4	36,60	0,0273	34,08%	65,92%
	22,7		0,0273	53,78%	46,22%
	47,7		0,0273	27,16%	72,84%

Fuente: Autor

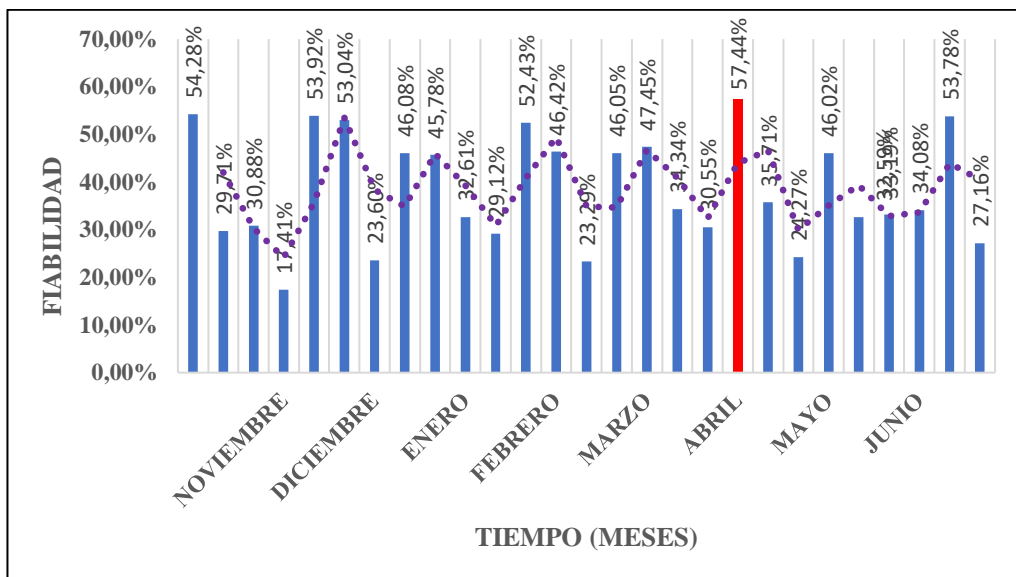


Figura 29. Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura GMAW

Fuente: Autor

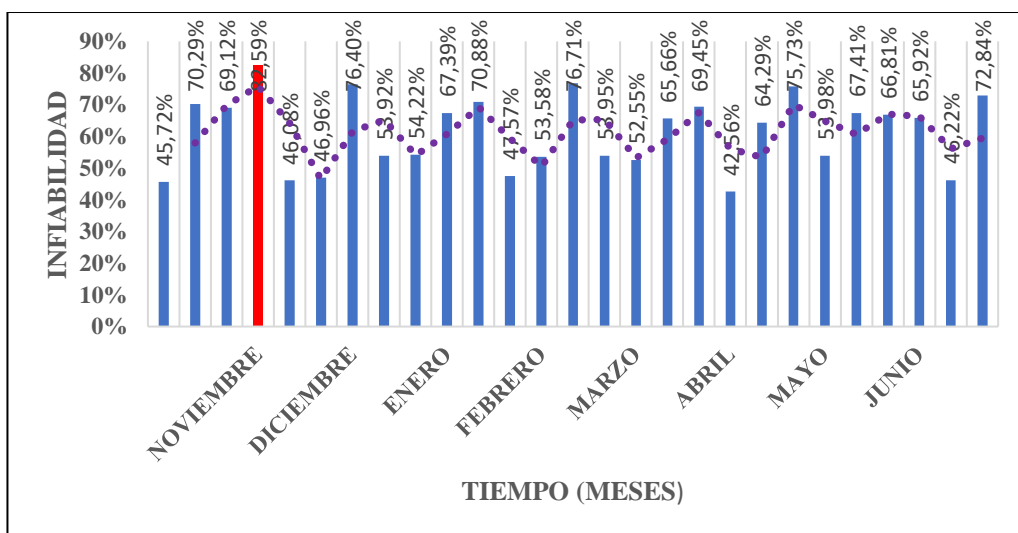



Figura 30. Resumen mensual de la infiabilidad del equipo de soldadura GMAW

Fuente: Autor

En las figuras 29 y 30 se expresa los puntos de inflexión para fiabilidad e infiabilidad. El mes más fiable para el mantenimiento es en abril 2022 con 57,44% mientras que el mes menos adecuado para el mantenimiento fue noviembre 2021 con 82,59%. Este análisis nos permite establecer cuáles son los meses en lo que se debe realizar las acciones correctivas más acertadas para evitar interrupciones en la realización de actividades diarias de la empresa del equipo de soldadura GMAW.

Tabla 32. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura GTAW

					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
INGENIERÍA MECÁNICA					
FIABILIDAD E INFIABILIDAD DEL EQUIPO DE SOLDADURA GTAW					
MES	TO (h)	MTBF (h)	Constante λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
OCTUBRE 2021	20	34,87	0,0287	56,35%	43,65%
	29,8		0,0287	42,54%	57,46%
	54,8		0,0287	20,77%	79,23%
NOVIEMBRE 2021	78,85	45,70	0,0219	17,81%	82,19%
	29,7		0,0219	52,21%	47,79%
	28,55		0,0219	53,54%	46,46%
DICIEMBRE 2021	54,4	46,20	0,0216	30,81%	69,19%
	54,8		0,0216	30,54%	69,46%
	29,4		0,0216	52,92%	47,08%
ENERO 2022	24,65	27,82	0,0359	41,22%	58,78%
	29,35		0,0359	34,81%	65,19%
	29,45		0,0359	34,69%	65,31%
FEBRERO 2022	78,4	45,45	0,0220	17,82%	82,18%
	28,6		0,0220	53,30%	46,70%
	29,35		0,0220	52,43%	47,57%
MARZO 2022	38,85	40,87	0,0245	38,65%	61,35%
	54,35		0,0245	26,45%	73,55%
	29,4		0,0245	48,70%	51,30%
ABRIL 2022	49,8	38,93	0,0257	27,83%	72,17%
	38,7		0,0257	37,01%	62,99%
	28,3		0,0257	48,34%	51,66%
MAYO 2022	43,7	42,05	0,0238	35,37%	64,63%
	28,55		0,0238	50,71%	49,29%
	53,9		0,0238	27,75%	72,25%
JUNIO 2022	43,1	33,40	0,0299	27,52%	72,48%
	29,4		0,0299	41,47%	58,53%
	27,7		0,0299	43,63%	56,37%

