



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

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

**TEMA:**

---

**“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA MEGAINGGA S.A. DE LA  
CIUDAD DE LATACUNGA”**

---

**AUTOR:** Hubert Mihaly Altamirano Aguilar

**TUTOR:** Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

**AMBATO - ECUADOR**

**Febrero - 2023**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA MEGAINGGA S.A. DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, elaborado por el Sr. Hubert Mihaly Altamirano Aguilar, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1803320637, 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.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2023



---

**Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Hubert Mihaly Altamirano Aguilar, con C.I. 1803320637, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA MEGAINGGA S.A. DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, así como también análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2023



-----  
**Hubert Mihaly Altamirano Aguilar**

**C.I. 1803320637**

**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, febrero 2023



---

**Hubert Mihaly Altamirano Aguilar**

**C.I. 1803320637**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Hubert Mihaly Altamirano Aguilar de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA MEGAINGGA S.A. DE LA CIUDAD DE LATACUNGA**”.

Ambato, febrero 2023

Para constancia firman:

**Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza**

**MIEMBRO CALIFICADOR**

**Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui**

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi familia y amigos, los cuales me han brindado su infinito apoyo y cariño en toda esta aventura universitaria, a pesar de sus altos y bajos me enseñaron el valor del amor, amistad, lealtad y perseverancia.

A mis padres por apoyarme y encaminarme en todas las etapas, aunque complejas siempre encontraron la manera de brindarme consejos, ejemplos y enseñanzas cotidianas que me fortalecieron como persona, les agradezco por creer en mí.

A mis amigos que me han apoyado a lo largo del camino, que me permitieron compartir aventuras y anécdotas inolvidables, gracias infinitas a los diferentes grupos de amistad.

Hubert Altamirano.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, especialmente la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que me abrió las puertas de la sabiduría y conocimiento de Ingeniería Mecánica, permitiéndome ser una profesional.

A mis padres que me apoyaron y nunca dejaron de creer en mí, a pesar de las dificultades, me motivaron para superarme cada día.

A mi tutor el Ing. Christian Byron Castro Miniguano, por el apoyo y los conocimientos brindados para la ejecución del proyecto de tesis.

Una mención especial al Ing. Juan Pablo Garzón y gratitud a la empresa MEGAINNGA S.A. en que me abrió las puertas para desarrollar el proyecto técnico, el cual me ha proporcionado conocimientos importantes que me ayudaran en mi vida profesional.

Un agradecimiento a mis amigos y colegas, que me han acompañado y me han brindado su apoyo y cariño en las etapas más complejas, estoy eternamente agradecido por ser más que amigos unos hermanos.

Hubert Altamirano.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....</b>	<b>viii</b>
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
LECTURA DE ABREVIATURAS .....	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.1.1. Investigaciones previas .....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3



1.2.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.3.	<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>4</b>
1.3.1.	Mantenimiento .....	4
1.3.2.	Tipos de mantenimiento.....	5
1.3.3.	Plan de mantenimiento.....	7
1.3.4.	Tipos de plan de mantenimiento .....	7
1.3.5.	Inventario de equipos .....	8
1.3.6.	Dossier de la maquina .....	9
1.3.7.	Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE) .....	9
1.3.8.	Análisis de criticidad.....	12
1.3.9.	Indicadores de mantenimiento .....	15
1.3.10.	Distribución de Weibull .....	17
1.3.11.	Gamas de mantenimiento .....	20
	<b>CAPITULO II.....</b>	<b>22</b>
	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
2.1.	<b>MATERIALES Y RECURSOS .....</b>	<b>22</b>
2.1.1.	Recursos Humanos.....	22
2.1.2.	Recursos Institucionales.....	22
2.1.3.	Recursos Materiales .....	22
2.1.4.	Recursos Económicos .....	23

2.2.	MÉTODOS.....	24
2.3.	MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN .....	26
2.3.1.	Investigación explicativa.....	26
2.3.2.	Investigación descriptiva.....	26
2.3.3.	Investigación deductiva.....	26
2.3.4.	Investigación de campo.....	26
2.3.5.	Investigación bibliográfica – documental .....	26
2.3.6.	Recolección de información.....	27
2.3.7.	Flujograma del proyecto .....	27
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>29</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>29</b>
3.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	29
3.1.1.	Descripción de la empresa .....	29
3.1.2.	Inventario de la Máquina .....	32
3.1.3.	Fichas Técnicas .....	34
3.1.4.	Dossier de mantenimiento.....	43
3.1.5.	Estadístico de máquinas .....	61
3.1.6.	Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE.....	66
3.1.7.	Determinación de la fiabilidad mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull.....	73

3.1.8.	Bitácora de mantenimiento preventivo basada en las curvas de fiabilidad de Weibull.....	85
3.1.9.	Gamas de mantenimiento.....	85
3.2.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	90
3.2.1.	Objetivos del plan.....	90
3.2.2.	Alcance.....	90
3.2.3.	Procedimiento.....	91
3.2.4.	Instructivo del Software ONE FRACTTAL.....	92
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>112</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>112</b>
4.1.	CONCLUSIONES.....	112
4.2.	RECOMENDACIONES.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....		114
ANEXOS.....		118

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios para valorar la gravedad del modo de fallo.....	9
Tabla 2: Criterios para valorar la frecuencia o probabilidad del modo de fallo .....	10
Tabla 3: Criterios para valorar la detectabilidad .....	11
Tabla 4: Factor de frecuencia de fallos .....	13
Tabla 5: Factor de impacto operacional .....	13
Tabla 6: Factor de flexibilidad operacional. ....	14
Tabla 7: Factor de costes de mantenimiento .....	14
Tabla 8: Factor de seguridad, higiene y ambiente.....	14
Tabla 9: Matriz de criticidad .....	15
Tabla 10: Ejemplo de la tabla para realizar las gamas de mantenimiento .....	20
Tabla 11: Frecuencias de acción para las gamas de mantenimiento .....	21
Tabla 12: Materiales empleados para el desarrollo del proyecto .....	22
Tabla 13: Recursos económicos para la ejecución del proyecto técnico .....	24
Tabla 14: Ubicación de la empresa .....	30
Tabla 15: Información empresarial .....	31
Tabla 16: Inventario de máquinas .....	32

Tabla 17: Ficha Técnica de la roscadora de tubos. ....	35
Tabla 18: Ficha técnica de taladro fresado de banco. ....	36
Tabla 19: Ficha técnica del compresor.....	37
Tabla 20: Ficha técnica de la soldadora MIG/MAG/MMA. ....	38
Tabla 21:Ficha técnica de la Roladora. ....	39
Tabla 22: Ficha técnica de la prensa plegadora. ....	40
Tabla 23:Ficha técnica de la cizalla hidráulica. ....	41
Tabla 24: Ficha técnica de la sierra circular de mesa.....	42
Tabla 25:Dossier roscadora de tubos. ....	43
Tabla 26: Dossier del taladro fresador de banco.....	46
Tabla 27: Dossier del compresor de aire.....	48
Tabla 28: Dossier de la Soldadora MIG/MAG/MMA. ....	50
Tabla 29: Dossier Cizalla hidráulica. ....	52
Tabla 30: Dossier de la Roladora/ Baroladora. ....	54
Tabla 31: Dossier de la prensa plegadora. ....	56
Tabla 32: Dossier de la Sierra circular de mesa.....	58
Tabla 33: Estado funcional de las máquinas.....	60

Tabla 34: Estadístico de la máquina Roladora .....	61
Tabla 35: Matriz AMFE de la roladora.....	66
Tabla 36: Análisis AMFE .....	72
Tabla 37: Parámetros para el análisis de fiabilidad e infiabilidad .....	75
Tabla 38:Hoja de cálculo de la fiabilidad de Weibull.....	76
Tabla 39: Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.....	79
Tabla 40: Coeficientes de fallos.....	82
Tabla 41: Hoja de cálculo para la fiabilidad de Weibull por el método gráfico de la roladora. ....	83
Tabla 42: Cuadro de frecuencias de mantenimiento para la bitácora .....	85
Tabla 43: Bitácora de mantenimiento .....	86
Tabla 44: Diagrama de procesos para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.....	91
Tabla 45:Gama de mantenimiento de la roscadora de tubos.....	137
Tabla 46: Gama de mantenimiento del taladro de banco .....	138
Tabla 47: Gama de mantenimiento del compresor .....	139
Tabla 48: Gama de mantenimiento de la Soldadora MIG/MAG/MMA. ....	140

Tabla 49: Gama de mantenimiento de la cizalla hidráulica. ....	141
Tabla 50:Gama de mantenimiento de la prensa plegadora. ....	142
Tabla 51: Gama de mantenimiento de la sierra circular de mesa. ....	143

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de mantenimiento .....	5
Figura 2: Esquema del formato del inventario de máquinas de MEGAINGGA S.A ..	8
Figura 3: Muestra del papel de Weibull .....	18
Figura 4: Lectura de parámetros $\eta$ y $\beta$ en el papel de Weibull.....	18
Figura 5: Fiabilidad.....	19
Figura 6: Formato de la ficha técnica.....	25
Figura 7: Flujograma del proyecto.....	28
Figura 8: Fachada de la empresa.....	31
Figura 9: Formato de la ficha técnica.....	34
Figura 10: Gráfica MTBF vs Disponibilidad para la máquina roladora. ....	65
Figura 11: Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad.....	65
Figura 12: Gráfica de la fiabilidad vs Tiempo de operación para la máquina roladora. .....	77
Figura 13: Gráfica de la in fiabilidad vs Tiempo de operación para la máquina roladora .....	78
Figura 14: Papel de Weibull de la Roladora .....	81



Figura 15: Gráfica de la confiabilidad vs tiempo de operación de la máquina roladora .....	84
Figura 16: Manual de la roladora.....	144
Figura 17:Manual de la cizalla hidráulica.....	145
Figura 18: Manual del compresor.....	146
Figura 19: Manual de la prensa plegadora.....	147
Figura 20: Manual de la roscadora de tubos.....	148
Figura 21: Manual de la sierra de banco.....	149
Figura 22: Manual de la soldadora MIG/MAG/MMA.....	150
Figura 23:Manual de usuario del taladro de banco ZX-30.....	151

## LECTURA DE ABREVIATURAS

AMFE: Análisis de modos de fallos y efectos.

NTP: Nota técnica de prevención.

NPR: Índice de prioridad de riesgos.

MCC: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

MTBF: Tiempo medio entre fallos.

MTTR: Tiempo medio entre reparaciones.

G: Gravedad.

F: Frecuencia.

D: Detectabilidad.

$\lambda$ : Tasa de fallos.

$\mu$ : Tasa de reparación.

TO: Tiempo de operación.

TR: Tiempo de reparación.

TP: Tiempo de para.

TM: Tiempo muerto.

D%: Disponibilidad

$\eta$ : Parámetro calculador del papel de Weibull.

$\beta$ : Parámetro de forma.

$\sigma$ : Desviación estándar o varianza.

N: Total de población.

Z<sub>a</sub>: Puntaje estándar.

p: porción esperada.

d: precisión.

MIG: Soldadura por gas inerte de metal.

MAG: Soldadura de gas activo de metal.

MMA: Soldadura por arco con electrodos revestidos.

R<sup>2</sup>: Coeficiente de correlación

R(t): Fiabilidad.

F(t): Infiabilidad.

## RESUMEN

El mundo está sujeto a múltiples cambios, sin embargo, en cada paso dado, ha desarrollado diferentes revoluciones, en este caso en específico la empresa MEGAINNGA S.A, encontró la necesidad de adquirir nueva maquinaria lo cual no contaba con instructivos necesarios para realizar un mantenimiento preventivo, satisfaciendo la demanda de sus productos en menos tiempo y generando el uso exhaustivo de máquinas y equipos

Para el desarrollo de este trabajo de titulación fue necesario un análisis bibliográfico, visitas técnicas para recopilar información de las necesidades de la empresa y de las máquinas que son empleadas, con el fin de conocer los elementos con mayor tendencia a producir daños o averías, a lo largo del tiempo, a partir de: generación de fichas técnicas, instructivos de uso, estudios estadísticos del tiempo de operación y fiabilidad de las máquinas.

En el camino del mantenimiento preventivo fue necesario el análisis modal de fallos (AMFE), para el análisis de los componentes más críticos de las máquinas, para tener mayor énfasis y observación de los componentes según los criterios de la NTP 679, además de analizar la fiabilidad de las máquinas según la NTP 331.

Conociendo el estado de disponibilidad de las máquinas de la empresa, nos encontramos con un coeficiente de correlación del 0.79, siendo un valor importante para considerar el desarrollo del proyecto de tesis sea un mantenimiento preventivo, además mediante el análisis planteado, se pudo determinar que los elementos más críticos fueron los engranajes, filtros de aceite, los sistemas de paro de emergencia y sus respectivos tableros de control.

**Palabras Clave:** NTP, AMFE, Mantenimiento preventivo, máquinas, MEGAINNGA S.A.

## ABSTRACT

The world is subject to multiple changes, however, at each step taken, it has developed different revolutions, in this specific case The company MEGAINGGA S.A, found the need to acquire new machinery which did not have the necessary instructions to perform preventive maintenance, satisfying the demand for its products in less time and generating the exhaustive use of machines and equipment.

For the development of this degree work, a bibliographic analysis was necessary, technical visits to collect information on the needs of company and the machines that are used, in order to know the elements with the greatest tendency to cause damage or breakdowns, to over time, based on: generation of technical data sheets, instructions for use, statistical studies of the operating time and reliability of the machines.

In the way of preventive maintenance, the (AMFE) was necessary, for the analysis of the most critical components of the machines, to have greater emphasis and observation of the components according to the criteria of NTP 679, and to analyze the reliability of machines according to NTP 331.

Knowing the state of availability of the company's machines, we find a connection coefficient of 0.79, being an important value to consider the development of the thesis project as preventive maintenance, also through the proposed analysis, it was possible to determine that the most critical elements were the gears, oil filters, emergency stop systems and their respective control panels.

**Keywords:** NTP, AMFE, preventive maintenance, machines, MEGAINGGA S.A.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. ANTECEDENTES

Algunos autores plantean que el plan de mantenimiento preventivo se lo ejecuta en función de las características de cada empresa y su sistema de producción, este tipo de mantenimiento lo que busca es mantener la funcionalidad de la maquinaria involucrada en la producción, permitiendo un mejor rendimiento operacional y disminuyendo averías, costos de reparación mediante inspecciones programadas [1].

Es importante realizar un estudio previo de la maquinaria y las capacidades que presentan, para posteriormente entender la filosofía idónea de mantenimiento se necesita según la necesidad de la empresa, para poder obtener la tasa de fiabilidad más alta en la empresa según su maquinaria, analizando el estado de los equipos, su disponibilidad, la vida útil de los elementos que componen la maquinaria [2].

Los análisis estadísticos que se elaboran son conocer de fiabilidad, criticidad y disponibilidad de las máquinas, son desarrollados con carácter técnico, acompañado con un estudio de campo para la observación de los elementos más propensos a generar retrasos en la producción mediante fallos a lo largo de la vida útil de las máquinas, siendo un instrumento de sustento y guía para su análisis la NTP 679, para poder identificar y analizar los posibles fallos, tomando en cuenta la frecuencia de acción y el tiempo de duración, siendo el análisis modal de fallos un instrumento útil para identificar el índice de prioridad de riesgos identificados con la matriz AMFE, acompañadas con el análisis de fiabilidad de WEIBULL [3] [4].

El presente proyecto de titulación, es un estudio técnico de la maquinaria que conforma el área de producción de la Empresa MEGAINGGA S.A. que se encuentra ubicada en la ciudad de Latacunga, llevándose a cabo el plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de aprovechar al máximo la vida útil de la maquinaria recientemente adquirida por parte de la empresa, estableciendo cronológicamente los procedimientos a ejecutar para evitar posibles fallos y averías abruptos en la maquinaria de la nave industrial de MEGAINGGA S.A [5].

### **1.1.1. Investigaciones previas**

El mantenimiento preventivo mediante el análisis de las Notas Técnicas de Prevención 679 son instrumentos de vital importancia para analizar, detectar posibles fallas y defectos de la maquinaria, que pueden ocasionar tiempos muertos o paros en la producción abruptos, generando problemas económicos, una explicación amplia de la utilización de las NTP se plantea en el proyecto técnico denominado: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA Y VEHÍCULOS LIVIANOS DEL GADM SANTIAGO DE PÍLLARO APLICANDO UN SOFTWARE LIBRE” por el autor Mario Gustavo Vasco Robayo, se indica que por la falta de un estudio antes previsto el personal técnico espera a que el fallo ocurra para realizar un mantenimiento correctivo lo que generaba altos costos para dicho establecimiento, además se pudo analizar gracias a la matriz AMFE los elementos más propensos a sufrir fallos [6].

El mantenimiento tiene como finalidad extender la vida útil de las máquinas y herramientas, en el cual se analiza la criticidad de los componentes, a través de las gamas de mantenimiento para establecer protocolos de mantenimiento preventivo, tomando como guía de referencia la NTP 679, para su respectivo análisis modal de fallos y efectos, planteado por Edison Caguana autor del proyecto técnico de tesis: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL MANTENIMIENTO TOTAL PARA LA MAQUINARIA EN LA LÍNEA DE PINTURA DE LA EMPRESA CARROCERÍAS VARMA DE LA CIUDAD DE AMBATO”, la importancia del análisis AMFE permitió al autor los modos de fallos que se puede ocasionar fallas o averías y las acciones necesarias para corregirlo, además de conocer cuáles son las máquinas con mayor criticidad y prioridad para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo [3].

El autor Carlos Rubén Lozada López recalca que la constante búsqueda de metodologías para aprovechar al máximo la vida útil de las máquinas y evitar las paradas abruptas de las máquinas, utilizando la matriz AMFE para determinar cuáles son los elementos que pueden fallar con frecuencia, además del análisis matemático y gráfico, la fiabilidad mediante la distribución Weibull, aplicados a partir del estadístico

de fallas, aplicando las NTP 331 y NTP 679 en la tesis: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA EN LA EMPRESA KIA MOTORS S.A.”, en la presente tesis nombrada fue importante obtener la fiabilidad de las máquinas mediante la distribución de Weibull con el método gráfico y matemático, permitiendo desarrollar un cronograma de mantenimiento detallando las actividades necesarias para prevenir fallos inesperados [4].

Finalmente es importante analizar en la tesis doctoral de Weiger Willem Tiddens que nos explica lo que genera el tiempo de inactividad inesperado, imponiendo altos costos y pérdidas de productividad, bajo el tema: “Setting sail towards predictive maintenance: developing tools to conquer difficulties in the implementation of maintenance analytics” se explica un estudio de 14 casos de industrias de Países Bajos, realizando un estudio de prueba y error donde se explica tres parámetros importantes para el análisis siendo los siguientes: Seleccionar las técnicas adecuadas, identificar los elementos más propensos a tener averías, y evaluar el valor de importancia dentro de la cadena de producción, es importante una ficha histórica de cada máquina y cada elemento que lo compone para analizar el tipo de falla que se puede presentar, representándolo con una gama de colores o con una numeración ascendente o descendente para conocer el grado de complejidad de la falla o avería [7].

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la planta de “MEGAINGGA S.A” en la ciudad de Latacunga.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- **Determinar el estado actual de las máquinas de la empresa MEGAINGGA S.A. de la ciudad de Latacunga.**

Se realizará un análisis estadístico de fallos, modos de fallo con una matriz de disponibilidad, curva de la bañera, donde se determina el estado actual con el cálculo de la disponibilidad.



- **Realizar un análisis de fallos y modos de fallo mediante la Matriz AMFE.**  
Se analizan los fallos y modos de fallo de acuerdo con la nota técnica de prevención NTP 679, donde se consideran los valores para ponderar y considerar los valores del NPR.
- **Determinar la fiabilidad e in fiabilidad de las máquinas de la empresa MEGAINGGA S.A mediante la metodología de Weibull.**  
Mediante la nota técnica de prevención NTP 331 determinamos el modelo matemático y gráfico de la fiabilidad mediante la ecuación de Weibull.
- **Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo de acuerdo con los datos estadísticos obtenidos.**  
Se realiza la bitácora y las gamas de mantenimiento, proponiendo formatos de distribución, orden de trabajo y ejecución, y análisis estadísticos que se ejecuten.

### **1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **1.3.1. Mantenimiento**

El término mantenimiento se define como el conjunto de métodos o técnicas orientados a la conservación de las instalaciones y equipos que conforman un proceso de producción, de manera que se permita alcanzar un máximo rendimiento y una alta disponibilidad, además el mantenimiento de los equipos garantiza una mejor vida útil de la maquinaria, minimizando los costos y logrando que operen en condiciones óptimas de funcionamiento [8].