Fuente: Autor

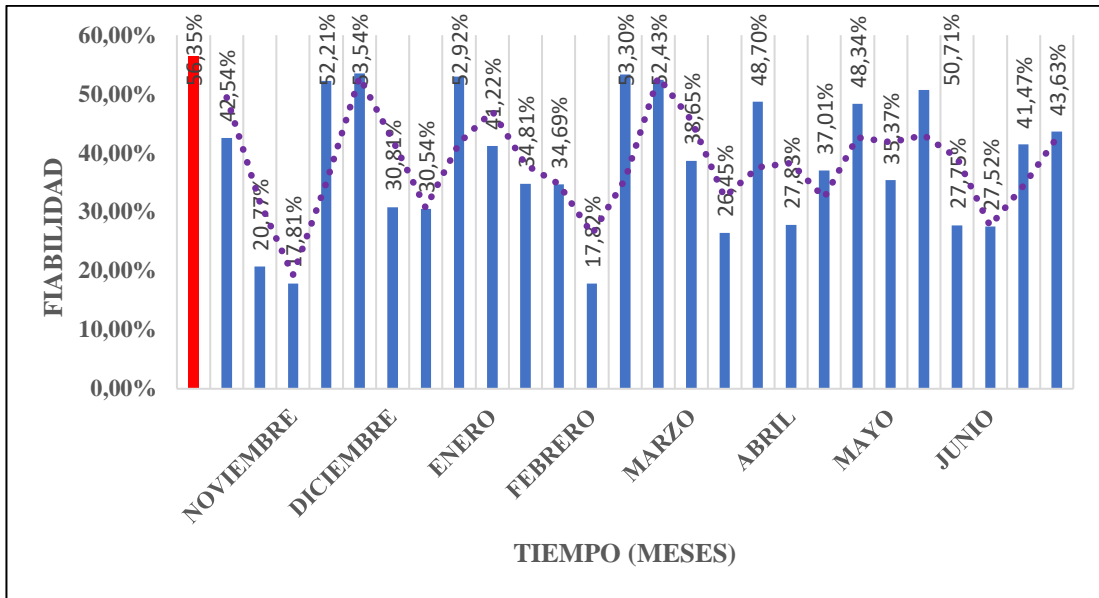


Figura 31. Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura GTAW

Fuente: Autor

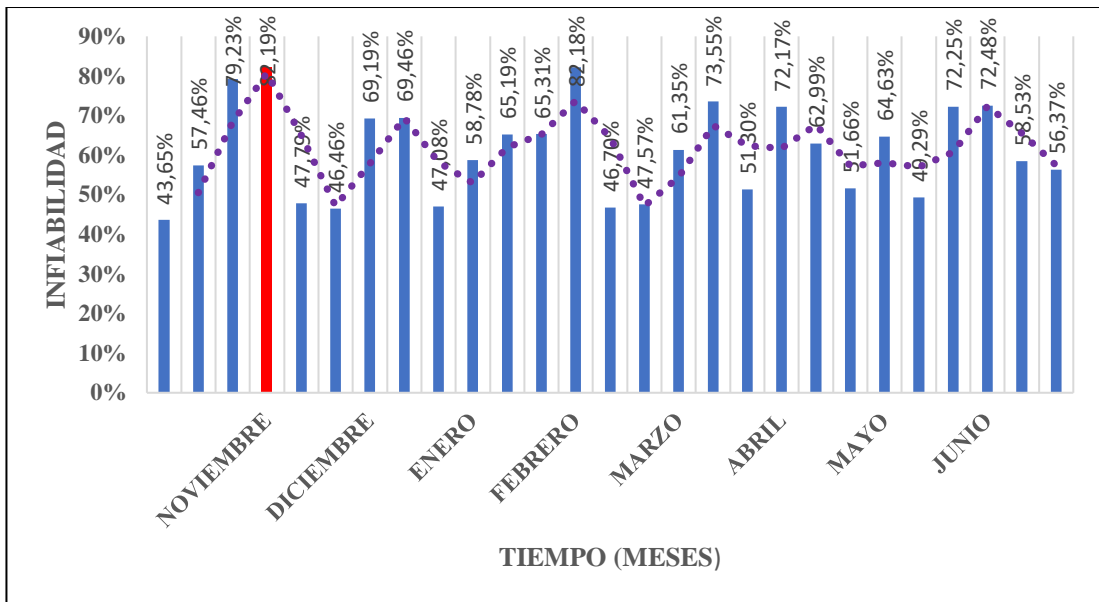



Figura 32. Resumen mensual de la infiabilidad del equipo de soldadura GTAW

Fuente: Autor

En las figuras 31 y 32 se expresa que los puntos de inflexión para fiabilidad e Infiabilidad se muestran para el mes de octubre y noviembre 2021 con 56,35% y 82,19% respectivamente. Permittiéndonos establecer cuáles son los meses en lo que se debe realizar las acciones correctivas más acertadas para evitar interrupciones en la realización de actividades diarias de la empresa.

Tabla 33. Fiabilidad e Infiabilidad equipo de soldadura PAW

					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
INGENIERÍA MECÁNICA					
FIABILIDAD E INFIABILIDAD DEL EQUIPO DE SOLDADURA SMAW					
MES	TO (h)	MTBF (h)	Constante λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
OCTUBRE 2021	20	22,22	0,0450	40,65%	59,35%
	23,8		0,0450	34,26%	65,74%
	22,85		0,0450	35,75%	64,25%
NOVIEMBRE 2021	51,82	36,36	0,0275	24,04%	75,96%
	30,9		0,0275	42,75%	57,25%
	26,35		0,0275	48,44%	51,56%
DICIEMBRE 2021	43,65	31,27	0,0320	24,76%	75,24%
	22,4		0,0320	48,85%	51,15%
	27,75		0,0320	41,17%	58,83%
ENERO 2022	38,9	34,73	0,0288	32,63%	67,37%
	22,4		0,0288	52,47%	47,53%
	42,9		0,0288	29,08%	70,92%
FEBRERO 2022	42,9	31,02	0,0322	25,08%	74,92%
	22,4		0,0322	48,57%	51,43%
	27,75		0,0322	40,87%	59,13%
MARZO 2022	19,7	32,82	0,0305	54,86%	45,14%
	43,85		0,0305	26,28%	73,72%
	34,9		0,0305	34,53%	65,47%
ABRIL 2022	30,75	32,63	0,0306	38,97%	61,03%
	31,75		0,0306	37,80%	62,20%
	35,4		0,0306	33,80%	66,20%
MAYO 2022	18,3	30,53	0,0328	54,92%	45,08%
	22,9		0,0328	47,24%	52,76%
	50,4		0,0328	19,19%	80,81%
JUNIO 2022	31,75	26,10	0,0383	29,63%	70,37%
	22,8		0,0383	41,75%	58,25%
	23,75		0,0383	40,25%	59,75%

Fuente: Autor

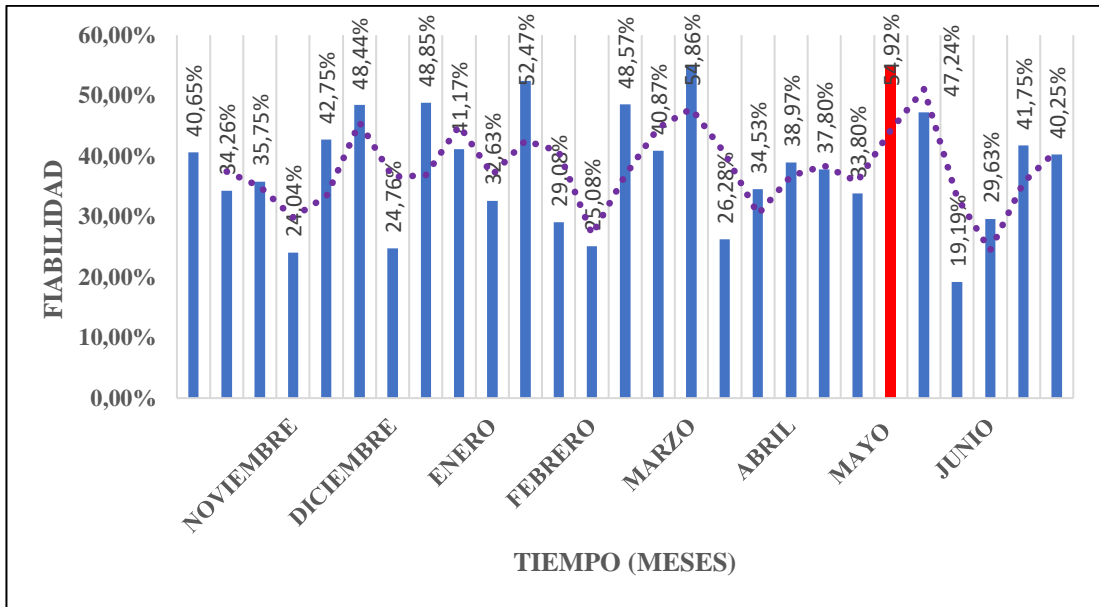


Figura 33. Resumen mensual de la fiabilidad del equipo de soldadura PAW

Fuente: Autor

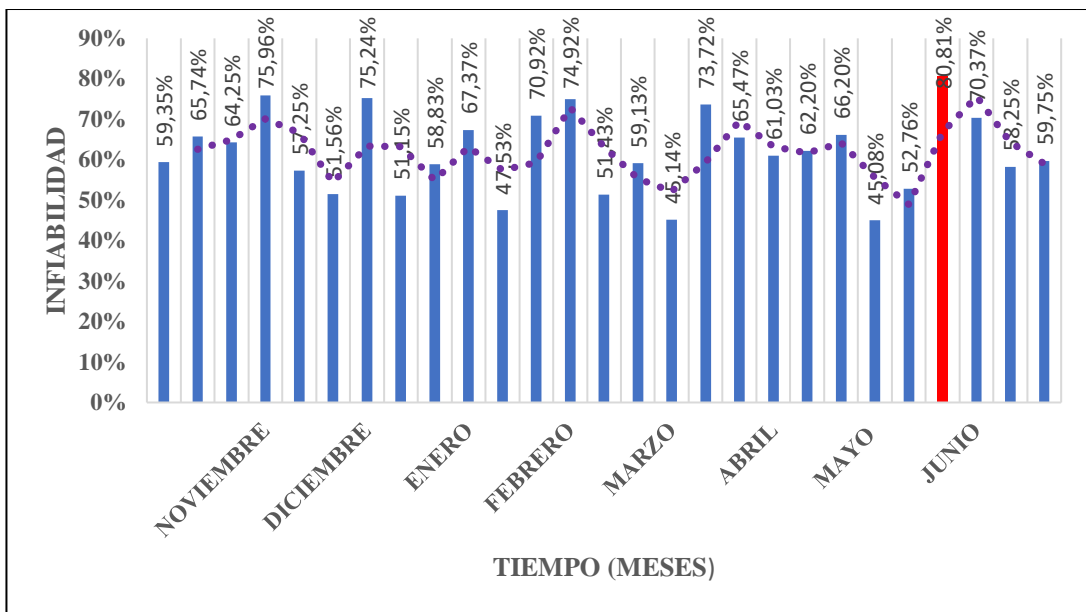


Figura 34. Resumen mensual de la infiabilidad del equipo de soldadura PAW

Fuente: Autor








En las figuras 33 y 34 se expresa que los puntos de inflexión para fiabilidad e Infiabilidad se muestran para el mes de mayo con 54,92% y 80,81% respectivamente. Permitiéndonos establecer cuáles son los meses en lo que se debe realizar las acciones correctivas más acertadas para evitar interrupciones en la realización de actividades diarias de la empresa, dicho mes es mayo 2022.

3.5. Gamas de mantenimiento

Debido a que las soldadoras cuentan en su mayoría con componentes similares se consideró realizar una gama de mantenimiento total, con la finalidad de optimizar tiempo y recursos para que los operadores tengan que realizar el mantenimiento preventivo. Estas actividades están pensadas para que se las pueda realizar de una manera ordenada y detallada y que no afecten a la producción de la empresa.

La bitácora de mantenimiento tiene su vigencia de enero 2022 a diciembre del 2022, haciendo énfasis en 4 actividades diarias que sirven para tener un control en cuanto al funcionamiento, deterioro y vida útil de la máquina. En la tabla 34 se puede apreciar la gama de colores para la identificación de la frecuencia con las que se deben realizar las actividades presentes en la bitácora, en las posteriores tablas se encontraran estas para un año de mantenimiento.

Tabla 34. Código de colores para la identificación de la frecuencia de la actividad

Código de colores	
DIARIO	
SEMANAL	
QUINCENAL	
MENSUAL	
TRIMESTRAL	
SEMESTRAL	
ANUAL	

Fuente: Autor


La identificación de todas y cada una de las gamas de mantenimiento preventivo están dispuestas por la tabla 35 en donde se recalcan las especificaciones de los equipos de soldadura de la empresa. A partir de la tabla 36 se evidencian finalmente todas las gamas de mantenimiento de las soldadoras pensadas para un año de trabajo.

Tabla 35. Membrete de la gama de mantenimiento general

					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
INGENIERÍA MECÁNICA					
MEMBRETE GAMA DE MANTENIMIENTO PARA LAS SUELDAS					
Nombre	Código	Marca	N° de serie	Modelo	Año de Fabricación
Suelda SMAW	CY-SW-01	LINCOLN	15082012971	Ac225	2006
Suelda GMAW	CY-GW-01	BP ECUADOR	2018011008	MIG-270	2005
Suelda GTAW	CY-TW-01	BP ECUADOR	60974-1	TIG-200SII	2005
Suelda PAW	CY-PW-01	BP ECUADOR	609T1-1	WT-60	2005


Fuente: Autor

Tabla 36. Gama de mantenimiento SMAW

	GAMA DE MANTENIMIENTO																Edición: 01				Realizado por: Catherin Yugcha																											
	EQUIPO DE SOLDADURA SMAW																Código: CY-GM-SOL				Revisado por: Ing. Christian Castro																											
	ÁREA DE PRODUCCIÓN																Vigencia: 2022				Aprobado por: Ing. Carlos Yugcha																											
Actividades	Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
	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
Revisión de la estructura principal de la soldadora.	Yellow																																															
Revisión del control de encendido.	Red																																															
Limpieza general en la parte externa de la soldadora, ya sea presencia de polvo, humedad, corrosión etc.	Red																																															
Inspección visual del estado de los cables.	Red																																															
Medición de corriente en los cables.	Light Orange																																															
Limpieza del interior de las cubiertas.	Green																																															
Revisión y ajuste de las manijas reguladora de amperaje.	Green																																															
Control de la condición de funcionamiento del porta electrodo.	Light Orange																																															
Control de la condición de funcionamiento de la pinza tierra.	Light Orange																																															
Control de ajuste de los pernos.	Blue																																															
Limpieza y revisión del estado de la estructura transportadora de la suelda.	Green																																															
Cambio de llantas de la estructura transportadora de la suelda.	Purple																																															
Verificación del correcto funcionamiento del motor del ventilador de la Soldadora SMAW.	Dark Blue																																															
Cubrir la placa de datos de la soldadora para evitar oxidación.	Purple																																															


Fuente: Autor

Tabla 37. Gama de mantenimiento GMAW

	GAMA DE MANTENIMIENTO																Edición: 01				Realizado por: Catherin Yugcha																											
	EQUIPO DE SOLDADURA GMAW																Código: CY-GM-SOL				Revisado por: Ing. Christian Castro																											
	ÁREA DE PRODUCCIÓN																Vigencia: 2022				Aprobado por: Ing. Carlos Yugcha																											
Actividades	Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
	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
Revisión de la estructura principal de la soldadora	Yellow																																															
Limpieza general en la parte externa de la soldadora	Red																																															
Revisión general del estado de los cables	Red																																															
Revisión y ajuste de las manijas de los potenciómetros de voltaje, amperaje y flujo de gas	Green																																															
Ajuste y calibración de los rodillos de araste de alambre electrodo	Blue																																															
Cambio de rollo de alambre electrodo	Blue																																															
Control y solución a las fugas de gas en las mangueras de la soldadora	Dark Blue																																															
Control y solución a las fugas de gas en el tanque de suministro de la soldadora	Dark Blue																																															
Revisión general del funcionamiento y limpieza del difusor de la suelda	Blue																																															
Control de la condición de funcionamiento de las pinzas tierra, porta electrodo y antorchas de las soldadoras	Orange																																															
Revisión paulatina de la temperatura de la fuente de poder	Green																																															
Revisión de la sujeción del tanque de gas a la suelda	Blue																																															
Revisión y cambio de llantas de la estructura transportadora de la suelda.	Purple																																															
Cubrir la placa de datos de la soldadora para evitar oxidación	Purple																																															


Fuente: Autor

Tabla 38. Gama de mantenimiento GTAW

	GAMA DE MANTENIMIENTO																Edición: 01				Realizado por: Catherin Yugcha																											
	EQUIPO DE SOLDADURA GTAW																Código: CY-GM-SOL				Revisado por: Ing. Christian Castro																											
	ÁREA DE PRODUCCIÓN																Vigencia: 2022				Aprobado por: Ing. Carlos Yugcha																											
Actividades	Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
	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
Limpieza general en la parte externa de la soldadora, ya sea presencia de polvo, humedad, corrosión etc.	[Red]																																															
Revisión del control de encendido	[Yellow]																																															
Revisión general e inspección visual del estado de los cables de la soldadora	[Light Orange]																																															
Control del voltaje, amperaje y flujo de gas	[Green]																																															
Control de la condición de funcionamiento de la pinza tierra	[Light Orange]																																															
Control y solución a las fugas de gas en las mangueras de la soldadora	[Dark Blue]																																															
Control y solución a las fugas de gas en el tanque de suministro de la soldadora	[Dark Blue]																																															
Limpieza del mecanismo de pedal de la soldadora	[Blue]																																															
Cambio del pedal en el proceso de soldadura GTAW	[Purple]																																															
Afilado del electrodo de tungsteno	[Yellow]																																															
Cambio del electrodo de tungsteno en la antorcha de la suelda	[Green]																																															
Cambio de diafragma en el regulador de presión de la suelda	[Dark Blue]																																															
Revisión general del funcionamiento y limpieza del difusor de la suelda	[Blue]																																															
Limpieza y revisión del estado de la estructura transportadora de la suelda	[Green]																																															
Encubrimiento de la placa de datos de la soldadora para evitar oxidación	[Purple]																																															

Fuente: Autor

Tabla 39. Gama de mantenimiento PAW

	GAMA DE MANTENIMIENTO																Edición: 01				Realizado por: Catherin Yugcha																											
	EQUIPO DE SOLDADURA PAW																Código: CY-GM-SOL				Revisado por: Ing. Christian Castro																											
	ÁREA DE PRODUCCIÓN																Vigencia: 2022				Aprobado por: Ing. Carlos Yugcha																											
Actividades	Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
	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
Limpieza general en la parte externa de la soldadora, ya sea presencia de polvo, humedad, corrosión etc.	[Red]																																															
Revisión general e inspección visual del estado de los cables de la soldadora.	[Light Orange]																																															
Revisión y ajuste de las manijas de los potenciómetros de voltaje, amperaje y flujo de gas.	[Green]																																															
Control de la condición de funcionamiento de la pinza tierra.	[Light Orange]																																															
Limpieza de la boquilla de gas.	[Green]																																															
Afilado del electrodo de tungsteno.	[Yellow]																																															
Cambio del electrodo de tungsteno en la antorcha de la suelda.	[Green]																																															
Inspección y limpieza del cable de la antorcha.	[Blue]																																															
Cambio de diafragma en el regulador de presión de la suelda.	[Dark Blue]																																															
Revisión general del funcionamiento y limpieza del difusor de la suelda.	[Dark Blue]																																															
Limpieza de la placa de datos de todas la soldadora.	[Purple]																																															

Fuente: Autor

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En la empresa Carrocerías YUAYSA los equipos de soldadura son los primordiales para llevar la producción de buena manera es por ello que es fundamental asegurar su correcto funcionamiento; con el presente trabajo se consigue tener mejores prácticas de mantenimiento preventivo para los equipos de soldadura de los procesos SMAW, GMAW, GTAW Y PAW, el cual inicia con la descripción del funcionamiento de cada componente de las máquinas para establecer las actividades y frecuencias de mantenimiento que se debe realizar en cada uno de los equipos de soldadura.
- De acuerdo al análisis estadístico que se realizó en los equipos de soldadura para determinar la confiabilidad que tienen los mismos y se observa que tienen una disponibilidad mayor al 90%, lo que quiere decir que están dispuestas a uso para el trabajo que se le necesite sin inconveniente alguno. El equipo de soldadura SMAW tiene una disponibilidad promedio del 97.9%, por otro lado el equipo de soldadura GMAW cuenta con disponibilidad del 98,2%, mientras que la soldadora GTAW una disponibilidad del 98% y finalmente el equipo de soldadura PAW una disponibilidad del 97,5%.
- Al realizar el análisis detallado de los componentes principales que caracterizan cada equipo de soldadura, se ejecutó el análisis cuantitativo y cualitativo para evaluar los fallos y posibles defectos utilizando la norma NTP 679. Para realizar este diagnóstico se separó los equipos en los diferentes procesos de soldadura y los componentes más susceptibles a producir falla en el equipo de soldadura SMAW son el interruptor de encendido con NPR=114, el abanico con NPR=114 y el motor con NPR=118. En el equipo de soldadura GMAW los componentes más propensos son el tanque de gas de protección con NPR=112, manguera de suministro de gas con NPR=105, fuente de poner con NPR=108 y el alimentador del alambre consumible con NPR=112. Mientras que para el equipo de soldadura GTAW se tiene la manguera de gas con NPR=112 y el cilindro de gas con NPR=112. Finalmente, en el equipo de

soldadura PAW se tiene el depósito de gas con NPR=112 y la fuente de poder con NPR=108.