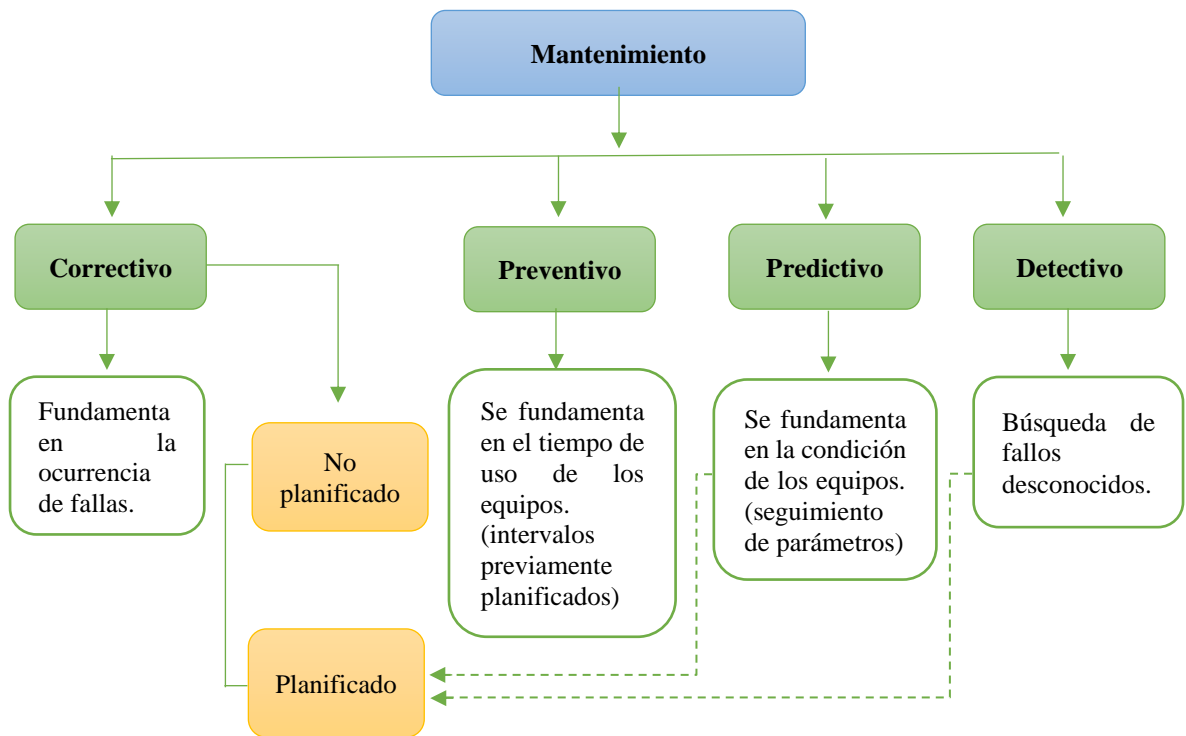
#### **Objetivos del mantenimiento**

- Disminuir los costos de mantenimiento mediante la correcta aplicación de las tareas preventivas para evitar fallos en la maquinaria.
- Maximizar el aprovechamiento de los componentes de la maquinaria.
- Eliminar las paradas intempestivas que afectan el normal desarrollo del proceso productivo [8].

- Acatar las normas de seguridad, higiene y medio ambiente dentro de la planificación del mantenimiento.
- Asegurar la calidad del producto terminado [8].

### 1.3.2. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento se caracterizan según su intervención dentro del proceso productivo, igualmente se encargan del correcto funcionamiento de las instalaciones y la maquinaria, a continuación, se detallan los tipos de mantenimiento más importantes el correctivo, preventivo, predictivo y detectivo como se detalla en la Figura 1 [9]:



*Figura 1: Tipos de mantenimiento [9].*

#### Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se puede definir como un sistema planificado para prevenir fallas en las instalaciones, maquinaria o equipos vinculados al proceso productivo, con la finalidad de reducir los paros innecesarios en la producción. Detectar y corregir los daños es la finalidad de este tipo de mantenimiento, ya que las actividades se planifican y realizan de manera periódica por medio de los técnicos de mantenimiento y trabajadores [10].

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Incrementa la confiabilidad de la maquinaria ya que se tiene conocimiento del estado actual y de funcionamiento.
- Mejora la carga laboral del personal de mantenimiento por medio de la planificación de las actividades.
- Aumenta la vida útil de la maquinaria.
- Reducción de tiempos muertos y tiempos de parada de la maquinaria.
- Disminución de los costos de mantenimiento [10].

### **Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en el grupo de actividades que permitan predecir y prevenir los fallos en la maquinaria e instalaciones, que mediante la aplicación de técnicas especiales permita anticiparse al desperfecto en los equipos [11].

Se caracteriza por la examinación mediante metodologías predictivas para establecer el estado de los equipos, de manera que se proporcione recomendaciones para las labores de mantenimiento [11].

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- Alta probabilidad de anticiparse a qué ocurren los fallos.
- El análisis para anticiparse a los fallos se realiza sin afectación al proceso productivo.
- La intervención del equipo se realizará solo si se confirma que existe falla en desarrollo [11].

### **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo consiste en intervenir el equipo una vez que ha ocurrido la falla de funcionamiento, es decir que las acciones correctivas se deben realizar después de ocurrido el desperfecto en la maquinaria. Una ventaja importante de este tipo de mantenimiento es aprovechar la vida útil de la maquinaria al máximo posible [11].

Ventajas del mantenimiento correctivo:

- No es necesario de una planificación detallada.
- No es necesario una organización técnico-administrativa [11].

### **1.3.3. Plan de mantenimiento**

Un plan de mantenimiento se define como un conjunto organizado de tareas en las cuales se detallan actividades, procedimientos, recursos y tiempos de duración indispensables para la realización del mantenimiento [12].

El plan desarrollado permitirá obtener beneficios que serán significativos para la empresa entre ellos un bajo costo en la realización del mantenimiento, minimizar las averías de carácter críticas y maximizar la producción [12].

Para realizar el plan de mantenimiento se debe tener presente lo siguiente:

- Considerar recomendaciones del fabricante de los equipos.
- Vida útil de los componentes de las máquinas.
- Destrezas y experiencia del personal [12].

### **1.3.4. Tipos de plan de mantenimiento**

Los tipos de plan de mantenimiento más reconocidos son los que se detallan a continuación:

- Plan de mantenimiento basado en fabricantes.
- Plan de mantenimiento basado en protocolos.
- Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (MCC) [13].

#### **Plan de mantenimiento basado en fabricantes**

Para la realización de este tipo de plan de mantenimiento las tareas de carácter preventivo que se establecen para la instalación industrial se realizan en función de la información proporcionada de los fabricantes de la maquinaria, es decir se emplean

los manuales de usuario donde se encuentran las disposiciones con relación al mantenimiento que se debe realizar [13].

### **Plan de mantenimiento basado en protocolos**


Para determinar las tareas que componen el plan de mantenimiento se establece mediante la agrupación de los equipos con su tipo genérico, y que en esa agrupación de equipo-tipo las tareas preventivas deben realizarse independientemente de lo que diga el fabricante [13].

### **Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (MCC)**

En este tipo de plan de mantenimiento el objetivo fundamental es aumentar la confiabilidad o fiabilidad de la planta industrial, de manera que se disminuyan los tiempos de parada ocasionados por averías en los equipos. Como objetivos secundarios se debe aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta se encuentra en disposición de producir y reducir al mismo tiempo los costos de mantenimiento, de igual manera mejorar la funcionalidad de los equipos mediante el análisis de todas las posibilidades de fallos y de los mecanismos necesarios para evitarlos [13].

#### **1.3.5. Inventario de equipos**

Es un registro detallado en donde se enlista el número de máquinas y equipos disponibles en la planta industrial, los cuales deben estar codificados para facilitar las tareas de mantenimiento. Para realizar el inventario se debe tener en cuenta ciertos parámetros como el número del equipo, el código, el tipo de maquinaria, su abreviatura, la marca, serie y la cantidad de elementos que pueden existir en la empresa, como lo indica el siguiente inventario de máquinas existentes en la nave industrial de la empresa MEGAINGGA S.A, detallado en la siguiente Figura: 2 [14].

							
INVENTARIO DE LA MAQUINARIA							
ÁREA DE MAQUINADO							
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO							
Nº	CÓDIGO	MÁQUINAS	ABREVIATURA	TIPO	MARCA	SERIE	CANTIDAD
1							
2							

*Figura 2: Esquema del formato del inventario de máquinas de MEGAINGGA S.A*

### 1.3.6. Dossier de la maquina

Comprende toda la documentación de las características de las máquinas en las cuales se detalla información del fabricante como planos del despiece, manuales de usuario, documentos de pruebas, condiciones de funcionamiento, lista de repuestos, ficheros e instrucciones de mantenimiento [14].

### 1.3.7. Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE)

La metodología “AMFE” tiene la finalidad de identificar los posibles modos de fallo en los equipos, sistemas y componentes. La forma estructurada de este análisis permite establecer que tan perjudicial puede ser el fallo que afecta a la maquinaria [15].

Mediante este análisis se identifican causas y efectos de los posibles modos de fallos, se realiza una valoración por medio de los índices de gravedad, frecuencia y detectabilidad, para finalmente ejecutar las acciones preventivas [15].

#### Índice de Gravedad

Está relacionado con la severidad o relevancia del efecto del modo de fallo en la productividad, considerando las repercusiones, el criterio y su valor en una escala ascendente del 1 muy baja gravedad al 10 siendo un fallo muy crítico correspondiente a un elemento que no cumple con las normas reglamentarias, como se lo indica en la Tabla 1: [16].

*Tabla 1: Criterios para valorar la gravedad del modo de fallo [16].*

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	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3

*Tabla 1: Continuación.*

<b>GRAVEDAD</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR</b>
Moderada	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

### **Índice de Frecuencia**

Establece la ocurrencia o repetitividad del fallo, es decir la probabilidad que la causa de lugar al modo de fallo, según su criterio según las características antes mencionadas, se genera su valoración, establecido según la norma técnica de prevención 679 detallado en la Tabla 2: [16].

*Tabla 2: Criterios para valorar la frecuencia o probabilidad del modo de fallo [16].*

<b>FRECUENCIA</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR</b>
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	El defecto aparece 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

## Índice de Detectabilidad

Determina la detección del modo de fallo de manera anticipada, la detectabilidad se mide entre muy alta e improbable, explicando si es un defecto que no se percibe en los controles, pero si se lo podrá detectar en la etapa del cliente final, como lo indica la Tabla 3: [16].

*Tabla 3: Criterios para valorar la detectabilidad. [16].*

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 posterior.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estudios 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

## Índice de prioridad de riesgo

Este índice se obtiene de multiplicar los tres índices anteriormente mencionados (gravedad, frecuencia, detectabilidad), estos son valorados según criterios de probabilidad y repercusiones, permitiendo priorizar la celeridad de la intervención y el orden de acciones correctivas, considerando un valor de IPR mayor o igual al 100% como críticos, según la NTP 679 [16].

La ecuación para determinar el índice de prioridad de riesgos con la Ec.1: [16]

$$IPR = G * F * D \qquad \text{Ec. 1}$$



Donde:

$IPR$  = Índice de prioridad de riesgo

$G$  = Gravedad

$F$  = Frecuencia

$D$  = Detectabilidad

### **1.3.8. Análisis de criticidad**

Es un método que permite identificar y jerarquizar los activos de una instalación, es decir que prioriza la importancia y las consecuencias que provoquen fallos en el sistema productivo [17].

La ecuación para establecer el análisis de criticidad se detalla en la Ec.2 a continuación:

$$C = FF * CO \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

$C$  = Criticidad total del elemento.

$FF$  = Frecuencia de falla en un periodo de tiempo.

$CO$  = Consecuencias de los fallos.

Para el valor de la consecuencia de los fallos ( $CO$ ) se obtiene de la Ec.3 respectivamente:

$$CO = (IO * FO) + CM + SHA \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

$IO$  = Factor de impacto operacional.

$FO$  = Factor de flexibilidad operacional [17].

$CM$ = Factor de costes de mantenimiento.

$SHA$ = Factor en seguridad, higiene y ambiente [17].

Para establecer los factores antes señalados son evaluados a partir de los siguientes criterios:

La Tabla 4, es un factor indicado la frecuencia de fallos a lo largo de un año con su respectiva valoración: [17].

*Tabla 4: Factor de frecuencia de fallos [17].*

<b>FRECUENCIA DE FALLOS (FF)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
Mayor a 2 fallos por año.	4
De 1 y 2 fallos al año.	3
Entre 0,5 y 1 fallos por año.	2
Menor a 0,5 fallos por año.	1

La Tabla 5, es un indicador de criterios de valoración para establecer, si existe pérdidas en la producción [17].

*Tabla 5: Factor de impacto operacional [17].*

<b>FACTOR DE IMPACTO OPERACIONAL (IO)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
Pérdidas de producción superiores al 75%.	10
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%.	7
Pérdidas de producción entre el 25% y 49%.	5
Pérdidas de producción entre el 10% y 24%.	3
Pérdidas de producción menores al 10%.	1

La tabla 6 es el factor de flexibilidad indicando y valorando, si existe o no stock de unidades para el reemplazo de la producción [17].

*Tabla 6: Factor de flexibilidad operacional [17].*

<b>FACTOR DE FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
No dispone de unidades de reemplazo para cubrir la producción.	4
Dispone de unidades de reemplazo para cubrir de manera parcial la producción.	2
Dispone de unidades de reemplazo en línea.	1

El factor de costos de mantenimiento es estimado según la mano de obra, materiales y reparaciones con su respectiva valoración, como lo indica la Tabla 7: [17].

*Tabla 7: Factor de costes de mantenimiento [17].*

<b>FACTOR DE COSTES DE MANTENIMIENTO (CM)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
Costes superiores a 20000 dólares, que comprenden reparaciones, materiales y mano de obra.	2
Costes inferiores a 20000 dólares, que comprenden reparaciones, materiales y mano de obra.	1

El factor de seguridad e higiene está establecido según criterios de riesgo, si es grave para la salud, catastrófico y ambiental, según la siguiente tabla: [17].

*Tabla 8: Factor de seguridad, higiene y ambiente [17].*

<b>FACTOR DE SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
Riesgo elevado de muerte, daños graves de salud y/o incidente ambiental de carácter catastrófico.	8
Riesgo medio de muerte, daños importantes a la salud y/o incidente ambiental de difícil restauración.	6

*Tabla 8: Continuación.*

FACTOR DE SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA)	VALORACIÓN
Riesgo mínimo de muerte y afectación a la salud.	3
No existe ningún riesgo.	1

La matriz que se especifica en la Tabla 9 permite jerarquizar en tres áreas las cuales son:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C) [17]

*Tabla 9: Matriz de criticidad [17].*

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
	CONSECUENCIA					

### 1.3.9. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son parámetros técnicos de control que permiten seguir el comportamiento operacional de sistemas o equipos, de igual manera con el desempeño de las actividades de mantenimiento [18].

- **Disponibilidad**

Es la probabilidad que un equipo se encuentre en desarrollo de su actividad en un tiempo determinado.

$$D = \frac{\text{tiempo de operación}}{\text{tiempo de operación} + \text{tiempo de parada}} \quad \text{Ec.4}$$

- **Tiempo medio entre fallas (MTBF)**

$$MTBF = \frac{T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{ox}}{\sum x} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

$T_o$  = Tiempo de operación

$X$  = Es la cantidad de los valores de cada actividad

- **Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)**

$$MTTR = \frac{Tr_1 + Tr_2 + Tr_3 + Tr_x}{\sum x} \quad \text{Ec.6}$$

Donde:

$Tr_i$  = Tiempo de reparación

- **Tasa de fallos ( $\lambda$ )**

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \text{Ec.7}$$

- **Tasa de reparación ( $\mu$ )**

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \text{Ec.8}$$

- **Confiabilidad**

Es la confianza o seguridad que se tiene de un máquina o sistema al desempeñar su función en un periodo de tiempo, en condiciones óptimas de operación [18].

$$\text{Confiabilidad} = \frac{T_o - TP}{T_o} \quad \text{Ec.9}$$

Donde:

$T_o$  = Tiempo de operación.

$TP$  = Tiempo de para

### 1.3.10. Distribución de Weibull

Esta metodología permite estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente que intentamos controlar y que mediante el registro de fallos se puede observar cómo varían a través del tiempo. La distribución de Weibull facilita la identificación de las variables que influyen en la tasa de fallos, por consiguiente, es una herramienta importante para la predicción del comportamiento de los fallos [19].

#### 1.3.10.1. Fiabilidad: La distribución de Weibull (NTP 331)

Para obtener la fiabilidad se debe calcular según las ecuaciones como se indica en la NTP 331, la Figura 3 se utilizar la hoja o papel de Weibull, representando en el eje horizontal coordenadas (X) el tiempo de fallos y en el eje vertical (Y) están la función acumulativa de fallas, se dibujan puntos del 0 al 100%, para poder encontrar la línea que satisface a todos los punto de la dispersión luego mediante la línea anteriormente comentada y el punto de estimación se podrá determinar los parámetros, a continuación se detallan los parámetros necesarios para el análisis de Weibull [19].

Para el análisis de Weibull, se evalúan los siguientes parámetros:

$t_0$  = Parámetros inicial de localización.

$\eta$  = parámetro de escala o vida característica.

$\beta$  = Parámetro de forma [19].

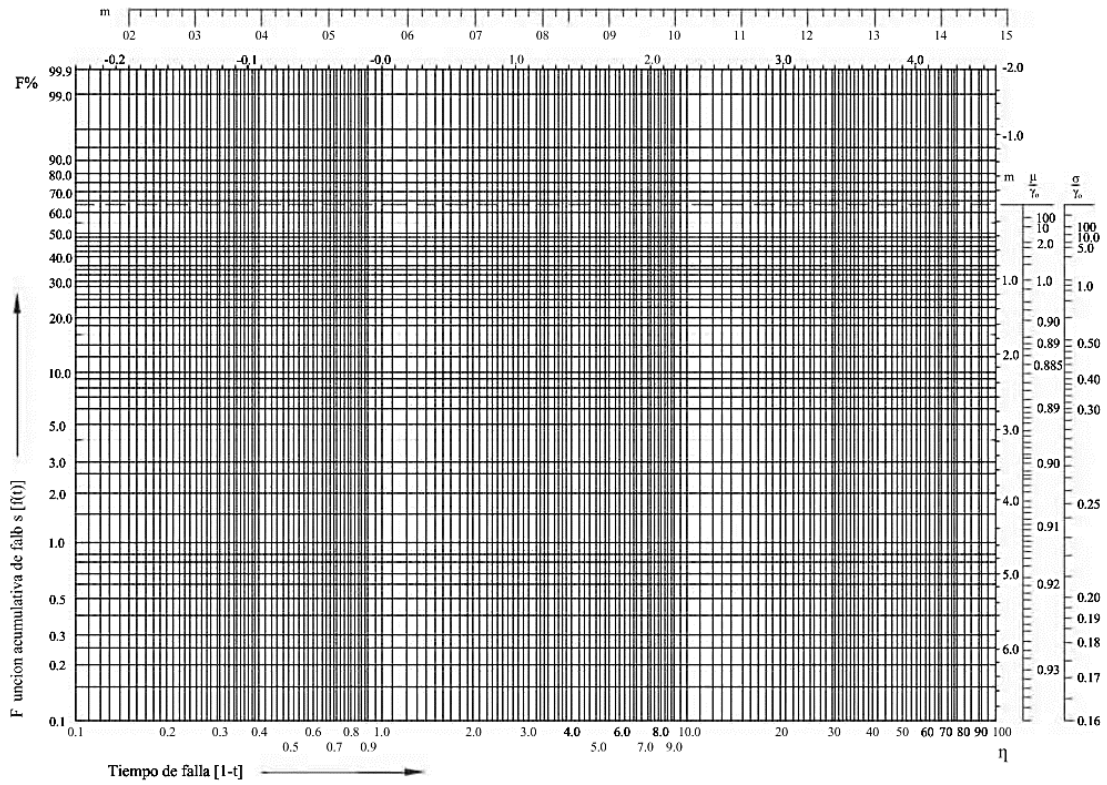


Figura 3: Muestra del papel de Weibull [19].

Una vez plasmado los puntos sobre el papel de Weibull, se determina los parámetros de escala o vida característica ( $\eta$ ) y el parámetro de forma ( $\beta$ ), para analizar mediante fórmulas la fiabilidad de las máquinas como lo indica la Figura 4 [19].

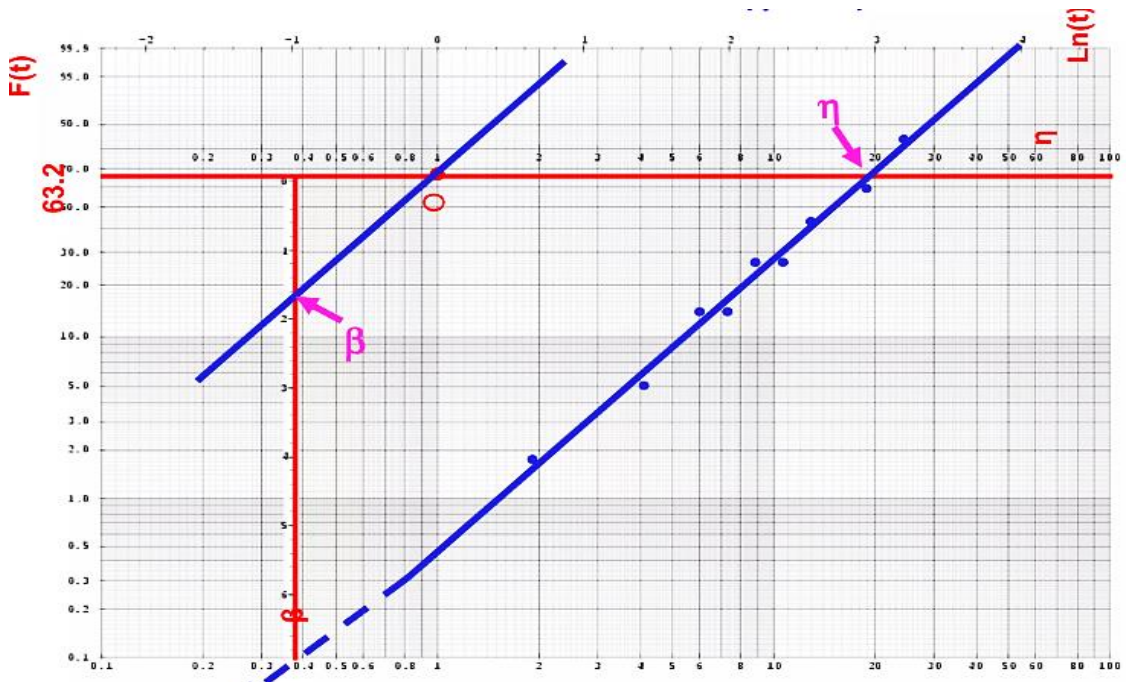


Figura 4: Lectura de parámetros  $\eta$  y  $\beta$  en el papel de Weibull [19].