- El análisis de criticidad se realiza para los componentes principales que se caracterizan en cada equipo de soldadura, para el parámetro de evaluación de consecuencias provocadas por la ocurrencia de falla da como resultado en el equipo de soldadura SMAW de un total de 9 componentes; 4 tienen un nivel crítico, 2 un nivel semi-crítico y 3 nivel no crítico. Por otro lado en el equipo de soldadura GMAW con un total de 12 componentes; 4 cuentan con nivel crítico, 7 nivel semi-crítico y 1 componente no crítico. En cambio para el equipo de soldadura GTAW de un total de 10 componentes; 3 tienen un nivel crítico, 6 nivel semi-crítico y 1 componente no crítico. Mientras que para el equipo de soldadura PAW con un total de 5 componentes; 2 tienen un nivel crítico y 3 con nivel semi-crítico.
- Las gamas de mantenimiento se elaboraron acorde a los requerimientos y lineamientos de la empresa Carrocerías YUAYSA, de tal modo que las tareas se puedan ejecutar a cabalidad en el tiempo apropiado, con el personal adecuado y rigiéndose a las instrucciones de seguridad, y se propone que se realiza una gama por cada equipo de soldadura, en donde se definen las actividades a realizar en los equipos de soldadura de manera diaria, semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral y anual en esta última frecuencia se resalta que las actividades de mantenimiento anual de todas las máquinas se realizará en el mes de Diciembre.

RECOMENDACIONES

- Al desarrollar el plan de mantenimiento preventivo es importante buscar información de las maquinas o equipos en su estado actual, con la finalidad de ver las necesidades básicas y posterior comparar con los beneficios que se ha otorgado después de implementar el plan de mantenimiento viendo si se obtiene resultados satisfactorios.
- Cumplir a cabalidad los planes de mantenimiento ayuda a prolongar la vida útil de los equipos garantizando así los buenos procesos en la empresa. Registrar todos los fallos y mantenimientos preventivos que se realicen a las maquinas ayuda a verificar los indicadores y optimizar los planes de mantenimiento en los equipos industriales, dando así soluciones rápidas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. L. Marcillo Díaz , « Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) mediante software para los equipos de la línea de producción de láminas impermeabilizantes con armadura de la empresa IMPTEK en la planta El Inga,» Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí. Ecuador , 2016. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12055>.
- [2] J. G. Tirado Guamán , «Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de la carrocería de los autobuses interprovinciales basado en el sistema de mantenimiento productivo total para la empresa carrocerías Pérez,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador , 2017. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26544>.
- [3] L. A. Rueda Barahona , « Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los contenedores y cajas compactadoras de residuos sólidos de la EPM GIDSA de la ciudad de Ambato,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador , 2020. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31622>.
- [4] A. L. Proaño Villacrés , « Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el molino Santa Rosa de la empresa Industrias Catedral S.A.,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador , 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32148>.
- [5] N. E. Albán Salazar, «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad,» Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Perú , 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12423/798>.
- [6] M. d. C. Galarreta Cabanillas , «Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa Procode S. A. C. para la reducción de

- pérdidas económicas,» Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Perú, 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2624>.
- [7] A. M. Amaguaña Moreta , « 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,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador , 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32581>.
- [8] M. Ortega y E. Verona , «Implementación de indicadores de mantenimiento en el taller Industrial Adife LTDA,» Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Bolívar, Ecuador , 2014. Disponible en <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0026254.pdf>.
- [9] L. Salazar Saldaña , «Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.,» Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Chimbote. Perú , 2019. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31580>.
- [10] C. L. Morales Criollo, «Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Imprenta “Morales” de la ciudad de Ambato,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador , 2019. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29867>.
- [11] V. L. G. A. y. V. M. D. d. L. S. J. Á. Medrano Márquez, Mantenimiento. Técnicas y aplicaciones industriales, México: Patria, S.A. , 2017.
- [12] C. Rodriguez, «Diseño de un plan de mantenimiento correctivo a la empresa de servicios, Coomeva,» Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, UNAD, Cali, Colombia, 2018.
- [13] S. Á. Belda, «Aplicación de tecnologías para la optimización de tareas de la maquinaria Tuomas de la Industria 4.0,» Tesis de grado, ETSINF, 2020.

- [14] E. Rodríguez, S. Vásquez y V. Wilfredo, «Plan de gestión de mantenimiento preventivo para la em presa Ingesa - Cajamarca,» Tesis de grado, Fac. de Ing., Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú, 2018.
- [15] F. I. Freire Pérez, «Desarrollo de un plan de Mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de Weibull para las Inyectoras Horizontales de Polímeros en la Empresa Ingeniería Diseño de Suelas,» Tesis de grado, Fac. de Ing. Civil y Méc, UTA., 2019.
- [16] E. García , O. Cuellar, F. Sevilla, L. Comas y Y. Sariago, «Evaluación de los riesgos y la criticidad de los fallos en la tecnología del yogur de soya,» *Ciencia y Tbcnología de Alimentos*, vol. 25, nº 1, pp. 62-70, 2015.
- [17] J. Puente, R. Pino, P. Priore y D. De la fuente, «Sistema de Decisión Borroso para la aplicación del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE),» *E.T.S. Ingenieros Industriales de Gijón*, vol. 1, nº 1, pp. 1-8, 2016.
- [18] M. Arenas, G. Ferre y F. Álvares, «Estrategias para aumentar la seguridad del paciente en hemodiálisis: Aplicación del sistema de análisis modal de fallos y efectos (sistema AMFE),» *Revista de la Sociedad Española de Nefrología*, vol. 37, nº 6, pp. 609-6015, 2017.
- [19] J. Izaguirre y M. Párraga, «Aplicación de las metodologías 8D y AMFE para reducir fallos en una fábrica de refrigeradoras,» *Revista Industrial Data*, vol. 20, nº 2, pp. 61-70, 2017.
- [20] C. Montilla, *Fundamento de Mantenimiento Industrial*, Pereira: Publiprint, 2016.
- [21] U. N. Española, «Mantenimiento. Terminología del mantenimiento, Ecuador Documents,» 2018.
- [22] M. Bestratén, R. M. Orriols y C. Mata, «NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos,» AMFE. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. MTASE.

- [23] Y. Alfonso, A. García, A. Días, A. Rodríguez, M. Hourné y G. Cedrón, «Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos,» *Revista de Ingeniería Energética*, vol. 38, nº 3, pp. 224-230 , 2017.
- [24] A. Daquinta, C. Perez, J. Águila, R. Pérez y E. García, «Metodología de Análisis de criticidad integral de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH,» *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 8, nº 2, pp. 55-61, 2018.
- [25] M. Flores, D. Medina, D. Vargas y B. Remache, «Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo,» *Ciencia América*, vol. 9, nº 4, pp. 4-9, 2020.
- [26] J. Medrano, V. Gonzáles y V. Días, *Mantenimiento Técnicas y Aplicaciones*, Veracruz: Estela Delfín Ramírez Supervisión de pre prensa, 2017.
- [27] S. Acevedo, «Diseño del programa de mantenimiento en una empresa de productos carnicos,» Tesis de grado, Fac. de Ing., Medellín, ITM, 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12622/97>.
- [28] R. Jiménez, «El alto coste del mantenimiento low cost en parques eólicos,» *Industria y Ambiente*, pp. 46-48, 2021.
- [29] J. Gonzáles, «Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C.,» Tesis de grado, Fac. de Ing., Univ. Católica Santo Toribio de Mogrovejo Chiclayo, 2016. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/usat/830>.
- [30] 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,» Tesis de grado, Fac. de Ing. Civ. y Mec., Univ. Tec. de Ambato, 2021. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32581>.
- [31] O. Rodríguez , *Metalurgia de la soldadura*, La Habana: Editorial Universitaria, 2013.