### Cálculo del parámetro de forma ( $\beta$ )

Representa la pendiente de la recta, para calcularlo, se hace pasar una recta paralela a la recta obtenida con la representación gráfica de los datos de partida por el punto 1 de abscisas y 63,2 de ordenadas pudiendo leer directamente el valor de  $\beta$  en una escala tabulada de 0 a 7, ver figura 4 [19].

### Cálculo de escala o vida característica ( $\eta$ )

Su valor viene dado por la intersección de la recta trazada con la línea paralela al eje de abscisas correspondiente al 63.2% de fallos acumulados [19].

### Tiempo medio entre fallos (MTBF)

El tiempo medio entre fallos o vida media se calcula con la ayuda de la Figura 5, que nos da los valores de gamma y se utiliza la siguiente ecuación:

$$E(t) = MTBF = \eta \gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \text{Ec.10}$$

### Desviación estándar o varianza ( $\sigma$ )

Se calcula con la ayuda de la tabla fiabilidad y se utiliza la siguiente ecuación, con el parámetro de forma, el cálculo de la vida característica entre otros valores importantes para sus análisis descritos en la Ec. 11 demostrado en la Figura 5: [19].

$$\left(\frac{\sigma}{\eta}\right)^2 = \gamma \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left[\gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]^2 \quad \text{Ec.11}$$

$\beta$	$m/\tau_1 = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\tau_1$	$\beta$	$m/\tau_1 = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\tau_1$
0	$\infty$	$\infty$	2,0	0,8862	0,463
0,1	10!	$\sqrt{20! - (10!)^2}$	2,1	0,8857	0,44
0,2	120	1901	2,2	0,8856	0,42
0,3	9,2605	47	2,3	0,8859	0,41
0,4	3,3234	10,43	2,4	0,8865	0,39
0,5	2,0000	4,472	2,5	0,8873	0,38
0,6	1,5046	2,645	2,6	0,8882	0,37
0,7	1,2658	1,851	2,7	0,8893	0,36
0,8	1,1330	1,428	2,8	0,8905	0,34
0,9	1,0522	1,171	2,9	0,8917	0,33
1,0	1,0000	1,000	3,0	0,8928	0,32
1,1	0,9649	0,878	3,1	0,8943	0,315
1,2	0,9407	0,785	3,2	0,8957	0,31
1,3	0,9235	0,716	3,3	0,8970	0,30
1,4	0,9114	0,659	3,4	0,8984	0,29
1,5	0,9028	0,613	3,5	0,8998	0,28
1,6	0,8966	0,594	3,6	0,9011	0,27
1,7	0,8922	0,530	3,8	0,9038	0,26
1,8	0,8893	0,512	4,0	0,9064	0,25
1,9	0,8874	0,486			

Figura 5: Fiabilidad [19].



### 1.3.11. Gamas de mantenimiento

Las gamas de mantenimiento o plan de acción, permite agrupar las actividades de cada máquina o equipo existente en la empresa, detallando parámetros importantes como la frecuencia de acción, la duración y los materiales necesarios para cumplir con las tareas de mantenimiento [20].

Es importante establecer bien las actividades que se detallarán en las gamas de mantenimiento, así como el tiempo de duración para que no existan contratiempos y se ejecute de manera continua el plan de acción [20].

*Tabla 10: Ejemplo de la tabla para realizar las gamas de mantenimiento.*

GAMAS DE MANTENIMIENTO										
COMPONENTE	ACTIVIDADES	FRECUENCIA	MES 1				MES 2			
			1	2	3	4	1	2	3	4

Las frecuencias de acción que son de carácter preventivo se aplicarán a cada componente como se especifica en la Tabla 11, donde se detalla el significado de cada uno, las cuales son importantes identificar al momento de aplicar las actividades de mantenimiento.

*Tabla 11: Frecuencias de acción para las gamas de mantenimiento.*

<b>FRECUENCIA</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
1D	Diario
1S	Semanal
1M	Mensual
3M	Trimestral
6M	Semestral
1A	Anual

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. MATERIALES Y RECURSOS

##### 2.1.1. Recursos Humanos

- Estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica: Hubert Mihaly Altamirano Aguilar
- Gerente general de la empresa “MEGAINGGA S.A.”: Ing. Juan Pablo Garzón Chávez
- Tutor del proyecto investigativo: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

##### 2.1.2. Recursos Institucionales

- Instalaciones de la empresa Mega Ingeniería Garzón Megaingga S.A. en Latacunga, en el sector de Belizario Quevedo.
- Biblioteca virtual de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

##### 2.1.3. Recursos Materiales

Para la ejecución del proyecto técnico se utilizarán materiales los cuales brindarán la ayuda necesaria para la recolección de datos e inventario técnico, detallando lo siguiente:

*Tabla 12: Materiales empleados para el desarrollo del proyecto.*

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Computadora	Computador portátil Ryzen 7, para el desarrollo del proyecto

*Tabla 12: Continuación*

<b>ELEMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Manuales de usuario de máquinas y herramientas	Documentos necesarios para la identificación de los componentes y su respectivo funcionamiento.
Material de oficina	Elementos necesarios para la recolección de datos como hojas, esferográficos, impresora, calculadora, hojas, tablero.
Normas Técnicas de Prevención	NTP 679, NTP 331
Cámara Fotográfica	Dispositivo electrónico para tomar fotografías de las máquinas y herramientas
Internet	Elemento necesario para el desarrollo de la investigación y la búsqueda de elementos externos para la respectiva investigación del proyecto.

#### **2.1.4. Recursos Económicos**

En la siguiente tabla se detallan los recursos económicos empleados para el desarrollo del proyecto técnico, describiendo su valor, cantidad de cada elemento utilizado, añadido el costo total para su elaboración, sin embargo, la siguiente tabla puede estar sujeta a cambios durante su elaboración.

*Tabla 13: Recursos económicos para la ejecución del proyecto técnico.*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (dólares)</b>
Computadora	1	\$1.100
Adquisición de Notas Técnicas de prevención	1	\$175
Internet	1	\$120
Transporte	1	\$300
Alimentación	1	\$360
Herramientas de medición	1	\$165
Impresiones	1	\$120
Recolección de datos	1	\$100
Visitas in situ	1	\$155
Materiales de oficina	1	\$200
Imprevistos	1	\$100
<b>TOTAL</b>		<b>\$2895</b>


## **2.2. MÉTODOS**

Para la elaboración del proyecto técnico se desarrollará una investigación bibliográfica, para la utilización de los manuales de las máquinas emitidas por los fabricantes, siendo ente de información válida, confiable y efectiva para la ejecución del plan mantenimiento, con las Normas Técnicas de Prevención (NTP) 679 Y 331.

Para la identificación del estado actual de las máquinas, se procederá con una inspección visual y recolección de información, siendo un trabajo de campo debido a que es necesario realizar visitas técnicas a la planta de la empresa MEGAINGGA S.A. durante el tiempo de funcionamiento de las máquinas ubicada en la ciudad de Latacunga, una vez obtenidos dichos datos, se empleará métodos estadísticos, que nos

permitirán reconocer, elementos críticos que pueden producir fallas o averías de las máquinas; para la realización de tareas de mantenimiento que posteriormente ponderados según el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) de la NTP 679, permitiendo evaluar tasas de fallo, causas y efectos [16].

Para la recolección de datos se estableció un formato en una hoja de cálculo, con aprobación de la empresa MEGAINGGA S.A, para la publicación del proyecto incluye sellos con datos y especificaciones a llenar para la recolección de información, como se lo indica detallada más adelante en la Figura 6.

					
ÁREA DE MAQUINADO					
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		FECHA DE ELABORACIÓN:	
MÁQUINA:	EQUIPO:	HERRAMIENTA:		FECHA DE REVISIÓN:	
				FICHA TÉCNICA N°:	
				CARACTERÍSTICAS GENERALES	
				NOMBRE DEL EQUIPO:	
				CÓDIGO:	ORIGEN:
				MARCA:	TIPO:
				MODELO:	COLOR:
				ESTADO ACTUAL:	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			COMPONENTES		
POTENCIA:		PRESIÓN:			
VOLTAJE:		DIAMETRO DE LA HOMA:			
AMPERAJE:		VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO:			
FRECUENCIA:		PESO:			
DIMENSIONES		FUNCIÓN:			
LARGO:					
ANCHO:					
ALTO:					

*Figura 6: Formato de la ficha técnica*

Para poder determinar la fiabilidad de las máquinas en la nave industrial de Latacunga de la empresa MEGAINGGA S.A., se utilizará la NTP 331, nota técnica que nos explica la distribución de Weibull, siendo un método muy aplicado para la realización de programas de mantenimiento preventivo utilizando el papel de Weibull, siendo un procedimiento gráfico con iteraciones, permitiendo una resolución directa para la ejecución del proyecto, permitiendo identificar los fallos de las máquinas [19].

## **2.3.MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN**

A continuación, se detallan las diferentes modalidades de investigación que se aplicaron para el desarrollo del proyecto técnico:

### **2.3.1. Investigación explicativa**

La investigación explicativa se realiza en el presente desarrollo del proyecto debido a la necesidad de conocer y detallar las causas de fallo o avería, para poder elaborar como solución un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas de la empresa MEGAINGGA.S.A. [21].

### **2.3.2. Investigación descriptiva**

Esta derivación de la modalidad de investigación fue importante para la elaboración del proyecto técnico, describiendo el funcionamiento de las máquinas, sus parámetros, componentes y características técnicas, para conocer e identificar los modos de fallo y cuánto afectan el funcionamiento de las máquinas [21] [3] [22].

### **2.3.3. Investigación deductiva**

Se utilizó este tipo de investigación con la intención de obtener en el presente proyecto técnico, datos e información relevante que influye en el estudio al momento de obtener resultados que validen la información previamente analizada [21] [22].

### **2.3.4. Investigación de campo**

Es importante que, para el desarrollo del proyecto de investigación, se realice un reconocimiento de las instalaciones de la empresa MEGAINGGA S.A. ubicada en la ciudad de Latacunga, para poder identificar las máquinas y sus componentes críticos que necesitan ser analizados mediante observación directa durante su funcionamiento para el registro de datos e información necesaria para su ejecución.

### **2.3.5. Investigación bibliográfica – documental**

La búsqueda de información para la ejecución del proyecto será primordial para la elaboración del plan de mantenimiento, a través de diferentes fuentes de información

bibliográficas como artículos científicos, libros, revistas, sitios web, notas técnicas de prevención, monografías, proyectos de investigación, información relevante que sea verídica para el análisis de parámetros y detección de índices de riesgo.

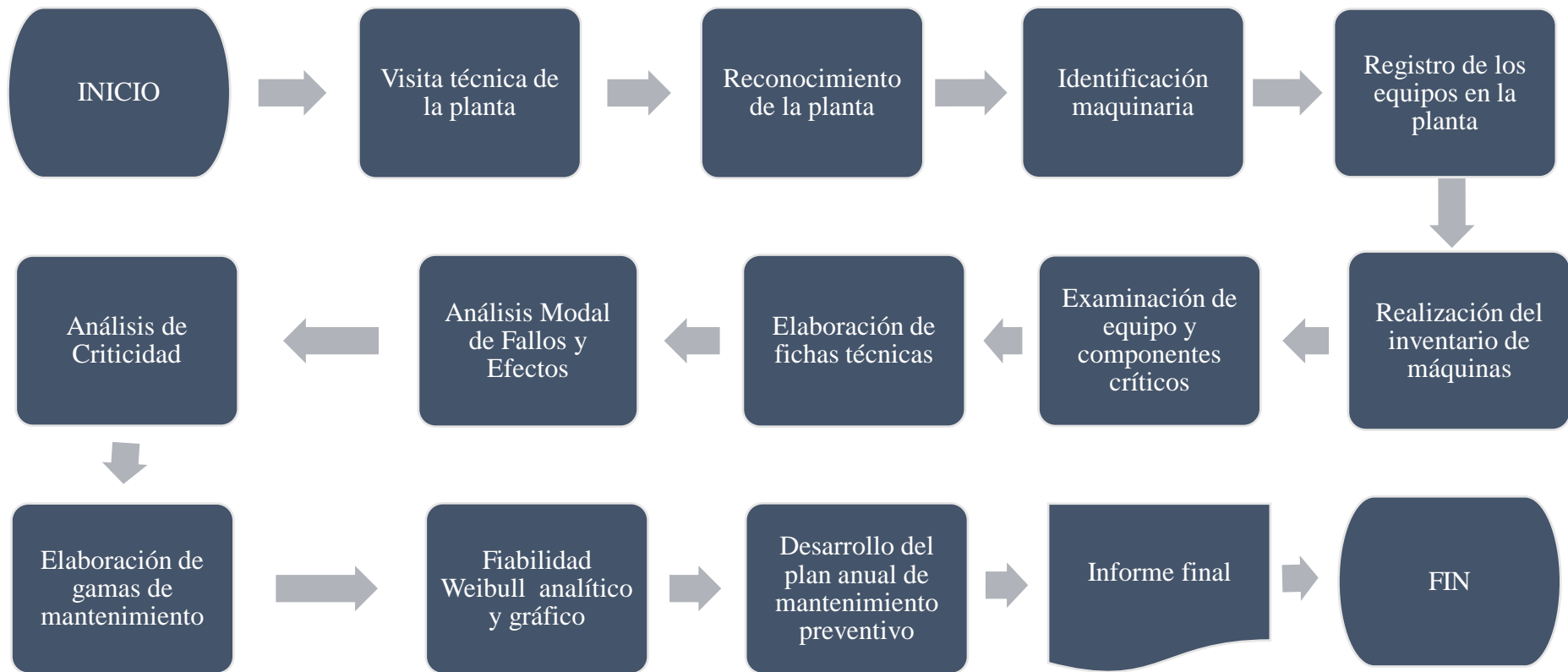
#### **2.3.6. Recolección de información**

Partiendo del reconocimiento de las instalaciones de la empresa, indicando anteriormente en investigación de campo, se procederá a identificar las máquinas, sus elementos para la elaboración de registros y fichas técnicas para recopilar datos de las máquinas, documentando las posibles causas de fallos y averías, además de la prestación de los manuales de los proveedores como una guía para analizar las distintas actividades de mantenimiento, sin embargo; en caso de no contar con el manual, se procederá a identificar los equipos de manera visual.

#### **2.3.7. Flujograma del proyecto**

El desarrollo del proyecto de titulación se desarrollará en base al diagrama de procesos, detallado a continuación con la finalidad de explicar y asegurar la comprensión de todas las etapas consideradas en la siguiente Figura 7:





**Figura 7:** Flujograma del proyecto. Autor

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

##### 3.1.1. Descripción de la empresa

La empresa Mega Ingeniería Garzón Megaingga S.A. fundada por el Ing. Juan Pablo Garzón Chávez, gerente general, fundada el 24 de abril del 2017, ubicada en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, la idea para la creación de la empresa nació en el garaje del domicilio del Ing. Juan Pablo fue prestar servicios de ingeniería exclusivamente para clínicas y hospitales, en proyectos civiles, mecánicos, eléctricos y electrónicos, comenzando con la adquisición de una terreno y posterior construcción de una planta de producción para la fabricación de estructuras metálicas, construcción de puertas plomadas y equipamiento quirúrgico, como lo son salas UCI, rayos X, etc [5].

Debido al crecimiento continuo de Megaingga S.A., obtuvieron la certificación ISO 9001: 2015 especializados en infraestructura hospitalaria, la proyección planteada para el próximo lustro ampliar la producción con nuevos procesos de fabricación para camas bajas, equipamiento para equipos pesados de minería [5].

##### 3.1.1.1. Misión de MEGAINGGA S.A.

Ofrecer soluciones en proyectos y mantenimiento en las áreas de ingeniería mecánica, civil, eléctrica y electrónica con estándares de calidad, para facilidad de los procesos industriales y de construcción, en constante mejora continua, para el desarrollo económico de nuestros clientes y la sociedad [23].

##### 3.1.1.2. Visión de MEGAINGGA S.A.

Consolidarnos como una empresa líder en brindar servicios en soluciones de ingeniería, obteniendo un posicionamiento a nivel nacional con elevados estándares de calidad en recursos humanos, técnicos y tecnológicos, superando las expectativas de nuestros clientes mediante una labor eficaz y mejora continua [23].

### 3.1.1.3. Valores

- Ética.
- Imagen.
- Respeto.
- Innovación.
- Compromiso.
- Responsabilidad social.
- Excelencia operacional.
- Seguridad y medio ambiente [23].

La tabla 14 nos indica en donde se encuentra ubicada la empresa Megaingga S.A., para futuras visitas.

*Tabla 14: Ubicación de la empresa.*

<b>UBICACIÓN DE LA EMPRESA</b>	
<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Ciudad</b>	Latacunga
<b>Parroquia</b>	Belisario Quevedo
<b>Dirección</b>	Panamericana Sur, entrada a la parroquia de Belisario Quevedo a mano izquierda, junto al Portón de la Ria

La información de representante legal, razón social, actividad económica y RUC entre otros se lo detalla en la Tabla 15 a continuación:

*Tabla 15: Información empresarial.*

<b>INFORMACIÓN EMPRESARIAL DE MEGAINGGA S.A.</b>	
<b>Representante Legal</b>	Juan Pablo Garzón Chávez
<b>Razón Social</b>	Mega Ingeniería Garzón Megaingga S.A.
<b>RUC</b>	0591739824001
<b>Actividad Económica</b>	Construcción de obras de ingeniería civil relacionadas con: Tuberías urbanas, construcción de conductos principales y acometidas de redes de distribución de agua, sistemas de riego (canales), estaciones de bombeo, depósitos.
<b>Página web</b>	<a href="http://megaingga.com/">http://megaingga.com/</a>
<b>Teléfonos</b>	(+593)998314070 / (+593)32663409




*Figura 8: Fachada de la empresa. [23]*

### 3.1.2. Inventario de la Máquina

Es un listado detallado de cada una de las máquinas que componen el área de la producción, con el fin de controlar la cantidad de maquinaria existente en la planta, clasificando cada elemento con códigos, nombres de las máquinas, su abreviatura, tipo, marca serie y su cantidad, en la siguiente tabla 16:

*Tabla 16: Inventario de máquinas.*

							
INVENTARIO DE LA MAQUINARIA							
ÁREA DE MAQUINADO							
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO							
Nº	CÓDIGO	MÁQUINAS	ABREVIATURA	TIPO	MARCA	SERIE	CANT.
1	INGA-CTH-02-001	Cortadora de hormigón	CTH	Gasolina	INGCO	1802919008	1
2	INGA-CMP-02-002	Compactadora/ Apisonador	CMP	Gasolina	INGCO	GRT75-2	1
3	INGA-RMH-02-004	Remachador de Mangueras hidráulicas	RMH	Eléctrico	KERMAN	VRD-505	1
4	INGA-ROS-02-007	Roscadora de tubos	ROS	Eléctrico	ELECTRIC THREADING	S0100E	1
5	INGA-TLP-02-008	Taladro de banco	TLP	Eléctrico	YUEJIAN	ZX-30	2
6	INGA-COM-02-010	Compresor	COM	Eléctrico	MZB	V-017/8	2
7	INGA-SLM-02-011	Soldadora MIG/MAG/ MMA	SLM	Eléctrica	ESII	Empower 315	2
8	INGA-BAG-02-012	Bomba de Agua	BAG	Gasolina	INGCO	GWP202 7HP	1
9	INGA-BAR-02-016	Roladora/ Baroladora	BAR	Eléctrica	UCIMU	927	1
10	INGA-PRE-02-017	Prensa Plegadora	PRE	Neumática	IMAL	P101220/40	1
11	INGA-CZL-02-018	Cizalla	CZL	Hidráulica	SCHIAVI	BRG3100-A10	1
12	INGA-SIE-02-020	Sierra Circular de mesa	SIE	Eléctrico	STANLEY	STST1825-B3	1
<b>TOTAL, MÁQUINAS</b>							<b>15</b>

### 3.1.2.1.Aspectos previos para la ejecución del plan de mantenimiento

Sin embargo, para el estudio y análisis del mantenimiento preventivo se procedió a utilizar la fórmula de la población finita para realizar el estudio del número de máquinas que vamos a estudiar, utilizando la siguiente fórmula y los siguientes parámetros:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \text{Ec.12}$$

- **N:** Total de la población.
- **Z<sub>α</sub>:** 1.96 elevado al cuadrado (seguridad del 95%).
- **p:** proporción esperada (en este caso 5%= 0.05).
- **q:** 1 – p.
- **d:** precisión (10%) [24].

Para analizar el número de máquinas a ejecutar el plan de mantenimiento preventivo, procedió a contar el número de máquinas sin delimitar las repetidas, conformadas por un total de 15 máquinas sin embargo el número de máquinas de diferentes tipos y funciones se optó a delimitar solo por 12 tipos de máquinas, tomando en cuenta que el número antes mencionado forma parte para el análisis del total de población finita de la siguiente manera:

Donde:

$$N = 12$$

$$Z_{\alpha} = 1.96 \text{ elevado al cuadrado (seguridad del 95\%)}$$

$$p = \text{proporción esperada (en este caso 5\% = 0.05)}$$

$$q = 1 - p$$

$$d = 10\%$$

$$n = \frac{12 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.1^2 * (12 - 1) + 1.96^2 * 0.95 * 0.05}$$

$$n = 7.48680917$$

Considerando como resultado y máquinas ejecutar el plan de mantenimiento preventivo a partir de la fórmula de población finita  $n=7.48680917$ , considerando valores enteros redondeamos a valor a 8 siendo las máquinas para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo.

Además, la empresa MEGAINGGA S.A, por efectos de confidencialidad y ser un documento público el trabajo de titulación para evitar la reproducción o plagio, no se procedió a realizar la publicación de los planos de las máquinas.

### 3.1.3. Fichas Técnicas

Las fichas técnicas detallan las características generales, técnicas, parámetros y especificaciones, de las máquinas y herramientas existentes en la empresa, permitiendo conocer la información necesaria para su correcto mantenimiento, manipulación de las máquinas y componentes críticos, información recolectada de manuales de usuario, catálogos, tablas técnicas y placas de identificación, como se indica en la Figura 9:


					
ÁREA DE MAQUINADO					
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		FECHA DE ELABORACIÓN:	
MÁQUINA:	EQUIPO:	HERRAMIENTA:		FECHA DE REVISIÓN:	
				FICHA TÉCNICA N°:	
			CARACTERÍSTICAS GENERALES		
			NOMBRE DEL EQUIPO:		
			CÓDIGO:	ORIGEN:	
			MARCA:	TIPO:	
			MODELO:	COLOR:	
			ESTADO ACTUAL:		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			COMPONENTES		
POTENCIA:		PRESIÓN:			
VOLTAJE:		DIAMETRO DE LA HOMA:			
AMPERAJE:		VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO:			
FRECUENCIA:		PESO:			
DIMENSIONES		FUNCIÓN:			
LARGO:					
ANCHO:					
ALTO:					

Figura 9: Formato de la ficha técnica.

Tabla 17: Ficha Técnica de la roscadora de tubos.

											
ÁREA DE MAQUINADO											
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO											
<b>ELABORADO POR:</b>	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	15/8/2022				
						<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>	1/11/2022				
<b>MÁQUINA</b>	x	<b>EQUIPO:</b>		<b>HERRAMIENTA:</b>		<b>FICHA TÉCNICA N°:</b>	1				
					<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>						
					<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	ROSCADORA DE TUBOS / ENHEBRADOR DE TUBOS					
					<b>CÓDIGO:</b>	INGA-ROS-02-007	<b>AÑO DE ADQUISICIÓN:</b>	2016			
					<b>MARCA:</b>	KLUTCH	<b>TIPO:</b>	Eléctrico			
							<b>MODELO:</b>	SQ100E			
					<b>ORIGEN:</b>	China		<b>COLOR:</b>	Gris/Negro		
					<b>ESTADO ACTUAL:</b>	Funcionando					
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>					<b>COMPONENTES</b>						
<b>FRECUENCIA:</b>	60	Hz	<b>VELOCIDAD:</b>	11/26	rpm	Mandril trasero y delantero	Escariador	Trineo o carro			
<b>POTENCIA:</b>	750	W									
<b>VOLTAJE:</b>	115	V									
<b>CAPACIDAD:</b>	1/2 - 4	plg	<b>PESO:</b>	150	Kg	Carcasa	Mango del trineo o carro	Husillo			
<b>DIMENSIONES TOTALES</b>			<b>FUNCIÓN:</b>	Obtener roscas en ejes de acero de 1/2" a 4"							
<b>LARGO:</b>	900	mm									
<b>ANCHO:</b>	550	mm									
<b>ALTO:</b>	450	Mm									



Tabla 18: Ficha técnica de taladro fresado de banco.


										
ÁREA DE MAQUINADO										
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO										
<b>ELABORADO POR:</b>	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	15/8/2022			
						<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>	2/11/2022			
<b>MÁQUINA:</b>	x	<b>EQUIPO:</b>		<b>HERRAMIENTA:</b>		<b>FICHA TÉCNICA N°:</b>	2			
					<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>					
					<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	TALADRO FRESADOR DE BANCO				
					<b>CÓDIGO:</b>	INGA-TLP-02-008	<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	2018		
					<b>MARCA:</b>	YUEJIAN	<b>ORIGEN:</b>	China		
					<b>MODELO:</b>	ZX-30	<b>SERIAL:</b>	1505015		
					<b>COLOR:</b>	Verde/Negro	<b>TIPO:</b>	Eléctrico		
					<b>ESTADO ACTUAL:</b>	Funcionando				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS										
<b>POTENCIA:</b>	2	HP	<b>PESO BRUTO:</b>	340	Kg	<b>LONGITUDINALES VIAJES MESA</b>	175	mm		
<b>VOLTAJE:</b>	110-220	V	<b>PESO NETO:</b>	270	Kg	<b>MÁX. CAPACIDAD DE PERFORACIÓN:</b>	32	mm		
<b>FRECUENCIA:</b>	60-50	Hz	<b>SWING:</b>	405	mm					
<b>VELOCIDAD:</b>	1720	rpm	<b>HUSILLO BARRIL DIA:</b>	75	mm	<b>DIÁMETRO MÁX. FRESA FACIAL:</b>	76	cm		
<b>ZONA DE MESA:</b>	730x210	mm								
<b>TRANSVERSAL VIAJES MESA:</b>	500	mm	<b>ÁNGULO ROTACIÓN CABEZAL:</b>	360	Grados	<b>D. MÁX. FRESA FINAL</b>	20	cm		
DIMENSIONES TOTALES				COMPONENTES						
<b>LARGO:</b>	1095	mm	Manga o Llave inglesa	Cortador de fresa facial con mango	Eje cónico de taladro	Llave interna de taladro de 4 esquinas	Bloque de inclinación	Taladro		
<b>ANCHO:</b>	1010	mm								
<b>ALTO:</b>	1100	mm								
<b>FUNCIÓN:</b>						Hacer agujeros y cortes sucesivos, de manera vertical.				

Tabla 19: Ficha técnica del compresor.

								
ÁREA DE MAQUINADO								
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO								
<b>ELABORADO POR:</b>	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>		15/8/2022
						<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>		1/11/2022
<b>MÁQUINA:</b>	x	<b>EQUIPO:</b>		<b>HERRAMIENTA:</b>		<b>FICHA TÉCNICA N°:</b>		3
				<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>				
				<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	COMPRESOR			
				<b>CÓDIGO:</b>	INGA-COM-02-010	<b>AÑO DE ADQUISICIÓN:</b>	2017	
				<b>MARCA:</b>	MZB	<b>ALIMENTACIÓN:</b>	AC	
				<b>MODELO:</b>	V-0,17/8	<b>ORIGEN:</b>	China	
				<b>COLOR:</b>	Azul	<b>TIPO:</b>	Eléctrico	
				<b>ESTADO ACTUAL:</b>		Funcionando		
				<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>				<b>COMPONENTES</b>
<b>POTENCIA:</b>	2(1,5)	hp(kw)	<b>CAPACIDAD:</b>	56	Ltr	Bomba de aire		Filtro de aire
<b>VELOCIDAD:</b>	1050	rpm	<b>FRECUENCIA:</b>	60	Hz	Tanque de presión		Purgador
<b>PRESIÓN:</b>	8	bar	<b>DIMENSIONES</b>			Motor eléctrico		Cabezal
<b>ENTREGA DE AIRE:</b>	200	L/min	<b>LARGO:</b>	50	cm	Presostato		Manómetro
<b>PESO:</b>	50	Kg	<b>ANCHO:</b>	40	cm	<b>FUNCIÓN:</b>	Aumentar la presión de un fluido (Aire)	
<b>VOLTAJE:</b>	220	V	<b>ALTO:</b>	70	cm			

Tabla 20: Ficha técnica de la soldadora MIG/MAG/MMA.

													
ÁREA DE MAQUINADO													
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO													
<b>ELABORADO POR:</b>	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>		15/8/2022					
						<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>		1/11/2022					
<b>MÁQUINA:</b>	x	<b>EQUIPO:</b>		<b>HERRAMIENTA:</b>		<b>FICHA TÉCNICA N°:</b>		4					
					<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>								
					<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	SOLDADORA MIG/MAG/MMA							
					<b>CÓDIGO:</b>	INGA-SLM-02-011	<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	2017					
					<b>MARCA:</b>	ESII	<b>MODELO:</b>	Empower 315					
					<b>COLOR:</b>	Blanco/Negro	<b>TIPO</b>	Eléctrico					
					<b>ESTADO ACTUAL:</b>			Funcionando					
					<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>					<b>COMPONENTES</b>			
<b>VOLTAJE DE ENTRADA:</b>	220	V	<b>CICLO DE TRABAJO:</b>	60%	315	Porta electrodo	Regulador de CO2	Antorcha MIG					
				100%	270								
<b>RANGO DE CORRIENTE:</b>	20-315	A	<b>TEMPERATURA DE TRABAJO:</b>	40	Grados	Mascara Protectora	Tablero de control	Cable de alimentación					
<b>FUNCIONES</b>			<b>FRECUENCIA:</b>	50-60	Hz (±10%)	Equipo bifásico	Rodillos	Carcasa					
<b>FUNCIÓN:</b>	MIG	MMA	<b>FUNCIÓN:</b>	Soldar electrodos de alambre.									
<b>LIM. SOLDADURA:</b>	1,6 mm	5 mm											

Tabla 21: Ficha técnica de la Roladora.

												
ÁREA DE MAQUINADO												
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO												
<b>ELABORADO POR:</b>	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	15/8/2022					
						<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>	1/11/2022					
<b>MÁQUINA</b>	x	<b>EQUIPO</b>		<b>HERRAMIENTA:</b>		<b>FICHA TÉCNICA N°:</b>	5					
						CARACTERÍSTICAS GENERALES						
						<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	ROLADORA / BAROLADORA					
						<b>CÓDIGO:</b>	INGA-BAR-02-016	<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>	1973			
						<b>MARCA:</b>	UCIMU	<b>ORIGEN:</b>	Italia			
						<b>MODELO:</b>	M 927	<b>TIPO:</b>	M			
						<b>COLOR:</b>	Verde	<b>ESTADO ACTUAL:</b>	Funcionando			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					COMPONENTES							
<b>POTENCIA:</b>			<b>LUBRICACIÓN:</b>			Rodillo superior y rodillos inferiores						
<b>MOTOR 1:</b>	3	HP	<b>LUBRICANTE:</b>			CHEVRON						
<b>MOTOR 2:</b>	2	HP	<b>ENGRANAJES REDUCTORES:</b>			Compuesto de engranajes 80						
<b>MÁXIMOS:</b>						Palanca de torque						
<b>ESPESOR:</b>	6	mm	<b>LUBRICACIÓN DE ACEITE:</b>			GP Aceite 14						
<b>LONGITUD:</b>	2050	mm	<b>GRASA LUBRICANTE:</b>			DURA-LIHT GREASE 2						
						<b>FUNCIÓN:</b>						
						Transformar una chapa en una estructura curva						

Tabla 22: Ficha técnica de la prensa plegadora.

										
ÁREA DE MAQUINADO										
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO										
<b>ELABORADO POR:</b>	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	15/8/2022			
						<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>	1/11/2022			
<b>MÁQUINA</b>	x	<b>EQUIPO</b>		<b>HERRAMIENTA:</b>		<b>FICHA TÉCNICA N°:</b>	6			
					CARACTERÍSTICAS GENERALES					
					<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	PRENSA PLEGADORA				
					<b>CÓDIGO:</b>	INGA-PRE-02-017	<b>AÑO DE ADQUISICIÓN:</b>	2020		
					<b>MARCA:</b>	IMAL	<b>ORIGEN:</b>	Italia		
					<b>MODELO:</b>	P10120/40	<b>COLOR:</b>	Blanco / Naranja		
					<b>TIPO:</b>	Eléctrico				
					<b>ESTADO ACTUAL:</b>			Funcionando		
					CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					COMPONENTES
<b>POTENCIA:</b>	15	kW	<b>PRESIÓN MÁXIMA:</b>	120	Ton	Carcaza	Bomba de aceite	Punzones		
<b>VOLTAJE:</b>	380	V	<b>EXCAVACIÓN:</b>	65	mm					
<b>ESPESOR:</b>	6	mm	<b>PESO:</b>	10500	Kg	Tablero de control	Motor eléctrico	Matriz		
<b>LONGITUD ÚTIL DE DOBLADO:</b>	4050	mm	<b>DISTANCIA ENTRE ALOJAMIENTOS:</b>	3000	mm	Depósito de aceite	Filtro hidráulico	Pistones		
<b>VELOCIDAD:</b>			<b>FUERZA POR DOBLADO:</b>	42	Kg/mm2	<b>FUNCIÓN:</b>				
<b>APROX:</b>	60	mm/plg	<b>DIMENSIONES:</b>	<b>L:(mm)</b>	4200	Moldear, curvar hojas, placas o piezas metálicas				
<b>TRABAJO:</b>	10	mm/plg		<b>A:(mm)</b>	2500					
<b>RETORNO:</b>	70	mm/plg		<b>H:(mm)</b>	2700					

Tabla 23: Ficha técnica de la cizalla hidráulica.





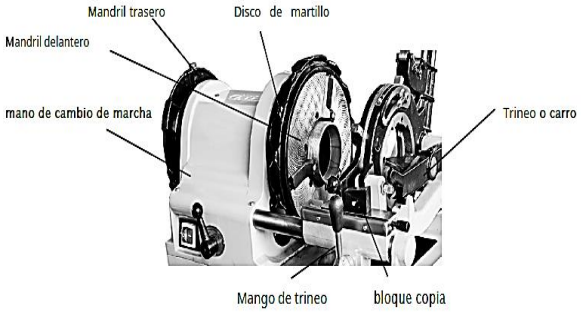
								
ÁREA DE MAQUINADO								
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO								
<b>ELABORADO POR:</b>	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	15/8/2022	
						<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>	1/11/2022	
<b>MÁQUINA</b>	x	<b>EQUIPO:</b>		<b>HERRAMIENTA:</b>		<b>FICHA TÉCNICA N°:</b>	7	
	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>							
	<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>	CIZALLA HIDRÁULICA						
	<b>CÓDIGO:</b>	INGA-CZL-02-018	<b>AÑO DE ADQUISICIÓN:</b>	2021				
	<b>MARCA:</b>	SCHIAVI	<b>ORIGEN:</b>	Italia				
	<b>MODELO:</b>	BRG 3100 - A10	<b>COLOR:</b>	Verde/Blanco				
	<b>SISTEMA:</b>	Hidráulico	<b>ALIMENTACIÓN:</b>	Eléctrico				
	<b>ESTADO ACTUAL:</b>	Funcionando						
	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>				<b>COMPONENTES</b>			
<b>LONGITUD DE CORTE:</b>	3100	mm	<b>CAPACIDAD SUPLEMENTARIA DE CORTE:</b>	15X1200	mm	Cuchillas	Pisadores hidráulicos	
<b>ESPESOR:</b>	10	mm				Bancada	Bomba hidráulica	
<b>CADENCIA:</b>	28/61	cortes/min	<b>NÚMERO DE PISADORES:</b>	16	Pisadores	Interruptores	Mesa de trabajo	
<b>VARIACIÓN ÁNGULO DE CORTE:</b>	0,25-1,5	Grados	<b>CUELLO CISNE</b>	500	mm	Cilindro hidráulico	Bastidor	
<b>PROFUNDIDAD DE CORTE:</b>	1000	mm	<b>FUNCIÓN</b>			<b>LARGO:</b>	3550	mm
			Cortar metal con gran precisión y velocidad.			<b>ANCHO:</b>	2180	mm
<b>PESO:</b>	9,46	Kg						

Tabla 24: Ficha técnica de la sierra circular de mesa.

									
ÁREA DE MAQUINADO									
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO									
ELABORADO POR:	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		REVISADO POR:	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		FECHA DE ELABORACIÓN:	15/8/2022		
						FECHA DE REVISIÓN:	1/11/2022		
MÁQUINA	X	EQUIPO		HERRAMIENTA:		FICHA TÉCNICA N°:	8		
					CARACTERÍSTICAS GENERALES				
					NOMBRE DEL EQUIPO:	SIERRA CIRCULAR DE MESA			
					CÓDIGO:	INGA-SIE-02-020	ORIGEN:	EEUU	
					MARCA:	STANLEY	TIPO:	ELÉCTRICO	
					MODELO:	STST1825-B3	COLOR:	Amarillo/Negro	
					ESTADO ACTUAL:	Funcionando			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					COMPONENTES				
POTENCIA:	1,8	Kw	VELOCIDAD:	4800	rpm	Interruptor de Apagado/ Encendido	Trinquetes anti- contra golpe	Manija de elevación de la hoja	
VOLTAJE:	120	V	DIÁMETRO DE LA HOJA:	254	mm				
AMPERAJE:	15	A	PROFUNDIDAD DE CORTE A 90°:	76	mm	Guarda de la hoja	Guía de ingleses	Rueda de inclinación de la hoja	
FRECUENCIA:	60	Hz	PESO:	30,55	kg	Divisor	Tope paralelo	Hoja de la sierra	
DIMENSIONES DEL BANCO			FUNCIÓN:	Permite el corte de tubería según las necesidades de construcción					
LARGO:	610	mm							
ALTO:	508	mm							

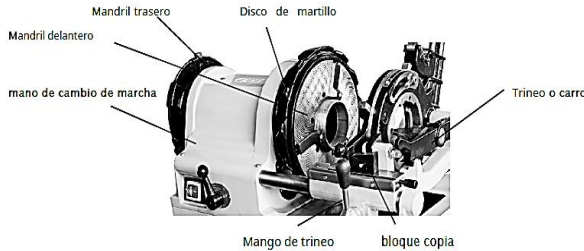

### 3.1.4. Dossier de mantenimiento

Tabla 25: Dossier roscadora de tubos.

		
ÁREA DE MAQUINADO		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°		1
<b>DENOMINACIÓN:</b>	Roscadora de tubos	<b>Fotografía:</b> 
<b>CÓDIGO:</b>	INGA-ROS-02-007	
<b>Características Generales</b>		
<b>Marca:</b>	Electric Threading Machine	
<b>Modelo:</b>	SQ100E	
<b>Tipo:</b>	Eléctrico	
<b>Año de adquisición:</b>	2016	
<b>Origen:</b>	China	
<b>Color</b>	Gris/Negro	
<b>Estado actual:</b>	Funcionando	
<b>Dimensiones:</b>	900x550x450	
Componentes de la máquina		
Cabezal de troquel de apertura automática 1/2" a 4".		
Motor eléctrico, tipo inducción de 750 W.		
Velocidad de rotación de salida máxima 26/11 vueltas/minutos.		
Desplazamiento del trineo o carro de 180 mm.		
Ruido menor a 85 dB.		
Tablero de control		
	1	Switch ON / OFF
	2	Palanca de cambio de velocidad



**Tabla 25: Continuación.**

<b>Función de la máquina</b>
Es una máquina eléctrica accionada por un motor, que centra y sujeta en el portaherramientas o mandril un tubo, conducto o varilla (de pernos o tornillos), haciéndolo girar mientras lo corta, lo escarifica o lo rosca.
<b>Condiciones de servicio</b>
Verificar que la roscadora de tubos no entre en contacto con una fuente eléctrica. La herramienta no está aislada y el contacto provocará una descarga eléctrica.
Compruebe si hay suficiente aceite de corte en el depósito. Asegúrese de que el nivel de aceite en el tanque cubra el filtro de aceite
La máquina dispone de una conexión de cable de 3 clavijas la cual debe estar conectado a un tomacorriente conectado a tierra.
Verificar cuidadosamente que la herramienta funcione correctamente, si existen piezas dañadas reemplace.
Operar la herramienta donde no exista presencia de líquidos, gases o polvos inflamables ya que produce chispas al estar en funcionamiento.
<b>Instructivo del uso de la máquina</b>
<b>Roscado de tubo</b>
1. Gire los mandriles delantero y trasero en el sentido de las agujas del reloj. Luego afloje las tres garras e instale el tubo por detrás del mandril trasero, pasándolo a través del mandril delantero y pasándolo unas 4 pulgadas (100 mm).
2. Sujutando el tubo, gire los mandriles delantero y trasero en sentido contrario a las agujas del reloj para asegurar el tubo y luego apriete moderadamente el disco del martillo, girando en sentido contrario a las agujas del reloj.
3. Después de que el cabezal de terrajas esté asegurado en su posición, mueva la palanca de cambios a Lenta para tuberías de 2-1/2" a 4" o a Rápida para tuberías más pequeñas, luego presione el botón de inicio.
 
4. La tubería debe girar en sentido antihorario. Luego gire la manija del trineo para mover el cabezal del dado a la tubería.
5. Aplique fuerza en el mango del trineo hasta que se corten 3 o 4 hilos en el tubo.
6. Deje de aplicar fuerza. La máquina comenzará a enhebrar automáticamente hasta que el rodillo del cabezal del troquel pase el bloque de copia y caiga.
7. Apague el enhebrador, seguido afloje los mandriles delantero y trasero, girándolos en el sentido de las agujas del reloj, y retire el tubo del mandril trasero.