- [32] C. Flores, «SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO SMAW,» *Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar*, vol. I, n° 8, pp. 1-12, 2018.
- [33] B. Lema, «Análisis de la soldadura SMAW y sus aplicaciones,» *CITED*, vol. II, n° 2, pp. 1-14, 2020.
- [34] Y. García, «Diseño y calificación de un procedimiento de soldadura para el proceso SMAW de acuerdo al código ASME SECCION IX en la empresa Estaco S.A.,» Tesis de grado, Fac. de Ing., Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Antioquia, Colombia, 2015. Disponible en: <http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/handle/pascualbravo/96>.
- [35] C. Llano, Soldadura G.M.A.W - MIG/MAG, Accelerating the world's research, 2018.
- [36] A. Rincon, «Diseño de un procedimiento de soldadura mediante el proceso gmaw utilizado un brazo robótico,» Tesis de grado, Fac. de Ing., Universidad Libre, Bogotá, Colombia, 2012. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/9799>.
- [37] R. Rowe y L. Jeffus, Manual de soldadura GMAW, Paranifo S.A, 2008.
- [38] B. Rubyang, Reducción de porosidad en moldes de acero H13 después de recuperación por soldadura GTAW, Santillo, 2017.
- [39] M. Camus y V. Vergar, «Evolución de la Microestructura para Diferentes Configuraciones de la Corriente Continua Pulsada en el Proceso de Soldadura GTAW Autógeno,» *Soldagem & Inspeção*, vol. XXV, n° 1, pp. 1-12, 2020.
- [40] N. Domínguez, «Soldabilidad de la Fundición Nodular con aporte de varilla de Inconel 625 y procedimiento TIG sometida a distintos tratamientos térmicos,» Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia, 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/126075>.
- [41] M. Gonzáles, G. Trespacios y O. Walteros, «Estudio descriptivo de los diferentes procesos de soldadura utilizados en Colombia y el manejo de sus residuos,» Facultad de estudios en ambientes virtuales de aprendizaje,

Universidad EAN, Bogotá, 2020. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10882/9899>.

- [42] C. Escobar, «Influencia del tipo de gas de protección en la soldadura semiautomática de acero inoxidable para uso en altas temperaturas,» Construcción e Ingeniería de Fabricación, Universidad de Oviedo , 2016.
- [43] O. Consuegra, «Metodología AMFE como herramienta de gerenciamiento de riscoem um hospital universitário,» vol. 11, nº 20, pp. 37-50, 2015.
- [44] J. Izaguirre y M. d. R. Párraga, «Aplicación de las metodologías 8D y AMFE para reducir fallos en una fábrica de refrigeradoras,» *Revista Industrial*, vol. 2, nº 20, pp. 61-70, 2017.
- [45] J. M. Plasencia Tercero, «Optimización bajo metodología de superficie de respuesta (MSR) del material compuesto de matriz Epoxi reforzado con fibra de Chambira (Astrocaryum) y su incidencia en las propiedades mecánicas,» Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador , 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33598>.

ANEXOS

NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE

Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

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

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

Rosa M^a Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carles Mata París
Ingeniero Técnico

SEAT, S.A.

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

1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

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

Cliente o usuario

Solemos asociar la palabra cliente al usuario final del producto fabricado o el destinatario-usuario del resultado del proceso o parte del mismo que ha sido analizado. Por lo tanto, en el AMFE, el cliente dependerá de la fase del proceso o del ciclo de vida del producto en el que apliquemos el método. La situación más crítica se produce cuando un fallo generado en un proceso productivo que repercute decisivamente en la calidad de un producto no es controlado a tiempo y llega en tales condiciones al último destinatario o cliente.

Si uno de los aspectos determinantes del método es asegurar la satisfacción de las necesidades de los usuarios, evitando los fallos que generan problemas e insatisfacciones, para conocerlas es necesario tener herramientas que nos permitan registrarlas. Para ello disponemos, entre otras, de dos herramientas: los cuestionarios de satisfacción de necesidades de clientes o usuarios y la doble matriz de información para comprobar como los resultados esperados de productos/procesos responden a las expectativas de sus usuarios.

El propósito del diseño, o sea lo que se espera se consiga o no del mismo, debe estar acorde con las necesidades y requisitos que pide el usuario; con lo que al realizar el AMFE y aplicarlo en la fase de diseño siempre hay que pensar en el cliente-usuario, ese "quien", es el que nos marca el objetivo final.

Es por eso que las funciones prioritarias al realizar el AMFE son las denominadas "funciones de servicio", este tipo de funciones nos permitirán conocer el susodicho grado de satisfacción del cliente tanto de uso del producto como de estimación (complacencia). Las "funciones de servicio" son necesidades directas de los sistemas analizados y no dependen solo de la tecnología, es por eso que para determinarlas hay que analizar, como se ha dicho, dos aspectos: las necesidades que se tienen que satisfacer y el impacto que tienen sobre el cliente dichas necesidades. Esto nos permitirá determinar y priorizar las funciones de servicio y a partir de ahí realizar el AMFE.

Producto

El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de que subconjuntos / subproductos está compuesto el producto

Por ejemplo: podemos analizar un vehículo motorizado en su conjunto o el sistema de carburación del mismo. Evidentemente, según el objetivo del AMFE, podrá ser suficiente revisar las funciones esenciales de un producto o profundizar en alguna de sus partes críticas para analizar en detalle sus modos de fallo.

Seguridad de funcionamiento

Hablamos de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales. Al analizar tal seguridad de funcionamiento de un producto/proceso, a parte de los mismos, se habrán de detectar los diferentes modos o maneras de producirse los fallos previsible con su detectabilidad (facilidad de detección), su frecuencia y gravedad o severidad, y que a continuación se definen.

Detectabilidad

Este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente.

Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier "output" defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo "detectemos", pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final.

Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Frecuencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

Gravedad

Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Tal índice está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMFE incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto debe ser calculado para todas las causas de fallo.

$$IPR = D.G.F$$

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar. Para ello hay que recurrir a la observación directa que se realiza por el propio grupo de trabajo, y a la aplicación de técnicas generales de análisis desde el "brainstorming" a los diagramas causa-efecto de Isikawa, entre otros, que por su sencillez son de conveniente utilización. La aplicación de dichas técnicas y el grado de profundización en el análisis depende de la composición del propio grupo de trabajo y de su cualificación, del tipo de producto a analizar y como no, del tiempo hábil disponible.

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se indican de manera ordenada y esquemática los pasos necesarios con los correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema de presentación de la información que se muestra en esta NTP tiene un valor meramente orientativo, pudiendo adaptarse a las características e intereses de cada organización. No obstante, el orden de cumplimentación sigue el mismo en el que los datos deberán ser recabados. Al final se adjunta una sencilla aplicación práctica, a modo de ejemplo. En primer lugar habría que definir si el AMFE a realizar es de proyecto o de producto/proceso. Cuando el AMFE se aplica a un proceso de-

terminado, hay que seleccionar los elementos clave del mismo asociados al resultado esperado. Por ejemplo, supongamos que se trata de un proceso de intercambio térmico para enfriar un reactor químico, los elementos clave a aplicar entonces en el AMFE podrían ser el propio intercambiador y la bomba de suministro de fluido refrigerante. En todo caso, hablemos de producto o proceso, en el AMFE nos centraremos en el análisis de elementos materiales con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de conocer y valorar.

Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el PRODUCTO o parte del PROCESO incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.

Parte del componente. Operación o función

Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso.

Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para el AMFE de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Fallo o Modo de fallo

El "Modo de Fallo Potencial" se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.

Los modos de fallo potencial se deben describir en términos "físicos" o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente.

Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Efecto/s del fallo

Normalmente es el síntoma detectado por el cliente/usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario.

Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto.

Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.

Causas del modo de fallo

La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo.

Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

Ejemplo de AMFE de diseño:

Supongamos que estamos analizando el tubo de escape de gases de un automóvil en su proceso de fabricación.

- Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape
Efecto: Ruido no habitual
Causa: Vibración – Fatiga

Ejemplo AMFE de proceso:

Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

- Modo de fallo 1: Ausencia de agua.
Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.
- Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante.
Causas: Obstrucciones calcáreas en el serpentín, perforación en el circuito de refrigeración.

Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura. Descontrol de la reacción

Medidas de ensayo y control previstas

En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

El cuadro de clasificación de tal índice debería diseñarlo cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto. Generalmente el rango es con números enteros, en la tabla adjunta la puntuación va del 1 al 10, aunque a veces se usan rangos menores (de 1 a 5), desde una pequeña insatisfacción, pasando por una degradación funcional en el uso, hasta el caso más grave de no adaptación al uso, problemas de seguridad o infracción reglamentaria importante. Una clasificación tipo podría ser la representada en la tabla 1

TABLA 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría 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 el 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 un 10	9-10

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización del riesgo, entendiéndolas como el accidente o daño más probable/habitual. Ahora bien, en el AMFE se enriquece este concepto introduciendo junto a la importancia del daño del tipo que sea en el sistema, la percepción que el usuario-cliente tiene del mismo. Es decir, el nivel de gravedad del AMFE nos está dando también el grado de importancia del fallo desde el punto de vista de sus peores consecuencias, tanto materiales como personales u organizacionales.

Siempre que la gravedad esté en los niveles de rango de gravedad superior a 4 y la detectabilidad sea superior a 4, debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como importantes. Aunque el IPR resultante sea menor al especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo. De ahí que cuando al AMFE se incorpora tal atención especial a los aspectos críticos, el método se conozca como AMFEC, correspondiendo la última letra a tal aspecto cuantificable de la criticidad

Estas características de criticidad se podrían identificar con algún símbolo característico (por ej. Un triángulo de diferentes colores) en la hoja de registro del AMFE, en el plan de control y en el plano si corresponde.

Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo.

Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor. Una posible clasificación se muestra en la tabla 2.

La única forma de reducir el índice de frecuencia es:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que el fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

Controles actuales

En este apartado se deben reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Detectabilidad

Tal como se definió anteriormente este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los "controles actuales" existentes a tal fin. Es decir, la capacidad de de-

TABLA 2. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	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 actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del 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

TABLA 3. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	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 posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios 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 detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

detectar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención. Ver la tabla 3.

Se hace necesario aquí puntualizar que la detección no significa control, pues puede haber controles muy eficaces pero si finalmente la pieza defectuosa llega al cliente, ya sea por un error, etc., la detección tendrá un valor alto. Aunque está claro que para reducir este índice sólo se tienen dos opciones:

- Aumentar los controles. Esto supone aumentar el coste con lo que es una regla no prioritaria en los métodos de Calidad ni de Prevención.
- Cambiar el diseño para facilitar la detección.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan. Dado que tal índice va asociado a la prioridad de intervención, suele llamarse Índice de Prioridad del Riesgo. Debe ser calculado para todas las causas de fallo. No se establece un criterio de clasificación de tal índice. No obstante un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuiría a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo. El ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo por tal índice ofrece una primera aproximación de su importancia, pero es la reflexión detenida ante los factores que las determinan, lo que ha de facilitar la toma de decisiones para la acción preventiva. Como todo método cualitativo su principal aportación es precisamente el facilitar tal reflexión.

Acción correctora

Se describirá en este apartado la acción correctora propuesta. Generalmente el tipo de acción correctora que elegiremos seguirá los siguientes criterios, de ser posible:

- Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
- Cambio en el proceso de fabricación.
- Incremento del control o la inspección.

Siempre hay que mirar por la eficiencia del proceso y la minimización de costes de todo tipo, generalmente es más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que dedicar recursos a la detección de fallos. No obstante, la gravedad de las consecuencias del modo de

fallo debería ser el factor determinante del índice de prioridad del riesgo. O sea, si se llegara al caso de dos situaciones que tuvieran el mismo índice, la gravedad sería el factor diferencial que marcaría la prioridad.

Responsable y plazo

Como en cualquier planificación de acciones correctoras se deberá indicar quien es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.

Acciones implantadas

Este apartado es opcional, no siempre lo contienen los métodos AMFE, pero puede ser de gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas. Se deben reflejar las acciones realmente im-

TABLA 4. Proceso de actuación para la realización de un AMFE de proceso

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out).
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos. Los miembros del grupo deberían haber recibido previamente conocimientos de aplicación de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recabar información sobre las premisas generales del proceso, funciones de servicio requeridas, exigencias de seguridad y salud en el trabajo y datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.
5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Planificar la realización del AMFE, conducido por persona conocedora de la metodología.
7. Aplicar técnicas básicas de análisis de fallos. Es esencial el diagrama causa- efecto o diagrama de la espina de Isikawa.
8. Cumplimentar el formulario del AMFE, asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre los resultados obtenidos y emitir conclusiones sobre las intervenciones de mejora requeridas.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.

TABLA 5. Ejemplo de formulario de AMFE cumplimentado parcialmente para el análisis de operaciones de soldadura y marcado del proceso de prensas y chapistería

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE		Hoja:					
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN		FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:					
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previstos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría	Proyectos / Anteproyecto				
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa	Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, grietas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Óxido, suciedad en bajos en pinturas	Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.6	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.7			Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Anteproyecto				

plantadas que a veces puede ser que no coincidan exactamente con las propuestas inicialmente. En tales situaciones habría que recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido. A modo de resumen los puntos más importantes para llevar a cabo el procedimiento de actuación de un AMFE son los descritos en la tabla 4.

A título de ejemplo se muestra en la tabla 5 una hoja para la recogida de informaciones y datos de un AMFE, de acuerdo al contenido de esta Nota Técnica de Prevención. Se ha cumplimentado para una hipotética situación de análisis de la operación de soldadura mix en el proceso de prensas y chapistería de una empresa de fabricación de automóviles.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) PAUL JAMES.
Gestión de la Calidad Total
Prentice Hall, 1996
- (2) PATRICK LYONNET
Los métodos de la Calidad Total
Ediciones Diaz de Santos, 1989
- (3) DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL
Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Guía Técnica.
Madrid, 1994

Nuestro agradecimiento a los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales y de Calidad de la empresa SEAT, de Martorell (Barcelona), por su colaboración.

MANUAL DE USO DEL SOFTWARE

1. Ingresamos al software en el cual podemos observar la interfaz principal, en donde se visualiza un menú llamado “Plan de mantenimiento preventivo”, al cual podemos acceder y continuar con la programación.



2. Posterior a ello accedemos al plan de mantenimiento y encontramos una interfaz en donde nos muestra el inventario de máquinas de la empresa y también, los iconos de los equipos de soldadura SMAW, GMAW, GTAW, PAW.




3. Al presionar en los iconos de cada una de las máquinas soldadoras nos encontramos una lista de menús como ficha técnica, sistemas y componentes, estadístico, matriz AMFE, gama de mantenimiento, hoja de vida, planos, etc., en donde al acceder a cada uno de ellos, nos encontramos con la información descrita en el icono.

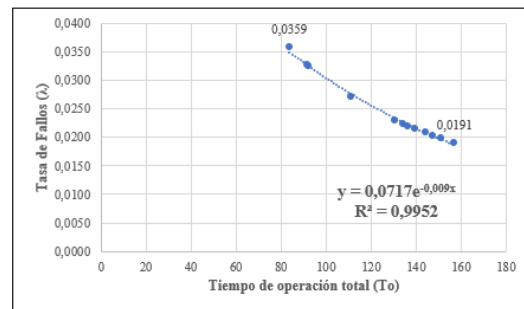
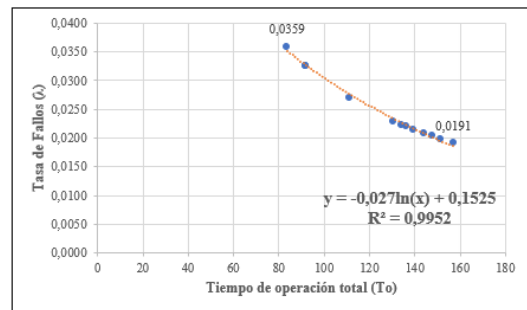


MANUAL DE USO DEL SOFTWARE

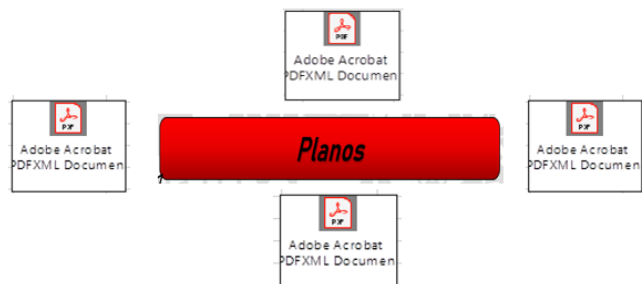
4. En la parte del estadístico en los lugares donde está pintado, es donde se va a ingresar datos aquí, podemos escribir las actividades a desarrollar en el mantenimiento, el tiempo de operación de la máquina, tiempo de reparación, tiempo muerto, estos datos son ingresados para después ser calculadas todas las variables que necesitamos para conocer la disponibilidad del equipo de soldadura, el cual tiene que ser mayor al 90 %.

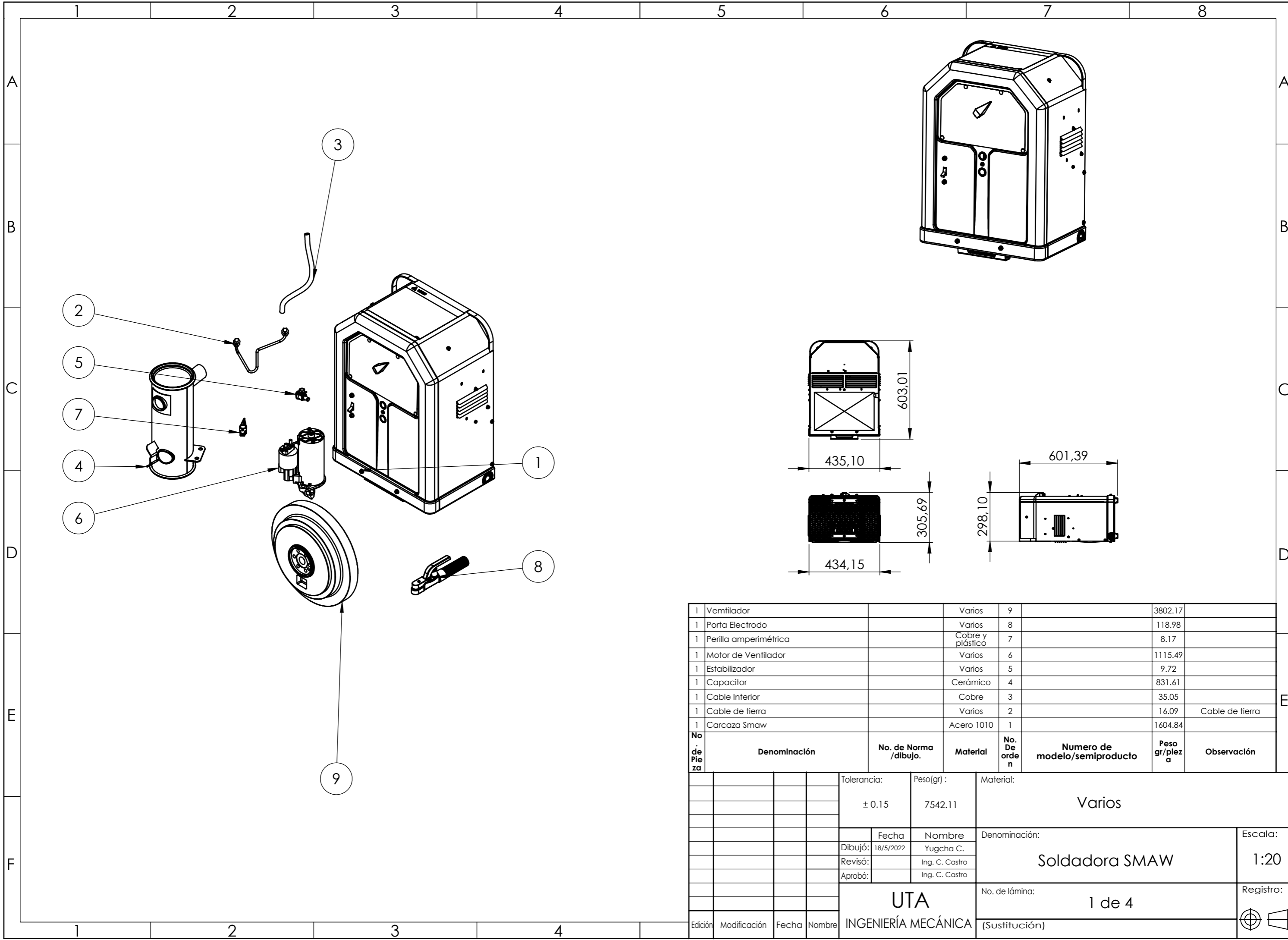
HORAS DE TRABAJO DE LA MAQUINA						
HORAS		5				
		ESTADÍSTICOS DE LA MÁQUINAS				
		EQUIPO DE SOLDADURA SMAW				
		ÁREA DE PRODUCCIÓN				
MES	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)
ENERO	Inicio de Actividades (Nuevo Año)	3/1/2022				
	Revisión general del estado de los cables	7/1/2022	25	0,3	0,05	0,35
	Limpieza general de la máquina.	14/1/2022	29,65	1	0,1	1,1
	Inspección visual a los terminales	21/1/2022	28,9	0,3	0,1	0,4
	Limpieza del interior de las cubiertas	4/2/2022	54,6	1	0,1	1,1