*Tabla 25: Continuación.*

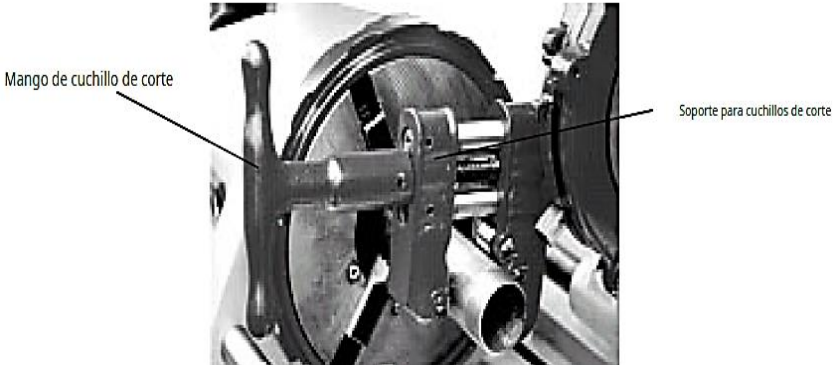


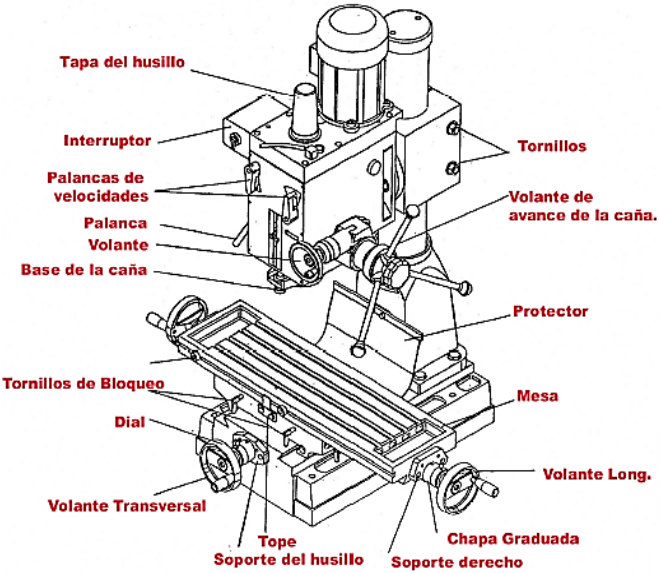
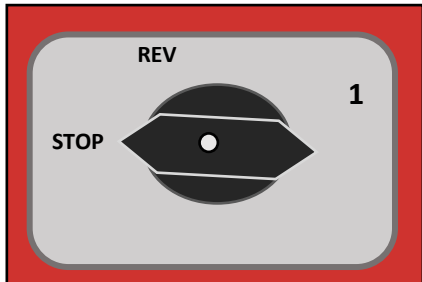
<b>Corte de tubo</b>
1. Gire los mandriles delantero y trasero en el sentido de las agujas del reloj. Luego afloje las tres garras e instale el tubo por detrás del mandril trasero, pasándolo a través del mandril delantero y pasándolo unas 4 pulgadas (100 mm).
2. Sujetando el tubo, gira los mandriles delantero y trasero en sentido contrario a las agujas del reloj para asegurar el tubo y luego apriete moderadamente el disco del martillo, girando en sentido contrario a las agujas del reloj.
3. Gire el cabezal de terrajas y la rejilla de biselado (escariador) hacia arriba y luego gire la rejilla de cuchillas hacia adentro.
4. Empuje hacia abajo la rejilla de la cuchilla de corte y gire la manija para abrir la cremallera hasta que el rodillo de la cuchilla de corte y la rueda de corte se coloquen a ambos lados del tubo
5. Gire el mango del trineo para mover la cuchilla de corte a su posición
 <p>Mango de cuchillo de corte</p> <p>Soporte para cuchillos de corte</p>
6. Gire el mango de la cuchilla de corte para mover la cuchilla de corte hacia la tubería.
7. Mueva la palanca de cambios a Rápido y encienda la roscadora para comenzar a cortar la tubería.
8. Por cada vuelta del tubo, gire el mango de la cuchilla de corte aproximadamente 1/10 de vuelta.
9. Cuando haya terminado de cortar, afloje la cuchilla de corte y tire de la rejilla hacia arriba, luego apague el enhebrador.
10. Afloje los mandriles delantero y trasero, girándose en el sentido de las agujas del reloj, y retire el tubo del mandril trasero.


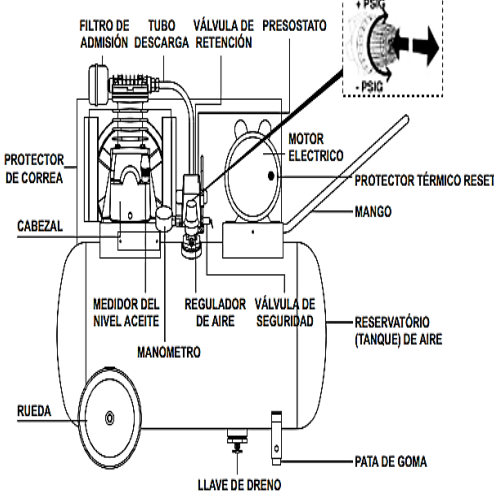
Tabla 26: Dossier del taladro fresador de banco.

		
ÁREA DE MAQUINADO		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°:		
<b>2</b>		
<b>DENOMINACIÓN:</b>	Taladro fresador de banco	
<b>CÓDIGO:</b>	INGA-TLP-02-008	
<b>Características Generales:</b>		
<b>Marca:</b>	YUEJIAN	
<b>Modelo:</b>	ZX-30	
<b>Tipo:</b>	Eléctrico	
<b>Año de adquisición:</b>	2018	
<b>Origen:</b>	China	
<b>Color</b>	Verde / Negro	
<b>Estado actual:</b>	Funcionando	
<b>Dimensiones:</b>	1095x1100x1010mm	
<b>Fotografía:</b>		
		
<b>Componentes de la máquina</b>		
Cabezal o cuerpo del taladro		
Mecanismo de velocidades		
Motor de 2 HP		
Meza de trabajo desplazable		
Mandril porta broca		
Volante longitudinal		
Volante transversal		
Palanca de velocidades		
Conmutador STOP/REV		
<b>Tablero de control</b>		
		
1		Conmutador de parada y accionador de la máquina
<b>Función de la máquina</b>		
<p>Las máquinas fresadoras se utilizan para taladrar, fresar o roscar con precisión una pieza de trabajo. Sus husillos están diseñados para manejar cargas de corte lateral y cuentan con mesas de fresado rígidas con movimiento XY. Las máquinas perforadoras de molinos son livianas y se usan cuando el espacio es una preocupación.</p>		

**Tabla 26:** Continuación.

<b>Condiciones de servicio</b>
Opera a 2 HP con una tensión de 110 a 220 v, se recomienda que para taladrar metales muy gruesos trabajar a 220 v para aumentar el tiempo y potencia de trabajo.
Inspeccionar el nivel de lubricante con la finalidad de que opere correctamente.
Cuando sea necesario, utilice una mordaza para asegurar la pieza y evitar la rotación de la misma cuando es taladrada o fresada.
Considerar siempre la capacidad máxima de perforación de 32 mm al realizar el proceso.
<b>Instructivo del uso de la máquina</b>
1. Selección de la broca a utilizar según el tipo de trabajo a realizar.
2. Sujetar la broca en el mandril.
3. Ubicar la pieza en la mesa del taladro y ajustarlo con la ayuda de mordazas
4. Encender el taladro.
5. Realizar el proceso de perforado del material según las necesidades.
6. Apagar la máquina.
7. Retirar la pieza de la mesa del taladro
8. Limpiar la máquina de los desperdicios de material

Tabla 27: Dossier del compresor de aire.

		
ÁREA DE MAQUINADO		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°:		3
<b>DENOMINACIÓN:</b>	Compresor de aire	<b>Fotografía:</b> 
<b>CÓDIGO:</b>	INGA-COM-02-010	
<b>Características Generales</b>		
<b>Marca:</b>	MZB	
<b>Modelo:</b>	V-0,17/8	
<b>Tipo:</b>	Eléctrico	
<b>Año de adquisición:</b>	2017	
<b>Origen:</b>	China	
<b>Color</b>	Azul	
<b>Estado actual:</b>	Funcionando	
<b>Dimensiones:</b>	50x40x70 cm	
Componentes de la máquina		
<b>Tanque de presión</b>	Almacenamiento de aire comprimido	
<b>Presostato</b>	Por medio de la palanca prende y apaga el compresor (ON/OFF). Además, prende automáticamente para alcanzar la presión mínima de trabajo.	
<b>Motor eléctrico</b>	Accionamiento de la unidad compresora a través de la polea y correa.	
<b>Manómetro</b>	Indica la presión en el interior del tanque en psi, bar, kgf/cm <sup>2</sup> .	
<b>Filtro de aire</b>	Retener impurezas presentes en el aire antes que ingresen al tanque.	
<b>Purgador</b>	Permite la salida del condensado acumulado del tanque	
<b>Bomba de aire</b>	Aspira y comprime el aire atmosférico	
Función de la máquina		
El compresor de pistón tiene la función de comprimir un fluido que en este caso es el aire, en el interior del tanque de presión de manera que el fluido comprimido sea utilizado para actividades industriales o médicas según las necesidades.		
Condiciones de servicio		
Transportar el Compresor correctamente, no darle la vuelta o levantarlo con ganchos o cables.		
Es importante conectar el compresor a una toma de corriente provista de conexión a tierra		
La temperatura ambiente de funcionamiento es 0°C a 35°C.		
Durante las paradas, poner el presostato a la posición "0" (OFF) (apagado).		

**Tabla 27: Continuación.**

La conexión con la red de aire deberá ser hecha a través de una manguera flexible o juntas expansibles, para que los esfuerzos (cargas) mecánicos u obstrucción no sean transmitidos hacia el tanque de aire, que pudieran causar daños físicos.
<b>Instructivo del uso de la máquina</b>
1. Verificar el nivel de aceite.
2. Conectar a la línea de energía
3. Encender el compresor por medio del presostato.
4. Verificar la dirección de rotación del volante del compresor el cual debe tener una rotación en la dirección del motor.
5. Mantener funcionando el compresor por 10 minutos para permitir una buena lubricación.
6. Cerrar completamente la válvula de salida de aire para llenar completamente el tanque de aire.
7. Cuando el compresor alcance la presión máxima habrá la válvula permitiendo que el aire comprimido fluya a través de la red de distribución.
8. Inspeccionar que no existan fugas a lo largo de la tubería.

Tabla 28: Dossier de la Soldadora MIG/MAG/MMA.

		
ÁREA DE MAQUINADO		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°:		
<b>4</b>		
<b>DENOMINACIÓN:</b>	Soldadora MIG/MAG/MMA	
<b>CÓDIGO:</b>	INGA-SLM-02-011	
<b>Características Generales</b>		
<b>Marca:</b>	ESII	
<b>Modelo:</b>	Empower 315	
<b>Tipo:</b>	Eléctrico	
<b>Año de adquisición:</b>	2017	
<b>Origen:</b>	Ecuador	
<b>Color</b>	Blanco/Negro	
<b>Estado actual:</b>	Funcionando	
<b>Fotografía:</b>		
		
<b>Componentes de la máquina</b>		
Antorcha MIG	Máscara protectora	
Regulador de CO2	Cable de alimentación	
Grapa de tierra	Porta electrodo	
<b>Tablero de control</b>		
	1	Conexión para cable de la antorcha
	2	Conexiones enchufe 1 y 2
	3	Interruptor
	4	Conmutadores de regulación de corriente, voltaje y alambre.
	5	Interruptor para MIG/MMA
<b>Función de la máquina</b>		
<p>La soldadura MIG es un proceso de soldadura por arco tras un gas que protege con electrodo consumible, se emplea para soldar materiales no féreos, principalmente para soldar aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como otros metales no féricos.</p>		
<p>La soldadura MMA o Manual Metal Arc es un tipo de soldadura por arco con electrodos revestidos, en el cual se aplica electricidad y se forma un arco entre el electrodo y el material a soldar.</p>		

*Tabla 28: Continuación.*

<b>Condiciones de servicio</b>
La tensión debe ser de 220/230 V ó 380/400 V de una red trifásica o monofásica (en los casos en los que esté previsto).
Mantener la antorcha a 45° con respecto a la pieza que se debe soldar y la tobera a aproximadamente 6 mm de la superficie.
Evitar soldar en lugares expuestos a corrientes de aire que podrían alejar el gas de protección, volviendo la soldadura defectuosa.
Soldar siempre material limpio y seco.
Mantener el alambre y la vaina limpios. No utilizar un alambre oxidado.
<b>Instructivo del uso de la máquina</b>
1. Ubicar el equipo en un local adecuadamente ventilado.
2. Mantener un espacio de 2m a los costados de la soldadora.
3. Conectar la clavija del cable de masa al conector negativo del generador, que se encuentra a la derecha en la parte baja del panel frontal (en algunos modelos el cable de masa ya está conectado)
4. Conectar la pinza de masa a la pieza que se debe soldar, asegurándose de establecer un buen contacto.
5. Comprobar que la ranura interna del rodillo corresponda al diámetro del alambre que se va a utilizar.
6. Conectar la máquina a una adecuada toma de corriente.
7. Abrir la válvula del gas situada en la bombona, girando la llave hacia la izquierda.
8. Regular la cantidad de gas que sale de la antorcha utilizando la empuñadura del reductor de presión (girándola hacia la izquierda se disminuye el caudal, girándola hacia la derecha se lo aumenta)



Tabla 29: Dossier Cizalla hidráulica.



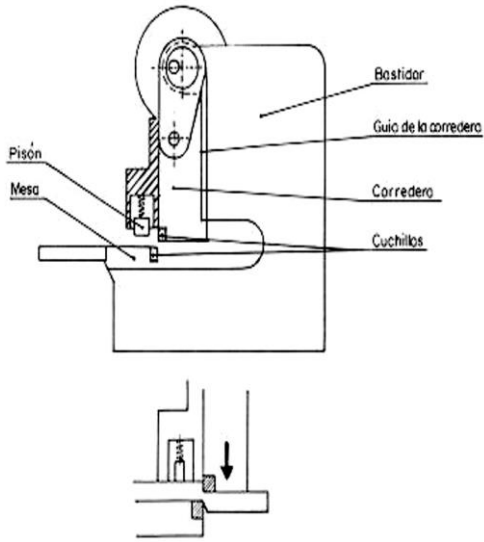
	
ÁREA DE MAQUINADO	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°:	
<b>5</b>	
<b>DENOMINACIÓN:</b>	Cizalla Hidráulica
<b>CÓDIGO:</b>	INGA-CZL-02-018
<b>Características Generales</b>	
<b>Marca:</b>	SCHIAVI
<b>Modelo:</b>	BRG 3100 - A10
<b>Sistema:</b>	Hidráulico
<b>Año de adquisición:</b>	2021
<b>Origen:</b>	Italia
<b>Color:</b>	Verde/Caqui
<b>Estado actual:</b>	Funcionando
<b>Dimensiones:</b>	3550x2180x1900 mm
<b>Fotografía:</b>	
	
Componentes de la máquina	
<b>Bancada:</b>	Pieza donde descansa la máquina
<b>Bastidor:</b>	Pieza que se apoya sobre la bancada y soporta la cuchilla y el pistón
<b>Mesa:</b>	Pieza en donde se apoya el material a cortar
<b>Pisón:</b>	Pieza la cual presiona y sujeta el material sobre la mesa de trabajo antes del corte
<b>Porta cuchilla:</b>	Pieza que se desplaza de manera vertical a la mesa y aloja a la cuchilla
<b>Cuchilla móvil:</b>	Pieza unida a la porta cuchilla diseñada para cortar el material
<b>Pisadores hidráulicos:</b>	Sistema hidráulico que permite el funcionamiento de los diferentes componentes de la máquina
	

Tabla 29: Continuación

Tablero de control		
	1	Palanca
	2	Paro de emergencia
	3	Indicador línea
	4	Indicador del pisador
	5	Marcha abierta
	6	Tiro automático
	7	Accionamiento atrás, adelante
	8	Contador
Función de la máquina		
Máquina utilizada en la industria para la realización de cortes en metales generalmente en láminas.		
Condiciones de servicio		
Como ya se ha mencionado, las cizallas de guillotina para metales son máquinas utilizadas para operaciones de corte de metales (hierro, acero, aluminio, etc.) de espesores hasta 10 mm y con una velocidad de corte de hasta 61 cortes/minuto.		
El corte es efectuado por una estampa de corte formada por dos cuchillas, las cuales varían el ángulo de corte de 0,25-1,5 grados.		
Instructivo del uso de la máquina		
1. Colocación sobre la mesa de la chapa a cortar.		
2. Situación de la chapa en posición de corte (operación que se realiza con la ayuda de reglas graduadas situadas en los soportes delanteros y la galga de tope trasero o bien con la lectura de indicadores automáticos).		
3. Accionamiento de la corredera, (con lo que descienden automáticamente el pisón y la cuchilla, ésta con un retraso sobre el pisón y se efectúa el corte de la chapa).		
4. La chapa una vez cortada cae por la parte posterior de la máquina al suelo o bien dentro de un sistema de recogida dispuesto para tal fin y la corredera queda inmovilizada en el punto superior.		
5. Un nuevo ciclo puede ser iniciado.		

Tabla 30: Dossier de la Roladora/ Baroladora.

		
ÁREA DE MAQUINADO		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°:		
<b>6</b>		
DENOMINACIÓN:	Roladora / Baroladora	<b>Fotografía</b>  
CÓDIGO:	INGA-BAR-02-016	
Características Generales		
Marca:	UCIMU	
Modelo:	M 927	
Sistema:	Eléctrico	
Año de adquisición:	1973	
Origen:	Italia	
Color:	Verde	
Estado actual:	Funcionando	
Longitud:	2050 mm	
Componentes de la máquina		
<b>Rodillo superior y rodillos inferiores:</b>	Elemento principal de la máquina cuya función es formar una circunferencia mediante una presión en la chapa metálica al pasar por la superficie de los tres rodillos.	
<b>Soportes laterales de rodillos:</b>	La función es la de portar los rodillos y demás elementos como tuercas, tornillos, chumaceras y bujes.	
<b>Estructura de la máquina:</b>	Es la base en la cual todos los mecanismos se encuentran de manera conjunta como los soportes laterales, motor y tablero de control.	
<b>Tablero de control:</b>	El tablero está conformado de botones y mandos para el control de la máquina.	
<b>Palanca de Torque:</b>	Gira al tornillo el cual ejerce la presión del rodillo superior y realiza el curvado de la lámina.	

Tabla 30: Continuación.

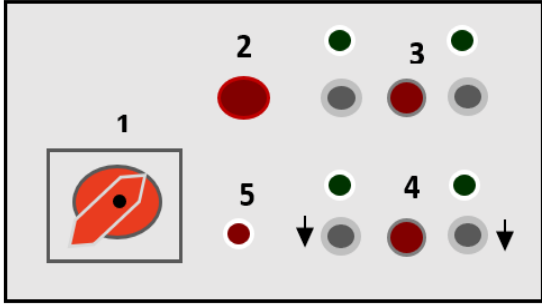


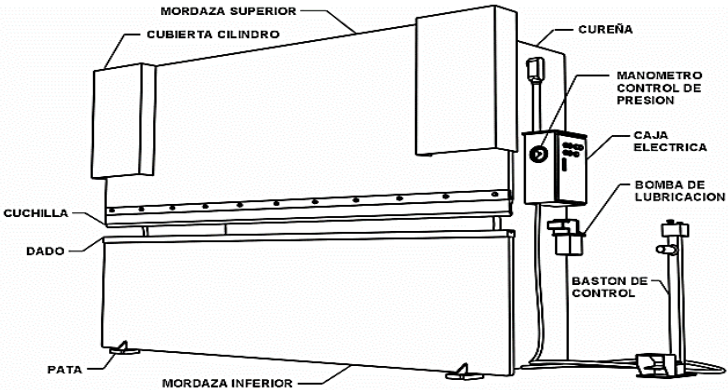
<b>Tablero de control</b>		
	1	Botón de encendido
	2	Paro de emergencia
	3	Indicadores de rotación de los rodillos inferiores (Izq-Dere)
	4	Indicador del rodillo superior
	5	Indicador de precaución del tornillo
<b>Función de la máquina</b>		
<p>Máquina que se compone de tres rodillos los cuales realizan el proceso de rolado de láminas metálicas, aplicando fuerzas mediante los motores que posee.</p>		
<b>Condiciones de servicio</b>		
<p>La máquina permite el rolado de planchas de acero de hasta 6 mm de espesor.</p>		
<p>Debe usarse productos CHEVRON para la lubricación de la máquina como se indica en la placa de la máquina.</p>		
<b>Instructivo del uso de la máquina</b>		
<p>1. Se debe revisar que los rodillos se encuentren nivelados para evitar daños.</p>		
<p>2. Chequear el suministro de energía y que el cableado se encuentre correctamente conectado.</p>		
<p>3. Verificar que no existan fugas de lubricante.</p>		
<p>4. Probar el funcionamiento de la máquina antes de realizar el proceso de rolado de las láminas.</p>		
<p>5. Una vez verificado el funcionamiento de la máquina se procede a rolar el material deseado.</p>		
<p>6. Evitar distracciones al momento del funcionamiento de la máquina.</p>		
<p>7. Una vez finalizado el proceso de rolado se debe apagar la máquina para evitar accidentes laborales.</p>		



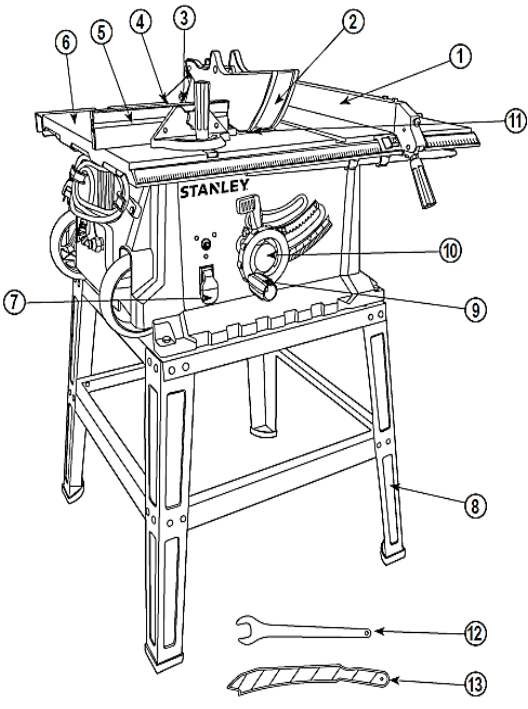
Tabla 31: Dossier de la prensa plegadora.