5. Los datos ingresados en el estadístico se van a reflejar en la pestaña llamada “Hoja de vida”, donde vamos a observar una grafica de la curva de la bañera dada por la tasa de fallos y el tiempo de operación total. En donde cabe señalar que si R^2 se acerca más a la unidad se obtiene una correlación más confiable entre los datos.

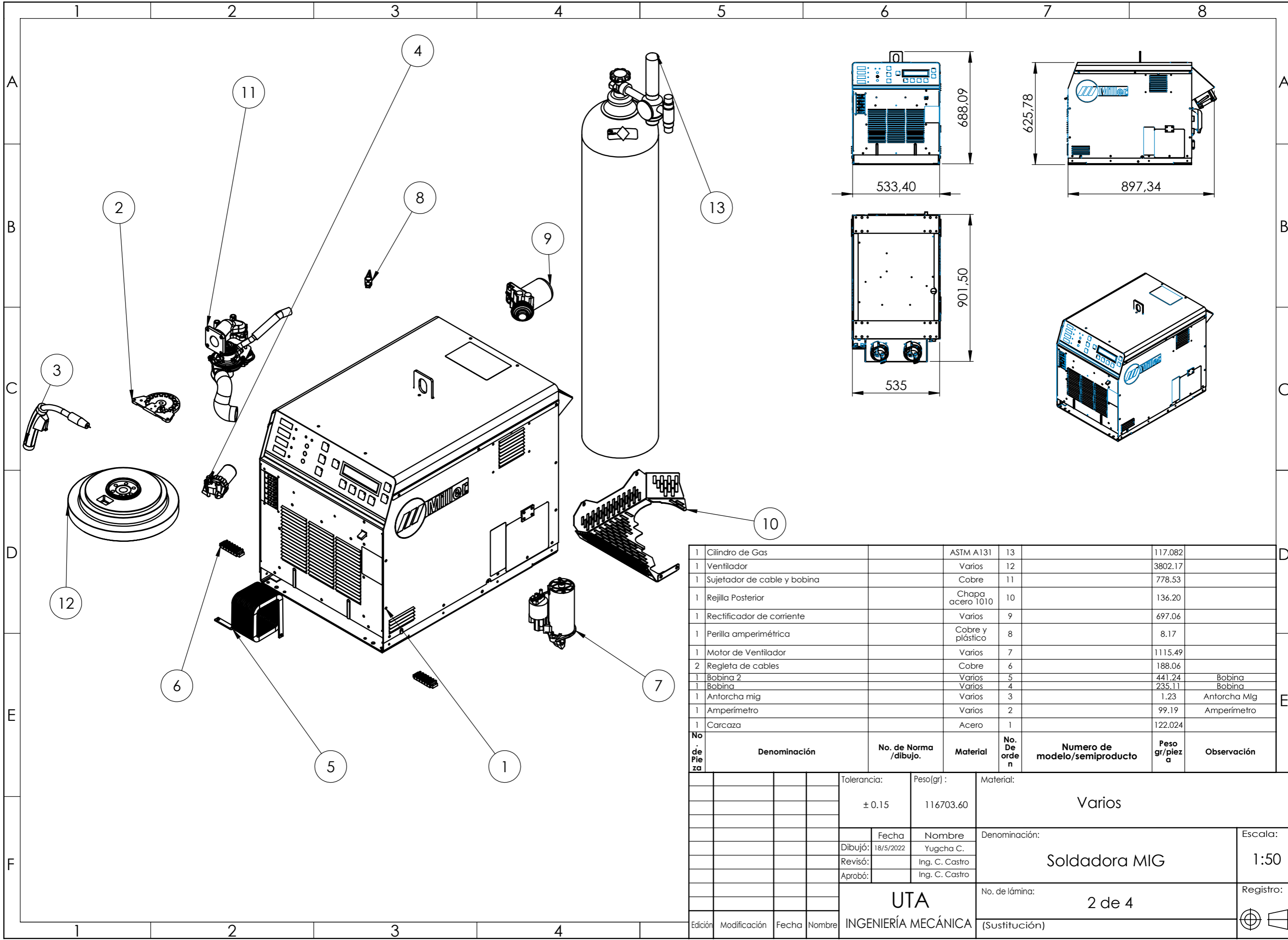


6. Posterior a ello en el icono “planos” se presenta los planos generales de cada una de las soldadoras con el objetivo de mostrar los componentes principales de los equipos de soldadura.



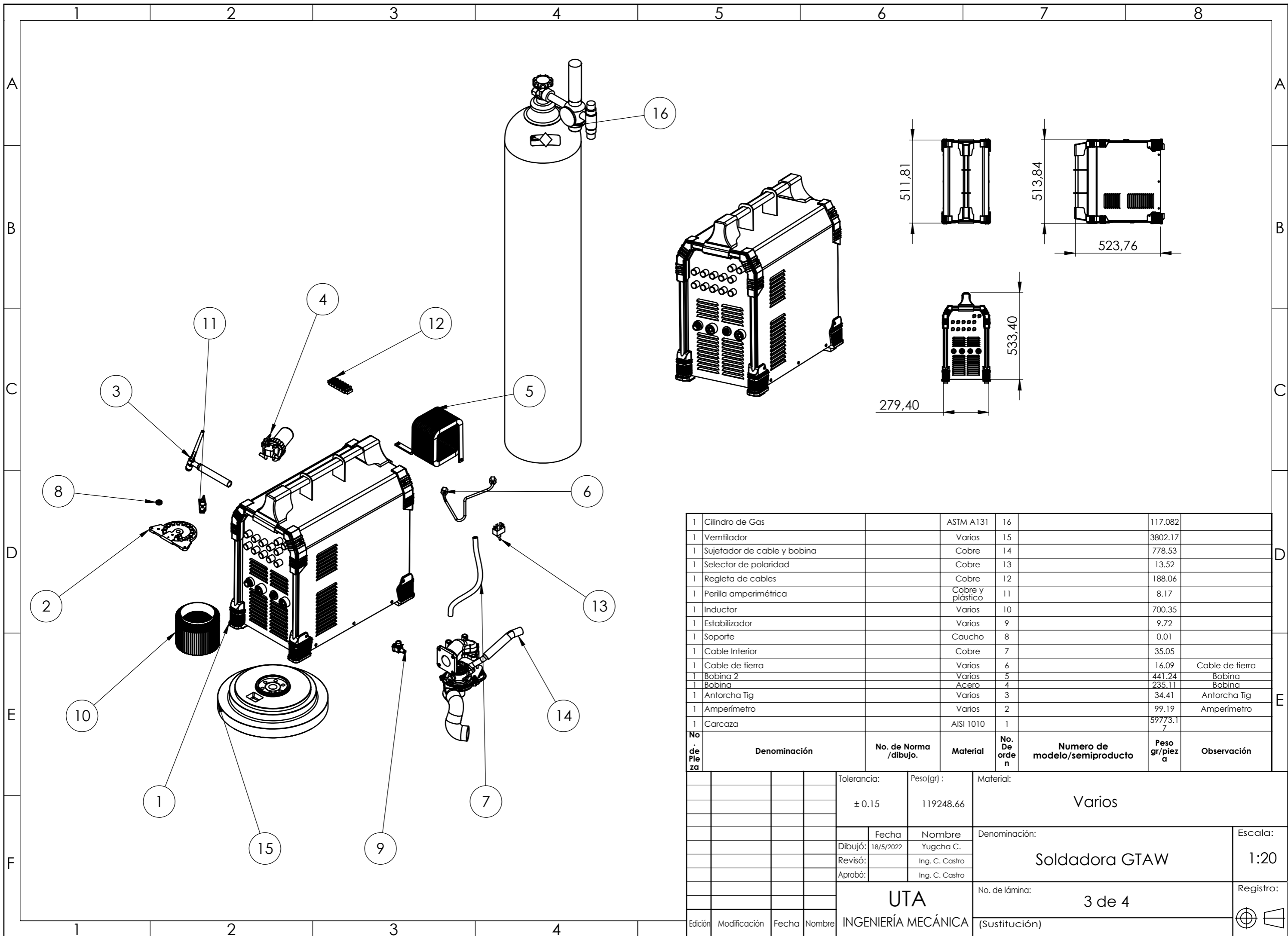


1	Ventilador		Varios	9		3802.17	
1	Porta Electrodo		Varios	8		118.98	
1	Perilla amperimétrica		Cobre y plástico	7		8.17	
1	Motor de Ventilador		Varios	6		1115.49	
1	Estabilizador		Varios	5		9.72	
1	Capacitor		Cerámico	4		831.61	
1	Cable Interior		Cobre	3		35.05	
1	Cable de tierra		Varios	2		16.09	Cable de tierra
1	Carcasa Smaw		Acero 1010	1		1604.84	
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación
		Tolerancia:	Peso(gr) :	Material: Varios			
		± 0.15	7542.11				
		Fecha	Nombre	Denominación:			Escala:
		Dibujó: 18/5/2022	Yugcha C.	Soldadora SMAW			1:20
		Revisó:	Ing. C. Castro				
		Aprobó:	Ing. C. Castro				
		UTA		No. de lámina:		Registro:	
		INGENIERÍA MECÁNICA		1 de 4			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

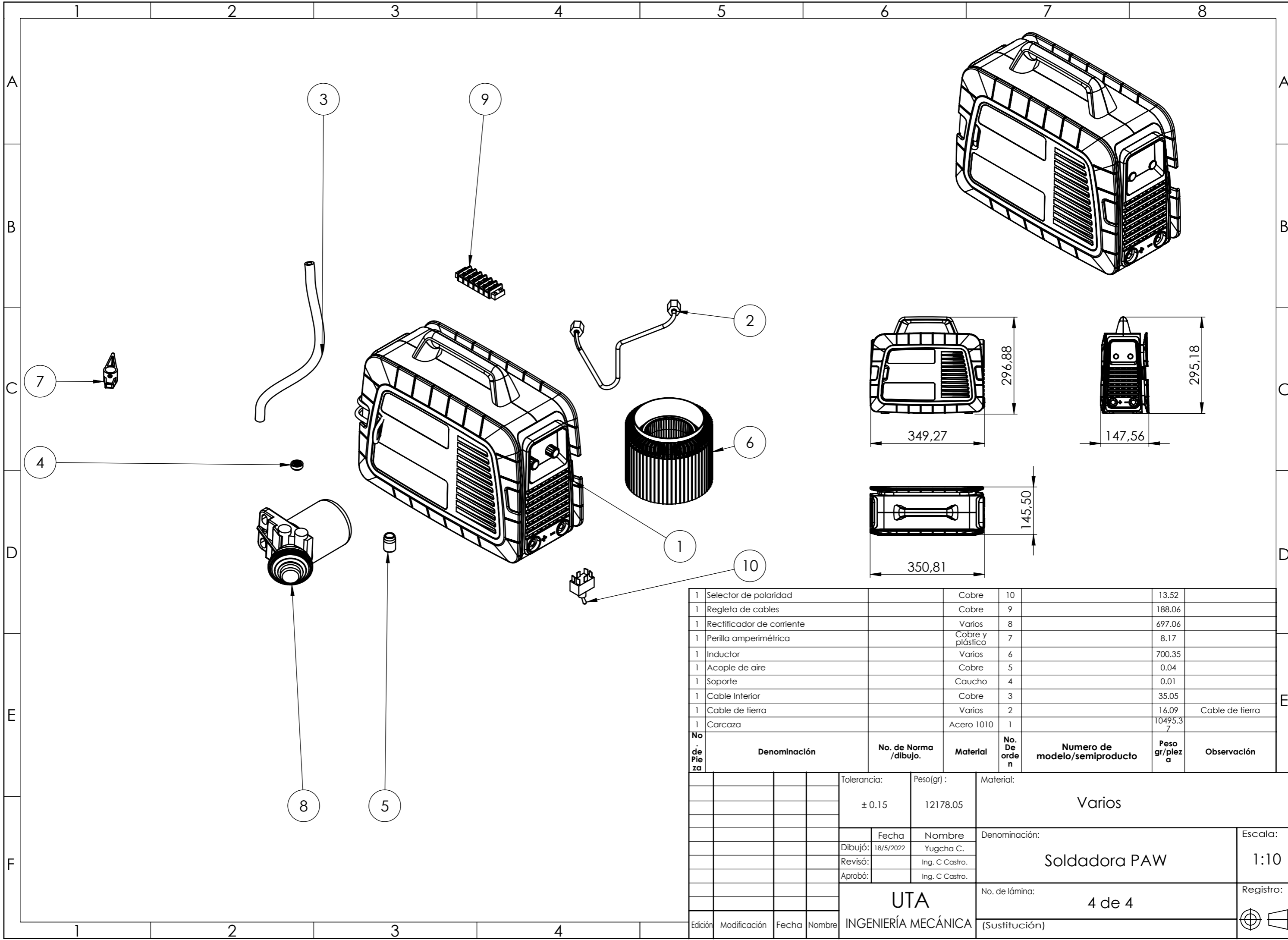


1	Cilindro de Gas		ASTM A131	13		117.082	
1	Ventilador		Varios	12		3802.17	
1	Sujetador de cable y bobina		Cobre	11		778.53	
1	Rejilla Posterior		Chapa acero 1010	10		136.20	
1	Rectificador de corriente		Varios	9		697.06	
1	Perilla amperimétrica		Cobre y plástico	8		8.17	
1	Motor de Ventilador		Varios	7		1115.49	
2	Regleta de cables		Cobre	6		188.06	
1	Bobina 2		Varios	5		441.24	Bobina
1	Bobina		Varios	4		235.11	Bobina
1	Antorcha mig		Varios	3		1.23	Antorcha Mig
1	Amperímetro		Varios	2		99.19	Amperímetro
1	Carcasa		Acero	1		122.024	
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación

Tolerancia:		Peso(gr) :		Material:			
± 0.15		116703.60		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó: 18/5/2022		Yugcha C.		Soldadora MIG			1:50
Revisó:		Ing. C. Castro		No. de lámina:			Registro:
Aprobó:		Ing. C. Castro					
UTA				2 de 4			
INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



1	Cilindro de Gas		ASTM A131	16		117.082	
1	Ventilador		Varios	15		3802.17	
1	Sujetador de cable y bobina		Cobre	14		778.53	
1	Selector de polaridad		Cobre	13		13.52	
1	Regleta de cables		Cobre	12		188.06	
1	Perilla amperimétrica		Cobre y plástico	11		8.17	
1	Inductor		Varios	10		700.35	
1	Estabilizador		Varios	9		9.72	
1	SopORTE		Caucho	8		0.01	
1	Cable Interior		Cobre	7		35.05	
1	Cable de tierra		Varios	6		16.09	Cable de tierra
1	Bobina 2		Varios	5		441.24	Bobina
1	Bobina		Acero	4		235.11	Bobina
1	Antorcha Tig		Varios	3		34.41	Antorcha Tig
1	Amperímetro		Varios	2		99.19	Amperímetro
1	Carcasa		AISI 1010	1		59773.17	
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación
		Tolerancia:		Peso(gr) :	Material:	Varios	
		± 0.15		119248.66			
		Fecha	Nombre	Denominación:			Escala:
		Dibujó: 18/5/2022	Yugcha C.	Soldadora GTAW			1:20
		Revisó:	Ing. C. Castro				
		Aprobó:	Ing. C. Castro				
UTA				No. de lámina:	3 de 4		Registro:
INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



1	Selector de polaridad		Cobre	10		13.52	
1	Regleta de cables		Cobre	9		188.06	
1	Rectificador de corriente		Varios	8		697.06	
1	Perilla amperimétrica		Cobre y plástico	7		8.17	
1	Inductor		Varios	6		700.35	
1	Acople de aire		Cobre	5		0.04	
1	SopORTE		Caucho	4		0.01	
1	Cable Interior		Cobre	3		35.05	
1	Cable de tierra		Varios	2		16.09	Cable de tierra
1	Carcasa		Acero 1010	1		10495.37	
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma /dibujo.	Material	No. De orden	Numero de modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observación

Tolerancia:		Peso(gr) :		Material:			
± 0.15		12178.05		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó: 18/5/2022		Yugcha C.		Soldadora PAW			1:10
Revisó:		Ing. C Castro.		No. de lámina:			Registro:
Aprobó:		Ing. C Castro.					
UTA				4 de 4			
INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			