	
ÁREA DE MAQUINADO	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°:	
7	
<b>DENOMINACIÓN:</b>	Prensa plegadora
<b>CÓDIGO:</b>	INGA-PRE-02-017
Características Generales	
<b>Marca:</b>	IMAL
<b>Modelo:</b>	P101220/40
<b>Sistema:</b>	Eléctrico
<b>Año de adquisición:</b>	2020
<b>Origen:</b>	Italia
<b>Color</b>	Blanco / Naranja
<b>Estado actual:</b>	Funcionando
<b>Dimensiones:</b>	4200x2700x2500 mm
<b>Fotografía:</b>	
	
Componentes de la máquina	
Motor trifásico de 15 kW	
Conexión en estrella	
Cuchilla o Punzón	
Dado o matriz en forma de V.	
Bomba de lubricación	
Revisión del nivel de aceite cada 1000 horas de trabajo de la máquina.	

*Tabla 31: Continuación.*

<b>Panel de control</b>		
	1	Manómetro
	2	Switch de llave 1
	3	Switch de llave 2
	4	Indicador de accionamiento (luz roja)
	5	Botón on - off
	6	Start
	7	Paro de emergencia
<b>Función de la máquina</b>		
<p>La plegadora hidráulica es una máquina diseñada específicamente para el plegado de chapas en diferentes grados.</p>		
<b>Condiciones de servicio</b>		
<p>Mantener la máquina en un lugar de almacenamiento que no supere condiciones de temperatura ambiente de -25 o 50°C.</p>		
<p>Humedad entre el 30% y 90% sin condensación de agua.</p>		
<p>Inspeccionar el nivel de aceite antes de encender la máquina.</p>		
<p>Cada 1000 horas de servicio se debe revisar el nivel de aceite del depósito</p>		
<p>Cada 4000 horas de trabajo se debe reemplazar el aceite hidráulico del depósito</p>		
<p>Para la sustitución del aceite se debe poner en marcha la máquina y accionar el pedal para aumentar la presión hasta que se llene.</p>		
<b>Instructivo del uso de la máquina</b>		
<p>1. Situar la máquina en una superficie lisa y nivelada, para evitar vibraciones y movimientos durante el funcionamiento.</p>		
<p>2. Inspeccionar que se encuentren ajustadas y colocadas correctamente la cuchilla y la matriz.</p>		
<p>3. Activar el switch 1 y el botón ON para encender la máquina.</p>		
<p>4. Mantener una distancia de seguridad para evitar accidentes con las manos al manipular las planchas de acero.</p>		
<p>5. Una vez realizado el proceso de plegado se debe apagar la máquina.</p>		

Tabla 32: Dossier de la Sierra circular de mesa.

	
ÁREA DE MAQUINADO	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
DOSSIER DE MANTENIMIENTO N°:	
<b>8</b>	
<b>DENOMINACIÓN:</b>	Sierra circular de mesa
<b>CÓDIGO:</b>	INGA-SIE-02-020
Características Generales	
<b>Marca:</b>	STANLEY
<b>Modelo:</b>	STST1825-B3
<b>Tipo:</b>	Eléctrico
<b>Origen:</b>	EEUU
<b>Color</b>	Amarillo / Negro
<b>Estado actual:</b>	Funcionando
<b>Dimensiones del banco:</b>	610x508 mm
<b>Fotografía:</b>	
	
Componentes de la máquina	
	1 Tope paralelo
	2 Guarda de la hoja
	3 Divisor
	4 Trinquetes anti-contragolpe
	5 Guía de ingletes
	6 Banco
	7 Interruptor de Apagado/Encendido
	8 Soporte de la pata
	9 Manija de elevación de la hoja
	10 Rueda de inclinación de la hoja
	11 Hoja de la sierra
	12 Llave inglesa
	13 Palanca de empuje

**Tabla 32: Continuación**

<b>Función de la máquina</b>
Esta máquina tiene la función de cortar madera en diferentes posiciones y según las necesidades del usuario.
<b>Condiciones de servicio</b>
Asegurarse que el corte se realice en el lado de los residuos de la línea de medición.
Utilizar la configuración de profundidad de la hoja correcta. La parte superior de los dientes de la hoja debe liberar la parte superior del material a ser cortado mediante 1/8" (3 mm) a 1/4" (6 mm).
Inspeccionar la pieza de trabajo para ver si existen nudos o clavos antes de empezar un corte, si fuera el caso retírelos con la ayuda de un martillo.
Utilizar siempre hojas filosas y limpias.
Realizar un corte con la aplicación de presión de manera uniforme y fija, nunca forzando el corte.
Mantener la pieza de trabajo firmemente con ambas manos o utilizar una palanca de empuje o un bloque de empuje.
<b>Instructivo del uso de la máquina</b>
1. Para encender la máquina abrir la llave de seguridad y presionar el interruptor en encendido
2. La manija de elevación de la hoja es utilizada para elevar y bajar la hoja de la sierra. Para bajar la hoja se debe girar en sentido horario y para elevar la hoja se debe girar en sentido antihorario.
3. Inclinar la hoja con la ayuda de la rueda de inclinación para realizar corte biselado.
4. Antes de girar la sierra en el banco a "ENCENDIDO", asegúrese que todos los ajustes se encuentren apretados para evitar que la hoja cambie durante la operación.
5. La hoja debe extenderse aproximadamente 1/8" (3mm) sobre la parte posterior de la pieza de trabajo.
6. La palanca de empuje se utiliza para alimentar la pieza de trabajo a través de la sierra durante los cortes paralelos angostos, lo que ayuda a mantener las manos del operario lejos de la hoja.
7. Una vez realizado el proceso de corte apague la máquina y limpie las partículas de madera.



### 3.1.4.1. Estado funcional de las máquinas

El estado funcional nos indica como se encuentran las máquinas permitiéndonos conocer que una vez que adquirimos la información se puede determinar que las 8 máquinas analizadas se encuentran funcionando, como lo indica la siguiente tabla:

*Tabla 33: Estado funcional de las máquinas.*

<b>MÁQUINA</b>	<b>ESTADO</b>
Roscadora de tubos	Funcionando
Taladro fresador de banco	Funcionando
Compresor	Funcionando
Solador MIG/MAG/MMA	Funcionando
Roladora	Funcionando
Prensa plegadora	Funcionando
Cizalla hidráulica	Funcionando
Sierra circular de mesa	Funcionando

Como podemos observar las máquinas se encuentran en un estado funcional activo, por lo que podemos considerar que es necesario un plan de mantenimiento preventivo, para evitar daños en los componentes de sus máquinas y averías abruptas que implicaría paros en la producción, para la nave industrial de la empresa MEGAINGGA. S.A.

### 3.1.5. Estadístico de máquinas

Tabla 34: Estadístico de la máquina Roladora.


														
ELABORADO POR:	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		FECHA DE ELABORACIÓN:				6/6/2022		CÓDIGO:	INGA-BAR-02-016		MÁQUINA:	ROLADORA/ BAROLADORA	
MES	ACTIVIDADES:		FECHA:	TO (h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	TO	MTBF(h)	$\lambda$	MTTR(h)	$\mu$	D (%)	
ENERO	Inicio de Actividades (Nuevo Año)		3/1/2022					152,28	38,07	0,026	2,81	0,356	93,13%	
	Inspección visual de la máquina		10/1/2022	24	1	0,5	1,5							
	Verificación del estado de los piñones		17/1/2022	41,08	1,5	1,8	3,3							
	Inspección del estado de los cojinetes													
	Verificación del estado de las bandas													
	Engrase de todos los ejes		24/1/2022	25,5	4,75	1	5,75							
	Engrase de piñones		31/1/2022	61,7	4	3,3667	7,3667							
	Engrasar los rodamientos													
Ajuste de pernos de la carcasa														
FEBRERO	Inspección visual de la máquina		7/2/2022	64	4	2	6	187,33	62,44	0,016	6,03	0,166	91,19%	
	Verificación del sistema de encendido													
	Revisión de fusibles, cables		14/2/2022	32,33	7,35	4,05	11,4							
	Revisión del vástago perilla de presión		21/2/2022	91	6,75	2,15	8,9							
	Revisión del ruido de los motores													
	Cambio de aceite lubricante de los motores													
MARZO	Inspección visual de la máquina		7/3/2022	89	3	1,5	4,5	165,66	55,22	0,018	3,62	0,276	93,85%	
	Chequeo de los motores													
	Inspección del estado de las bandas		14/3/2022	30,36	4,25	1,6	5,85							
	Engrase de todos los ejes													
	Limpieza carcasa de la máquina		21/3/2022	46,3	3,6	2	5,6							

Tabla 34: Continuación.


													
ELABORADO POR:	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar	FECHA DE ELABORACIÓN:	6/6/2022				CÓDIGO:	INGA-BAR-02-016			MÁQUINA:	ROLADORA/ BAROLADORA	
MES	ACTIVIDADES:	FECHA:	TO (h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	TO	MTBF(h)	$\lambda$	MTTR(h)	$\mu$	D (%)	
ABRIL	Inspección visual de la máquina	4/4/2022	34,7	2,25	0,8667	3,1167	123	30,75	0,033	2,78	0,360	91,71%	
	Engrase de piñones												
	Revisión del control de mando	11/4/2022	22,5	5	2,8	7,8							
	Limpieza de componentes mecánicos	18/4/2022	25,5	2,35	1,25	3,6							
	Ajuste de pernos de la carcasa	25/4/2022	40,3	1,5	2	3,5							
MAYO	Inspección visual de la máquina	9/5/2022	52,36	1,5	1,1	2,6	390,36	130,12	0,008	25,50	0,039	83,61%	
	Inspección del estado de las bandas												
	Verificación del sistema de encendido	16/5/2022	40	3	1,5	4,5							
	Rectificación de rodillos	30/5/2022	298	72	48	120							
JUNIO	Inspección visual de la máquina	6/6/2022	64	2,3	1	3,3	139,7	34,93	0,029	1,98	0,505	94,64%	
	Revisión del ruido de los motores												
	Engrase de piñones	13/6/2022	10,7	1,25	0,3667	1,6167							
	Cambio de aceite lubricante de los motores	20/6/2022	40	2,25	0,5	2,75							
	Cambio de filtros	27/6/2022	25	2,1	1,25	3,35							

Tabla 34: Continuación.



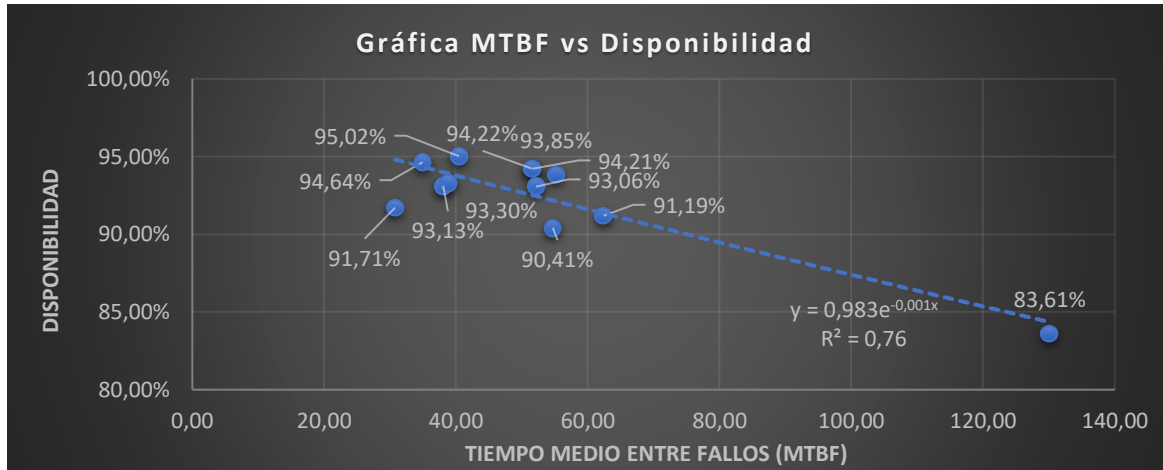
												
ELABORADO POR:	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar	FECHA DE ELABORACIÓN:			6/6/2022		CÓDIGO:	INGA-BAR-02-016		MÁQUINA:	ROLADORA/ BAROLADORA	
MES	ACTIVIDADES:	FECHA:	TO (h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	TO	MTBF(h)	$\lambda$	MTTR(h)	$\mu$	D (%)
JULIO	Inspección visual de la máquina	4/7/2022	89	3	1,5	4,5	208,69	52,17	0,019	3,89	0,257	93,06%
	Chequeo de los motores											
	Engrasar los rodamientos	11/7/2022	38,7	8,2	2,5167	10,7167						
	Engrasar todos los ejes											
	Revisión del vástago perilla de presión											
	Inspección del estado de las bandas	18/7/2022	23,36	0,5	0,6	1,1						
	Revisión de fusibles, cables	25/7/2022	57,63	3,85	3,25	7,1						
Ajuste de pernos de la carcasa												
AGOSTO	Inspección visual de la máquina	1/8/2022	64	4	2	6	154,86	51,62	0,019	3,17	0,315	94,21%
	Verificación del sistema de encendido											
	Revisión del control de mando	15/8/2022	22,5	5	2,8	7,8						
	Inspección del estado de los cojinetes	22/8/2022	68,36	0,5	0,6	1,1						
SEPTIEMBRE	Inspección visual de la máquina	5/9/2022	37,36	3	1,1	4,1	155,36	38,84	0,026	2,79	0,358	93,30%
	Inspección del estado de las bandas											
	Engrasar todos los ejes	12/9/2022	57	5,05	1,5	6,55						
	Revisión del ruido de los motores											
	Cambio de filtros	19/9/2022	25	2,1	1,25	3,35						
	Inspección visual de la máquina	26/9/2022	36	1	0,5	1,5						

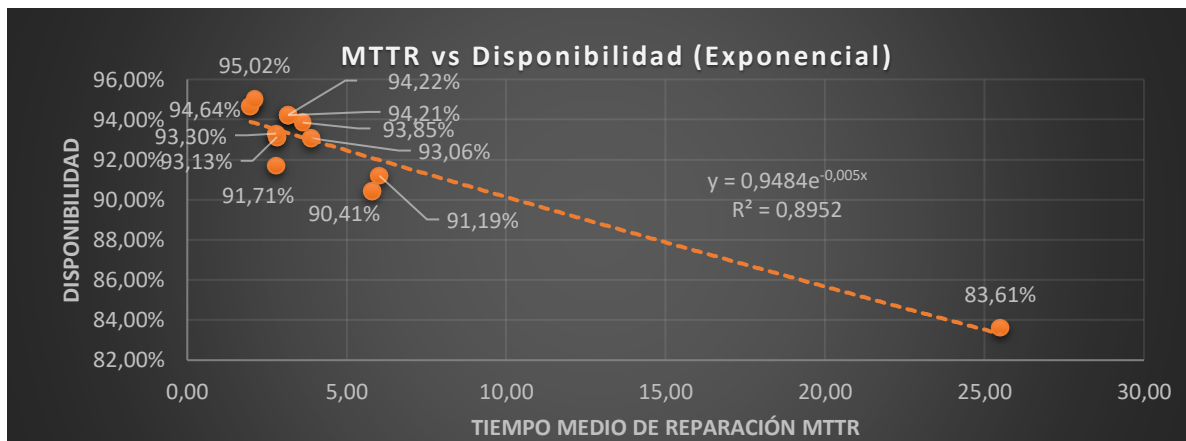
Tabla 34: Continuación (Conclusión)

												
ELABORADO POR:	Hubert Mihaly Altamirano Aguilar	FECHA DE ELABORACIÓN:			6/6/2022		CÓDIGO:	INGA-BAR-02-016		MÁQUINA:	ROLADORA/ BAROLADORA	
MES	ACTIVIDADES:	FECHA:	TO (h)	TR(h)	TM(h)	TP(h)	TO	MTBF(h)	$\lambda$	MTTR(h)	$\mu$	D (%)
OCTUBRE	Engrase de piñones	3/10/2022	40,7	1,25	0,3667	1,6167	206,11	51,53	0,019	3,16	0,316	94,22%
	Chequeo de los motores	17/10/2022	82	4,35	2,25	6,6						
	Limpieza de componentes mecánicos					0						
	Limpieza carcasa de la máquina	24/10/2022	32,3	4,7	1,9	6,6						
	Revisión del vástago perilla de presión											
	Revisión de fusibles, cables	31/10/2022	51,11	2,35	1,25	3,6						
NOVIEMBRE	Inspección visual de la máquina	7/11/2022	61,5	4,75	1,5	6,25	218,83	54,71	0,018	5,80	0,172	90,41%
	Inspección del estado de las bandas											
	Engrasar todos los ejes	14/11/2022	57,33	5,35	2,75	8,1						
	Verificación del sistema de encendido											
	Revisión del control de mando	21/11/2022	60	7,1	4,05	11,15						
	Cambio de filtros											
	Prueba de bobinado de los motores	28/11/2022	40	6	1,75	7,75						
DICIEMBRE	Inspección visual de la máquina	5/12/2022	28,03	3,6	1,6167	5,2167	121,39	40,46	0,025	2,12	0,472	95,02%
	Engrasar rodamientos											
	Verificación del estado de los piñones	12/12/2022	53,36	2,75	2,3	5,05						
	Cambio de aceite lubricante del motor											
Cierre de actividades	26/12/2022	40	0	0	0							
<b>TOTALES</b>			<b>2223,57</b>	<b>214,1</b>	<b>117,95</b>	<b>332,05</b>	<b>2071,29</b>	<b>602,79</b>	<b>0,230</b>	<b>60,84</b>	<b>3,23</b>	<b>1015,23%</b>
<b>PROMEDIOS</b>			<b>51,71</b>	<b>4,97</b>	<b>2,74</b>	<b>7,54</b>	<b>188,29</b>	<b>54,80</b>	<b>0,021</b>	<b>5,53</b>	<b>0,29</b>	<b>92,29%</b>



**Figura 10:** Gráfica MTBF vs Disponibilidad para la máquina roladora.

En la Figura 10, podemos apreciar que la disponibilidad máxima de la máquina roladora es del 95.05%, para un tiempo medio entre fallos de 33.60 horas, todos estos datos son presentados y analizados según el coeficiente  $R^2$  de 0.76, obteniendo un valor mínimo de disponibilidad de 83.61%, para un tiempo medio entre fallos de 130.12 horas, estos valores podríamos considerar ideales para un mantenimiento preventivo, de manera que si estos valores bajan del 60%, es un indicio de que se debe realizar un análisis de mantenimiento correctivo.



**Figura 11:** Tiempo medio de reparación vs Disponibilidad

En la Figura 11, Se puede observar que la disponibilidad máquina vs el tiempo medio de reparación el coeficiente de correlación  $R^2$  de 0.89562 correspondiendo con un tiempo mínimo de 25.50 horas.

### 3.1.6. Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE

Tabla 35: Matriz AMFE de la roladora. Autor

											
ÁREA DE MAQUINADO											
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO											
ELABORADO POR:		Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		REVISADO POR:	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		FECHA DE ELABORACIÓN:	26/8/2022		FECHA DE REVISIÓN:	11/11/2022
DENOMINACIÓN:		Roladora		CÓDIGO:	INGA-BAR-02-016		MARCA:	UCIMU		MATRIZ AMFE N°:	5
N°	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFECTO	VALORACIÓN				ACCIÓN CORRECTIVA	
						F	G	D	IPR		
1	Rodillo superior	Realizar el proceso de curvado de lámina de acero	Oxidación	Falta de mantenimiento	Minimiza la vida útil	5	6	3	90	Inspección y limpieza	
			Pandeo	Sobrecarga de elementos	Doblador de rodillo	3	9	4	108	Rectificar rodillos	
2	Motor eléctrico	Accionamiento de la máquina	Vibración	Soporte dañado	Pérdida de potencia	4	8	3	96	Reemplazo de soporte	
			Sobrecalentamiento	Altas temperaturas	Calentamiento en la carcasa y humo	5	4	3	60	Entorno ventilado	
3	Carcasa	Proteger a los componentes de funcionamiento.	Oxidación	Corrosión de la superficie	Deterioro de la estructura	5	4	4	80	Limpieza, pulida y recubrimiento de la superficie	
			Irregularidades de la superficie	Incorrecta manipulación	Hundimiento en la superficie de la máquina	3	4	6	72	Enderezar elementos afectados de la carcasa	

Tabla 35: Matriz AMFE de la roladora, Continuación.

											
ÁREA DE MAQUINADO											
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO											
ELABORADO POR:		Hubert Mihaly Altamirano Aguilar	REVISADO POR:		Ing. Christian Byron Castro Miniguano	FECHA DE ELABORACIÓN:		26/8/2022	FECHA DE REVISIÓN:		11/11/2022
DENOMINACIÓN:		Roladora	CÓDIGO:		INGA-BAR-02-016	MARCA:		UCIMU	MATRIZ AMFE N°:		5
N°	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFECTO	VALORACIÓN				ACCIÓN CORRECTIVA	
						F	G	D	IPR		
4	Palanca de torque	Aplica presión en el rodillo superior para realizar el curvado de la lámina.	Obstrucción	Acumulación de suciedad	No gira el rodillo superior	5	6	3	90	Limpieza y lubricación	
			Rechinidos	Fricción de la palanca	Sonidos molestos y extraños	8	6	2	96	Lubricación	
5	Rodamientos	Transferir fuerza y movimiento, guiar los componentes que giran entre sí	Sobrecalentamiento	Mala lubricación	Daños y desprendimiento en la superficie	6	3	5	90	Lubricar con la cantidad y lubricante adecuado	
			Superficie de la pista del rodamiento con porosidad	Contaminación de la superficie por impurezas	Picadura	4	6	4	96	Filtrar el lubricante	
6	Engranajes	Transferir potencia del motor a los rodillos, para el proceso de rolado	Rotura de los dientes	Sobrecarga de elementos	Interrupción abrupta de movimiento en el sistema	5	9	2	90	Instalación correctiva y montaje de los elementos de transmisión	
			Fatiga superficial	Corrosión de la superficie	Presencia de grietas o picaduras de los dientes	5	9	3	135	Rediseño de los engranes con mayor dureza, limpieza y tratamiento térmico superficial	
7	Soporte del motor	Sostener y evitar el contacto del motor con el suelo	Oxidación	Corrosión de la superficie	Deterioro de la estructura	5	4	4	80	Limpieza, pulida y recubrimiento de la superficie	
			Irregularidades de la superficie	Incorrecta manipulación	Hundimiento del del motor	3	4	6	72	Enderezar elementos afectados del soporte	



Tabla 35: Matriz AMFE de la roladora, Continuación.


														
ÁREA DE MAQUINADO														
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO														
ELABORADO POR:		Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		REVISADO POR:		Ing. Christian Byron Castro Miniguano		FECHA DE ELABORACIÓN:		26/8/2022	FECHA DE REVISIÓN:		11/11/2022	
DENOMINACIÓN:		Roladora		CÓDIGO:		INGA-BAR-02-016		MARCA:		UCIMU		MATRIZ AMFE N°:		5
N°	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFECTO	VALORACIÓN				ACCIÓN CORRECTIVA				
						F	G	D	IPR					
8	Cable de alimentación	Permite el paso de corriente eléctrica	Calentamiento	Extensión eléctrica de menor diámetro	Parada de la máquina	4	6	4	96	Reemplazo de extensión eléctrica				
			Rotura del cable	Cortocircuito	Parada de la máquina	2	9	5	90	Utilizar moderadamente la máquina para evitar paradas imprevistas				
9	Filtro de aceite	Retiene las impurezas	Desgaste	Ineficiente mantenimiento	Falla en el sistema de lubricación	5	5	3	75	Reemplazo				
			Obstrucción	Acumulación de impurezas	Flujo de aceite interrumpido e impuro	6	7	3	126	Limpieza o cambio del filtro				
10	Caja reductora	Reducir el giro del motor y la velocidad incrementando la fuerza de empuje	Bajas revoluciones	Falta de lubricación	Caja reductora sin lubricación	8	7	2	112	Reajuste				
			Vibración	Engranajes averiados	Vibración de los engranajes	6	7	2	84	Cambio de los engranajes averiados				
11	Depósito de aceite	Almacenar el aceite y lubricar al sistema de transmisión	Impurezas	Falta de lubricante	Desgaste abrasivo de los componentes de transmisión	3	6	4	72	Lubricación del depósito				
			Fuga de aceite	Recipiente con fisuras	Desabastecimiento de aceite	5	9	2	90	Cambio del depósito de aceite				

Tabla 35: Matriz AMFE de la roladora, Continuación.


											
ÁREA DE MAQUINADO											
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO											
ELABORADO POR:		Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		REVISADO POR:	Ing. Christian Byron Castro Miniguano		FECHA DE ELABORACIÓN:	26/8/2022		FECHA DE REVISIÓN:	11/11/2022
DENOMINACIÓN:		Roladora		CÓDIGO:	INGA-BAR-02-016		MARCA:	UCIMU		MATRIZ AMFE N°:	5
N°	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFECTO	VALORACIÓN				ACCIÓN CORRECTIVA	
						F	G	D	IPR		
12	Correas o bandas de transmisión	Transferencia de movimiento del motor al eje conductor	Desgaste	Deterioro de las correas	Inadecuada transmisión de la potencia	4	5	4	80	Reemplazo de la banda	
			Rotura de la banda	Inadecuada tensión de la banda	Máquina inoperativa	6	7	2	84	Verificar la tensión y estado de la banda	
13	Cojinetes	Reducir la fricción de elementos de giro que se encuentran en contacto	Oxidación	Deterioro de la superficie	Corrosión	6	5	3	90	Cambio del elemento o limpieza y sandblasting	
			Rechinidos	Falta de lubricación	Giros de los cojinetes ralentizados y ruidos molestos	9	5	2	90	Limpieza y lubricación	
14	Eje de transmisión	Transmitir la potencia de los motores a los rodillos	Vibración	Ejes desalineados	Inestabilidad y ruidos extraños	6	8	2	96	Adecuado montaje del eje	
			Desincronización	Los ejes no están montados adecuadamente	No existe movimiento coordinado	7	7	2	98	Montaje adecuado con sus respectivos ajustes	
15	Chumacera	Ser un apoyo a los ejes de rotación	Desgaste	Montaje incorrecto	No transmite el movimiento	6	5	4	120	Revisar el manual del usuario	
			Desgaste	Falta de lubricación	Ruidos molestos y extraños	7	5	2	70	Limpieza y lubricación periódica de los elementos de rotación	

Tabla 35: Matriz AMFE de la roladora, Continuación.


														
ÁREA DE MAQUINADO														
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO														
ELABORADO POR:		Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		REVISADO POR:		Ing. Christian Byron Castro Miniguano		FECHA DE ELABORACIÓN:		26/8/2022	FECHA DE REVISIÓN:		11/11/2022	
DENOMINACIÓN:		Roladora		CÓDIGO:		INGA-BAR-02-016		MARCA:		UCIMU		MATRIZ AMFE N°:		5
N°	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFECTO	VALORACIÓN				ACCIÓN CORRECTIVA				
						F	G	D	IPR					
16	Anclajes	Fijar la estructura al piso	Fatiga	Mal montaje	Variación del elemento de anclaje de su forma inicial	2	5	9	90	Cambio del elemento de anclaje				
			Oxidación	Corrosión	Deterioro del elemento de anclaje	6	8	2	96	Cambio del elemento de anclaje				
17	Parada de Emergencia	Interrumpir abruptamente el flujo de corriente eléctrica	Enclavamiento del botón	Atascamiento	Impurezas depositadas alrededor del botón	8	9	2	144	Limpieza de la placa y botonera				
			Botón no reacciona	Falta de mantenimiento	Minimiza el tiempo de reacción de la parada de emergencia	8	10	1	80	Reemplazo de placa y botonera				
18	Arandelas	Ajustar la carcasa de la máquina	Oxidación	Deterioro de la carcasa	Corrosión	8	6	2	96	Limpieza y baño ácido				
			Rotura	Elemento con fisuras	Minimiza su vida útil	4	6	3	72	Reemplazo del elemento				
19	Leds indicadores	Indicar los parámetros de uso y fallos posibles en su funcionamiento	No se encienden los LED's indicadores	Desconexión de la placa	No indican si la máquina está encendida	7	7	2	98	Limpieza de la placa e inspección del estado de los LED's				
			No se encienden los LED's indicadores	LED's quemados	No hay respuesta de conexión entre la placa y los LED's	9	8	2	144	Cambio de LED's indicadores				

Tabla 35: Matriz AMFE de la roladora, Continuación

															
ÁREA DE MAQUINADO															
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO															
ELABORADO POR:		Hubert Mihaly Altamirano Aguilar		REVISADO POR:		Ing. Christian Byron Castro Miniguano		FECHA DE ELABORACIÓN:		26/8/2022		FECHA DE REVISIÓN:		11/11/2022	
DENOMINACIÓN:		Roladora		CÓDIGO:		INGA-BAR-02-016		MARCA:		UCIMU		MATRIZ AMFE N°:		5	
N°	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFECTO	VALORACIÓN				ACCIÓN CORRECTIVA					
						F	G	D	IPR						
20	Tablero de control	Controla los parámetros de funcionamiento	Desenclavamiento	No se enclavan los botones de funcionamiento	Placa y cables de conexión de los pulsadores rotos	6	8	2	96	Reemplazo de los cables y placa					
			Desgaste	Pulsaciones excesivas	Parada de la máquina	6	7	3	126	Reemplazo de botoneras					
Promedio									94						

### 3.1.6.1. Análisis de la matriz AMFE

Luego de analizar los análisis de modos de fallos y efectos considerando que los valores críticos son aquellos considerados cuando el índice de prioridad de riesgo es mayor a igual a 100, considerando que se debe tener mayor observación e implementar mayores actividades de mantenimiento en esos elementos, según la NTP 679, como se indica a continuación:

*Tabla 36: Análisis AMFE*

<b>ANÁLISIS AMFE</b>	
<b>Componente</b>	<b>Valor</b>
Rodillos Superior	108
Engranajes	135
Caja reductora	126
Filtro de aceite	112
Chumacera	120
Parada de emergencia	144
Leds indicadores	144
Tablero de control	126

### 3.1.7. Determinación de la fiabilidad mediante el modelo matemático y gráfico de Weibull

#### 3.1.7.1. Modelo matemático de Weibull

##### 3.1.7.1.1. Modelo matemático Roladora

A partir de las actividades descritas en el estadístico de la tabla 35, para el análisis de fiabilidad de las máquinas, se consideró durante el año 2022, debido a que las máquinas fueron adquiridas en comienzo del mismo año, tomando en cuenta una actividad cada semana, sin considerar feriados y fines de semana, se estimó el tiempo de operación semanal de cada máquina, conociendo que las maquinarias de la empresa trabajan una sola jornada, considerando que estas tienen un fallo por jornada.

Para el análisis analítico se considera los siguientes parámetros:

#### Estimación de la media

Consideramos la sumatoria del Ln (TO) para su análisis, como se indica en la Ec.13:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(TO)}{n} \quad \text{Ec.13}$$

$$\bar{x} = \frac{162.302}{43}$$

$$\bar{x} = 3.7744$$

#### Varianza

Una vez determinada la estimación media, se procederá a calcular la varianza según la Ec.14:

$$S^2 = \frac{(\sum(\ln(TO) - \bar{x}))^2}{n-1} \quad \text{Ec.14}$$

$$S^2 = \frac{(12.432)}{43 - 1}$$

$$S^2 = 0.2959$$

### Desviación estándar

Luego de hallar la varianza se procederá a encontrar la desviación estándar con la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{S^2} \quad \text{Ec.15}$$

$$S = 0.544$$

### Parámetros ecuación de Weibull

Una vez determinado la varianza, la desviación estándar y la varianza para el modelo matemático es necesario encontrar los parámetros de beta ( $\beta$ ), alfa ( $\alpha$ ) de la siguiente manera:

#### Beta ( $\beta$ )

$$\beta = \frac{\pi}{s\sqrt{6}} \quad \text{Ec.16}$$

$$\beta = \frac{\pi}{0.5376\sqrt{6}}$$

$$\beta = 2.358$$

#### Alfa ( $\alpha$ )

$$\alpha = \exp\left(\bar{x} + \left(\frac{0.5772}{\beta}\right)\right) \quad \text{Ec.17}$$

$$\alpha = \exp\left(3.7744 + \left(\frac{0.5772}{2.386}\right)\right)$$

$$\alpha = 55.164$$

Una vez hallado los parámetros de Weibull indicados en la Tabla 37, se procederá mediante aritmética determinar la fiabilidad e infiabilidad, según la NTP 331 de la siguiente manera:

**Tabla 37:** Parámetros para el análisis de fiabilidad e infiabilidad

CÁLCULO DE PARÁMETROS		
S <sup>2</sup>	VARIANZA	0,289
S	DESVIACIÓN	0,544
β	BETA	2,358
α	ALPHA	55,164
γ	GAMA	0

Para el cálculo de la fiabilidad y la infiabilidad se emplearán las Ec.18 y Ec.19 respectivamente:

**Fiabilidad R(t)**

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{T_0 - \gamma}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad \text{Ec.18}$$

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{24 - 0}{55.164} \right)^\beta \right]$$

$$R(t) = 0.4953 = 49.53\%$$

**Infiabilidad F(t)**

$$F(t) = 1 - R(t) \quad \text{Ec.19}$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$F(t) = 1 - 0.4953$$

$$F(t) = 0.5047 = 50.47\%$$



Para el cálculo de fiabilidad e infiabilidad mediante el método analítico, es necesario analizar el número de actividades, de falla, su tiempo de operación, y realizar las diferentes operaciones aritméticas, para su respectivo análisis como se muestra en la tabla 38:

*Tabla 38: Hoja de cálculo de la fiabilidad de Weibull.*

N° DE ACTIVIDAD	N° FALLA	TO (h)	Ln(TO)	(Ln(t)-X)^2	R(t)	R(t)%	F(t)	F(t)%
1	1	24	3,178	0,355	0,4953	49,53%	0,5047	50,47%
2	1	41,08	3,716	0,003	0,4138	41,38%	0,5862	58,62%
3	1	25,5	3,239	0,286	0,4863	48,63%	0,5137	51,37%
4	1	61,7	4,122	0,121	0,3504	35,04%	0,6496	64,96%
5	1	64	4,159	0,148	0,3447	34,47%	0,6553	65,53%
6	1	32,33	3,476	0,089	0,4506	45,06%	0,5494	54,94%
7	1	91	4,511	0,543	0,2904	29,04%	0,7096	70,96%
8	1	89	4,489	0,511	0,2938	29,38%	0,7062	70,62%
9	1	30,36	3,413	0,13	0,4601	46,01%	0,5399	53,99%
10	1	46,3	3,835	0,004	0,3952	39,52%	0,6048	60,48%
11	1	34,7	3,547	0,051	0,4398	43,98%	0,5602	56,02%
12	1	22,5	3,114	0,436	0,5048	50,48%	0,4952	49,52%
13	1	25,5	3,239	0,286	0,4863	48,63%	0,5137	51,37%
14	1	40,3	3,696	0,006	0,4167	41,67%	0,5833	58,33%
15	1	52,36	3,958	0,034	0,376	37,60%	0,624	62,40%
16	1	40	3,689	0,007	0,4179	41,79%	0,5821	58,21%
17	1	298	5,697	3,698	0,1294	12,94%	0,8706	87,06%
18	1	64	4,159	0,148	0,3447	34,47%	0,6553	65,53%
19	1	10,7	2,37	1,971	0,6073	60,73%	0,3927	39,27%
20	1	40	3,689	0,007	0,4179	41,79%	0,5821	58,21%
21	1	25	3,219	0,308	0,4892	48,92%	0,5108	51,08%
22	1	89	4,489	0,511	0,2938	29,38%	0,7062	70,62%
23	1	38,7	3,656	0,014	0,423	42,30%	0,577	57,70%
24	1	23,36	3,151	0,388	0,4993	49,93%	0,5007	50,07%
25	1	57,63	4,054	0,078	0,3611	36,11%	0,6389	63,89%
26	1	64	4,159	0,148	0,3447	34,47%	0,6553	65,53%
27	1	22,5	3,114	0,436	0,5048	50,48%	0,4952	49,52%
28	1	68,36	4,225	0,203	0,3345	33,45%	0,6655	66,55%
29	1	37,36	3,621	0,023	0,4284	42,84%	0,5716	57,16%
30	1	57	4,043	0,072	0,3628	36,28%	0,6372	63,72%
31	1	25	3,219	0,308	0,4892	48,92%	0,5108	51,08%
32	1	36	3,584	0,036	0,4341	43,41%	0,5659	56,59%
33	1	40,7	3,706	0,005	0,4152	41,52%	0,5848	58,48%
34	1	82	4,407	0,401	0,3063	30,63%	0,6937	69,37%
35	1	32,3	3,475	0,089	0,4507	45,07%	0,5493	54,93%
36	1	51,11	3,934	0,026	0,3798	37,98%	0,6202	62,02%
37	1	61,5	4,119	0,119	0,3509	35,09%	0,6491	64,91%
38	1	57,33	4,049	0,076	0,3619	36,19%	0,6381	63,81%

Tabla 38: Continuación.

N° DE ACTIVIDAD	N° FALLA	TO (h)	Ln(TO)	(Ln(t)-X)^2	R(t)	R(t)%	F(t)	F(t)%
39	1	60	4,094	0,102	0,3548	35,48%	0,6452	64,52%
40	1	40	3,689	0,007	0,4179	41,79%	0,5821	58,21%
41	1	28,03	3,333	0,194	0,4722	47,22%	0,5278	52,78%
42	1	53,36	3,977	0,041	0,3731	37,31%	0,6269	62,69%
43	1	40	3,689	0,007	0,4179	41,79%	0,5821	58,21%
<b>SUMA</b>	<b>43</b>	<b>2223,5</b>	<b>162,30</b>	<b>12,42</b>	<b>17,38</b>	<b>17,38</b>	<b>25,61</b>	<b>25,61</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1</b>	<b>51,711</b>	<b>3,774</b>	<b>0,289</b>	<b>0,404</b>	<b>0,404</b>	<b>0,596</b>	<b>0,596</b>

Con los datos obtenidos de la Tabla 38, se trazó las curvas de fiabilidad e in fiabilidad vs. Tiempo de operación en tendencia exponencial, lo cual nos indica que tan confiables es su posibilidad de fallar a cierto tiempo, representados en la Figura 12 , los valores máximos de fiabilidad son del 60.73% y el valor mínimo es del 12.94%, mientras que en la Figura 13 en la in fiabilidad su valor mínimo es del 49.52% y su máximo del 87.06%, respecto al valor del coeficiente de correlación  $R^2$ , la fiabilidad presenta un valor elevado del 0.9016, mientras que para su in fiabilidad de la máquina roladora es del 0.6113.

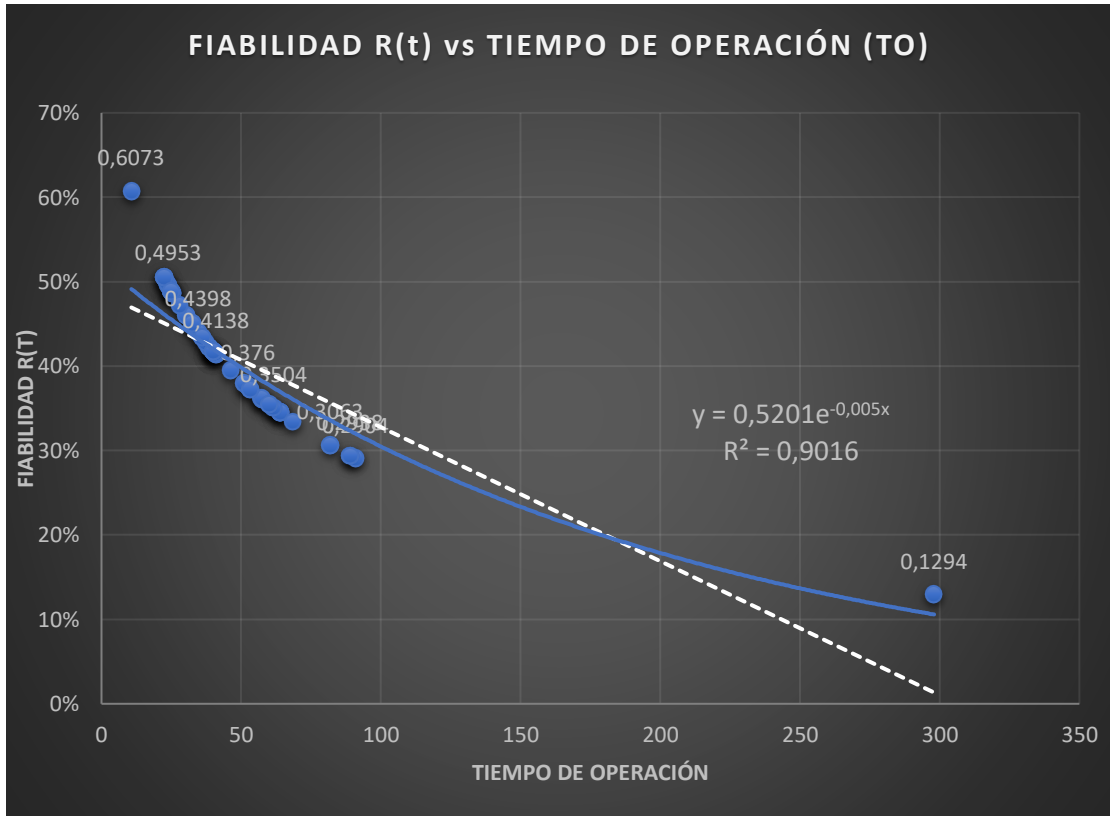
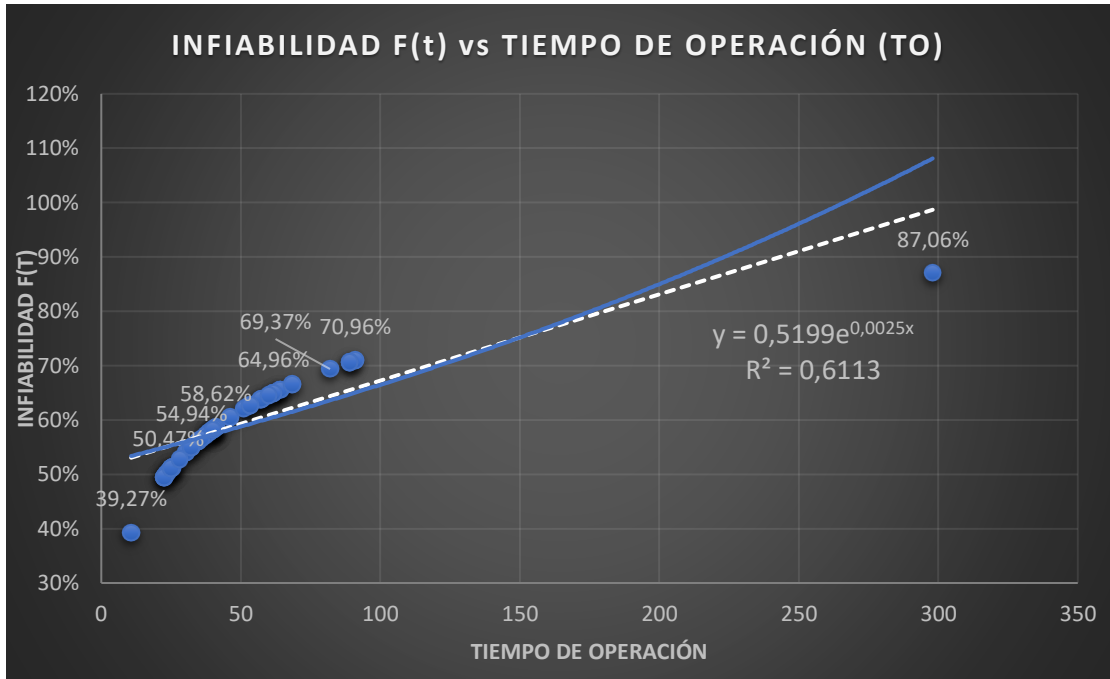


Figura 12: Gráfica de la fiabilidad vs Tiempo de operación para la máquina roladora.



**Figura 13:** Gráfica de la infiabilidad vs Tiempo de operación para la máquina roladora

### 3.1.7.1.2. Modelo Gráfico Roladora

Para el desarrollo del método gráfico de Weibull es importante ordenar de menor a mayor los tiempos de operación de las actividades del estadístico, posteriormente se utiliza la fórmula de cálculo de la falla acumulativa, considerando que existe una falla, además el tamaño muestra es mayor a la 20 se emplea la siguiente fórmula:

$$F(i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} \quad \text{Ec. 19}$$

$$F(1) = \frac{1 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.0161$$

$$F(2) = \frac{2 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.0392$$

$$F(3) = \frac{3 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.0622$$

$$F(4) = \frac{4 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.0853$$

$$F(5) = \frac{5 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.1083$$

$$F(6) = \frac{6 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.1313$$

$$F(7) = \frac{7 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.1544$$

$$F(8) = \frac{8 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.1774$$

$$F(9) = \frac{9 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.2005$$

$$F(10) = \frac{10 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.2235$$

$$F(11) = \frac{11 - 0.3}{43 + 0.4} = 0.2465$$

El rango medio se puede calcular con una hoja de Excel, para luego formar un par ordenado entre el Tiempo de operación y la falla acumulativa para el cálculo de fiabilidad mediante el papel de Weibull, como lo indica la Tabla 39.

**Tabla 39:** Cálculo del porcentaje de falla acumulativa.

N° DE FALLAS(i)	TO (h)	RANGO MEDIO	FALLA ACUMULATIVA Fi (%)
1	10,7	0,0161	1,61%
2	22,5	0,0392	3,92%
3	22,5	0,0622	6,22%
4	23,36	0,0853	8,53%
5	24	0,1083	10,83%
6	25	0,1313	13,13%
7	25	0,1544	15,44%
8	25,5	0,1774	17,74%
9	25,5	0,2005	20,05%
10	28,03	0,2235	22,35%
11	30,36	0,2465	24,65%
12	32,3	0,2696	26,96%
13	32,33	0,2926	29,26%
14	34,7	0,3157	31,57%
15	36	0,3387	33,87%
16	37,36	0,3618	36,18%
17	38,7	0,3848	38,48%
18	40	0,4078	40,78%

**Tabla 39:** Continuación.

<b>N° DE FALLAS(i)</b>	<b>TO (h)</b>	<b>RANGO MEDIO</b>	<b>FALLA ACUMULATIVA Fi (%)</b>
19	40	0,4309	43,09%
20	40	0,4539	45,39%
21	40	0,477	47,70%
22	40,3	0,5	50,00%
23	40,7	0,523	52,30%
24	41,08	0,5461	54,61%
25	46,3	0,5691	56,91%
26	51,11	0,5922	59,22%
27	52,36	0,6152	61,52%
28	53,36	0,6382	63,82%
29	57	0,6613	66,13%
30	57,33	0,6843	68,43%
31	57,63	0,7074	70,74%
32	60	0,7304	73,04%
33	61,5	0,7535	75,35%
34	61,7	0,7765	77,65%
35	64	0,7995	79,95%
36	64	0,8226	82,26%
37	64	0,8456	84,56%
38	68,36	0,8687	86,87%
39	82	0,8917	89,17%
40	89	0,9147	91,47%
41	89	0,9378	93,78%
42	91	0,9608	96,08%
43	298	0,9839	98,39%

Luego de haber obtenido una dispersión del tiempo de operación en el eje X y la falla acumulativa en Y, todo esto sobre el papel de Weibull, luego de trazar una línea en la que estén cercanos la mayoría de los puntos, posteriormente se traza una línea perpendicular al punto de referencia o estimación del papel, luego se procede a tomar los puntos por donde cruzan para encontrar los siguientes valores:

- $P_{\mu}$ : Parámetro de escala
- $\beta$ : Parámetro de forma
- $\eta$ : Parámetro calculado del papel de Weibull

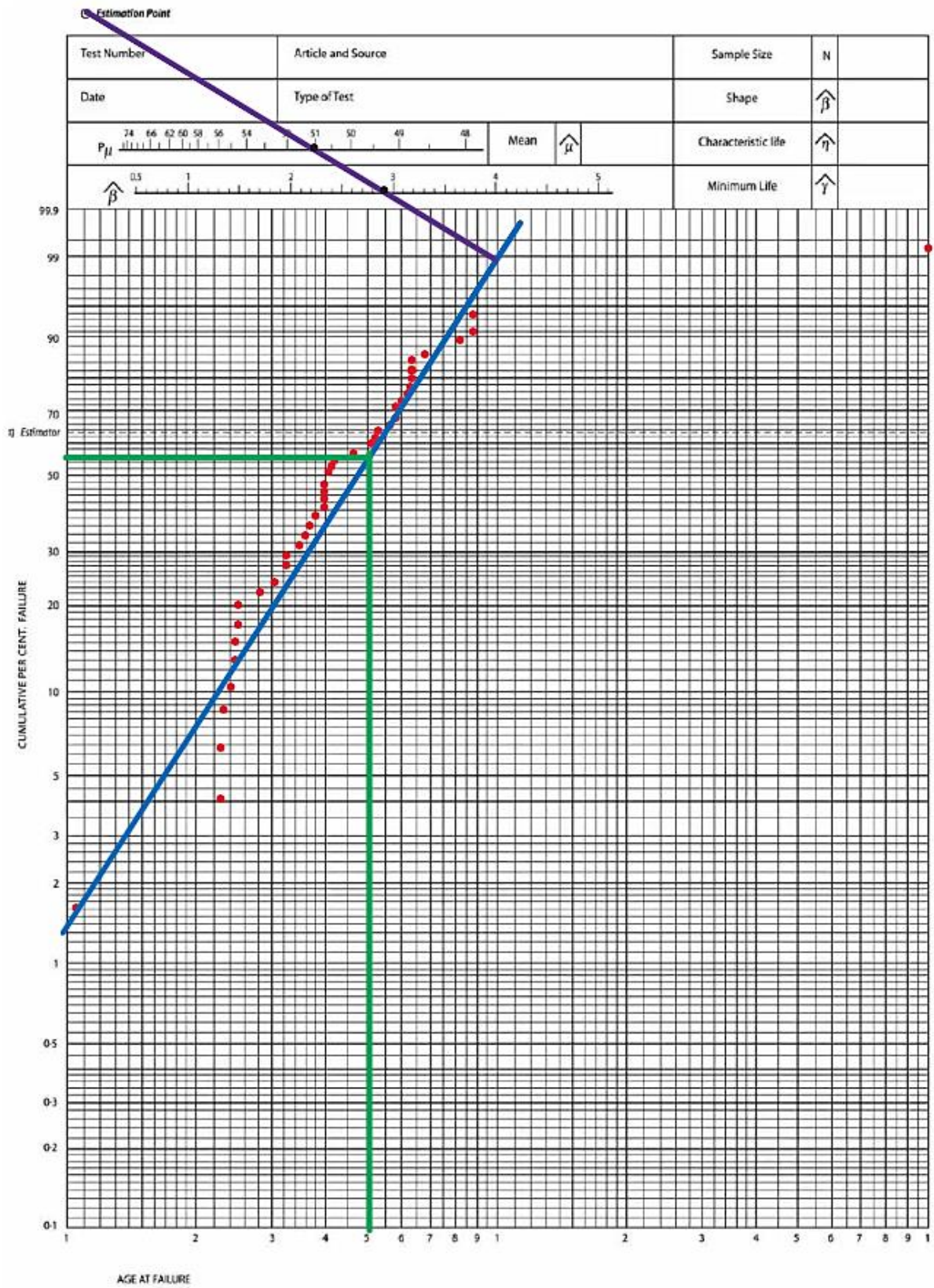


Figura 14: Papel de Weibull de la Roladora

En la Figura 14 se puede observar los datos de dispersión, para poder determinar los puntos, los cuales están unidos entre si mediante una línea color azul, y otra línea de color violeta perpendicular que nos permite obtener el valor de estimación, el parámetro de forma, el parámetro de escala, parámetros presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 40:** Coeficientes de fallos.

<b>COEFICIENTES</b>	
<b>PU</b>	51
<b>BETA<math>\beta</math></b>	2,9
<b>u</b>	500
<b>GAMMA (<math>\gamma</math>)</b>	0

Luego de encontrar los coeficientes de fallos con el papel de Weibull se puede calcular la fiabilidad de las máquinas con la siguiente fórmula:

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{T_o - \gamma}{n} \right)^\beta \right] \quad \text{Ec. 20}$$

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{10.7 - 0}{500} \right)^{2.9} \right]$$

$$R(t) = 0.99999$$

y para la in fiabilidad es:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad \text{Ec. 21}$$

$$F(t) = 1 - 0.99999$$

$$F(t) = 0.00001$$

Para facilitar la obtención de datos, se utilizó una hoja de cálculo para describir los datos obtenidos de la Tabla 39.

*Tabla 41: Hoja de cálculo para la fiabilidad de Weibull por el método gráfico de la roladora.*

N° DE FALLAS(i)	TO (h)	RANGO MEDIO	FALLA ACUMULATIVA Fi (%)	R(t)	R(t)%	F(t)	F(t)%
1	10,7	0,0161	1,61%	0,99999	100,00%	0,00001	0,00%
2	22,5	0,0392	3,92%	0,99988	99,99%	0,00012	0,01%
3	22,5	0,0622	6,22%	0,99988	99,99%	0,00012	0,01%
4	23,36	0,0853	8,53%	0,99986	99,99%	0,00014	0,01%
5	24	0,1083	10,83%	0,99985	99,99%	0,00015	0,01%
6	25	0,1313	13,13%	0,9998	99,98%	0,0002	0,02%
7	25	0,1544	15,44%	0,9998	99,98%	0,0002	0,02%
8	25,5	0,1774	17,74%	0,9998	99,98%	0,0002	0,02%
9	25,5	0,2005	20,05%	0,9998	99,98%	0,0002	0,02%
10	28,03	0,2235	22,35%	0,9998	99,98%	0,0002	0,02%
11	30,36	0,2465	24,65%	0,9997	99,97%	0,0003	0,03%
12	32,3	0,2696	26,96%	0,9996	99,96%	0,0004	0,04%
13	32,33	0,2926	29,26%	0,9996	99,96%	0,0004	0,04%
14	34,7	0,3157	31,57%	0,9996	99,96%	0,0004	0,04%
15	36	0,3387	33,87%	0,9995	99,95%	0,0005	0,05%
16	37,36	0,3618	36,18%	0,9995	99,95%	0,0005	0,05%
17	38,7	0,3848	38,48%	0,9994	99,94%	0,0006	0,06%
18	40	0,4078	40,78%	0,9993	99,93%	0,0007	0,07%
19	40	0,4309	43,09%	0,9993	99,93%	0,0007	0,07%
20	40	0,4539	45,39%	0,9993	99,93%	0,0007	0,07%
21	40	0,477	47,70%	0,9993	99,93%	0,0007	0,07%
22	40,3	0,5	50,00%	0,9993	99,93%	0,0007	0,07%
23	40,7	0,523	52,30%	0,9993	99,93%	0,0007	0,07%
24	41,08	0,5461	54,61%	0,9993	99,93%	0,0007	0,07%
25	46,3	0,5691	56,91%	0,999	99,90%	0,001	0,10%
26	51,11	0,5922	59,22%	0,9987	99,87%	0,0013	0,13%
27	52,36	0,6152	61,52%	0,9986	99,86%	0,0014	0,14%
28	53,36	0,6382	63,82%	0,9985	99,85%	0,0015	0,15%
29	57	0,6613	66,13%	0,9982	99,82%	0,0018	0,18%
30	57,33	0,6843	68,43%	0,9981	99,81%	0,0019	0,19%
31	57,63	0,7074	70,74%	0,9981	99,81%	0,0019	0,19%
32	60	0,7304	73,04%	0,9979	99,79%	0,0021	0,21%
33	61,5	0,7535	75,35%	0,9977	99,77%	0,0023	0,23%
34	61,7	0,7765	77,65%	0,9977	99,77%	0,0023	0,23%
35	64	0,7995	79,95%	0,9974	99,74%	0,0026	0,26%
36	64	0,8226	82,26%	0,9974	99,74%	0,0026	0,26%
37	64	0,8456	84,56%	0,9974	99,74%	0,0026	0,26%
38	68,36	0,8687	86,87%	0,9969	99,69%	0,0031	0,31%
39	82	0,8917	89,17%	0,9947	99,47%	0,0053	0,53%



Tabla 41: Conclusión.

N° DE FALLAS(i)	TO (h)	RANGO MEDIO	FALLA ACUMULATIVA Fi (%)	R(t)	R(t)%	F(t)	F(t)%
40	89	0,9147	91,47%	0,9933	99,33%	0,0067	0,67%
41	89	0,9378	93,78%	0,9933	99,33%	0,0067	0,67%
42	91	0,9608	96,08%	0,9929	99,29%	0,0071	0,71%
43	298	0,9839	98,39%	0,8002	80,02%	0,1998	19,98%

De la Tabla 41, se obtiene la gráfica de fiabilidad R(t) vs tiempo de operación TO(h), además del coeficiente de correlación y su tendencia, adquiridos mediante el análisis gráfico de weibull.

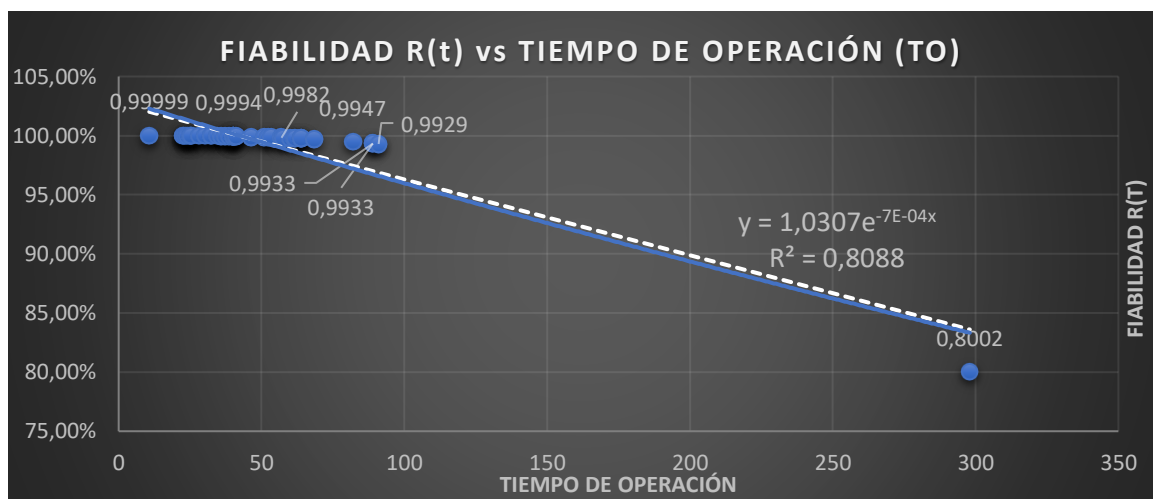


Figura 15: Gráfica de la confiabilidad vs tiempo de operación de la máquina roladora

### Interpretación:

- El valor  $R^2$  de correlación de la gráfica en una línea de tendencia exponencial, permitiéndonos determinar cómo se encuentra el estado de mantenimiento de las máquinas.
- La fiabilidad máxima es del 99.99% en 10.7 horas de funcionamiento de las máquinas, mientras que el valor mínimo de la fiabilidad es del 80.02% con un tiempo de operación de 298 horas.
- La gráfica indica que, a mayor tiempo de operación menor índice de fiabilidad, además de que su valor R de correlación disminuye, indicando que existen mayores actividades pendientes de mantenimiento debido a fallas o averías.

### 3.1.8. Bitácora de mantenimiento preventivo basada en las curvas de fiabilidad de Weibull

Las bitácoras de mantenimiento, es un sistema para detallar las actividades necesarias para mejorar la vida útil de maquinaria, esto se lo realiza analizando, el estadístico, la matriz AMFE, las gráficas de Weibull con sus respectivos métodos, para evitar fallas o averías que provocan pérdidas en la producción, recursos, como se indica en la tabla 41, se establece un código de colores para indicar la frecuencia de mantenimiento de la siguiente manera:

*Tabla 42: Cuadro de frecuencias de mantenimiento para la bitácora*

COLOR	FRECUENCIA
Verde	Diaria
Naranja	Semanal
Azul	Mensual
Rojo	Trimestral
Amarillo	Semestral
Púrpura	Anual

### 3.1.9. Gamas de mantenimiento

Las gamas de mantenimiento son actividades que se realizan mensualmente para mejorar la vida útil de las máquinas, las bitácoras se componen de las gamas desarrolladas, estas son dependientes de los elementos componentes críticos estudiados en la matriz AMFE, para llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo y gestionarlo.

En la realización del plan preventivo para las máquinas de la empresa MEGAINGGA S.A., se puede apreciar las diferentes actividades de mantenimiento para la máquina roladora, considerando el tiempo indicado en los manuales de usuario, catálogos y reportes de mantenimiento, los cuales están distribuidos a lo largo de un año.

Tabla 43: Bitácora de mantenimiento


																																																			
				ÁREA DE MAQUINADO																																															
				BITÁCORA DE MANTENIMIENTO DE MANTENIMIENTO																																															
MÁQ	N°	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ROLADORA	1	Inspección visual de la máquina	5 min	Yellow																																															
	2	Revisión de anclajes	3 min	Yellow																																															
	3	Limpieza de la máquina	30 min	Blue																																															
	4	Revisión del rodillo superior	42 min	Blue																																															
	5	Revisión del motor eléctrico	17 min	Red																																															
	6	Análisis de vibraciones del motor eléctrico	120 min	Red																																															
	7	Revisión de ruidos extraños en el motor	10 min	Yellow																																															
	8	Inspección y limpieza de los rodillos	45 min	Blue																																															
	9	Análisis de ruidos de la maquinaria	15 min	Blue																																															
	10	Lubricación de la palanca de torque	8 min	Yellow																																															
	11	Limpieza de la máquina	15 min	Green																																															
	12	Inspección del estado de las bandas	10 min	Red																																															
	13	Ajuste de pernos de la carcasa	5 min	Red																																															

Tabla 43: Bitácora de mantenimiento (continuación).



																																																			
				ÁREA DE MAQUINADO																																															
				GAMA DE MANTENIMIENTO																																															
MAQ	N°	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ROLADORA	14	Revisión de la cantidad de lubricante de la caja de reductora	30 min	Green																																															
	15	Limpieza superficial de la máquina	10 min	Green																																															
	16	Engrasar piñones	15 min	White, with red cells at Feb 4, May 4, Aug 4, Nov 4																																															
	17	Reemplazo del filtro de aceite	25 min	White, with yellow cells at Mar 4, Sep 4																																															
	18	Inspeccionar y lubricar la palanca de torque	30 min	Yellow																																															
	19	Revisión de la parada de emergencia	3 min	Green																																															
	20	Verificación del estado de los cojinetes	5 min	Yellow																																															
	21	Cambio de aceite	15 min	White, with red cells at Mar 1, May 1, Aug 1, Nov 1																																															

Tabla 43: Bitácora de mantenimiento (continuación).

																																																							
				ÁREA DE MAQUINADO																																																			
				GAMA DE MANTENIMIENTO																																																			
MÁQ	Nº	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO		FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE									
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
ROLADORA	22	Lubricación de rodamientos	20 min	█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█			
	23	Revisión de sincronización del movimiento de los rodillos	30 min	█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█							
	24	Inspección de estado de las chumaceras	35 min		█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█						
	25	Cambio de cojinetes	120 min												█																█																								
	26	Análisis de pandeo de los rodillos	120 min												█																█																								
	27	Revisión del estado de oxidación de los rodillos	10 min												█																█																								
	28	Control de desgaste de engranajes	30 min								█												█																																
	29	Inspección de conexiones eléctricas	10 min	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█								
	30	Limpieza de la placa electrónica	20 min								█												█																																



## **3.2. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **3.2.1. Objetivos del plan**

#### **3.2.1.1. Objetivo General**

- Mejorar la vida útil de las máquinas del área de mecanizado de la empresa MEGAINGGA S.A. de la ciudad de Latacunga, para un correcto funcionamiento y disminuir la tasa de fallos.

#### **3.2.1.2. Objetivos Específicos**

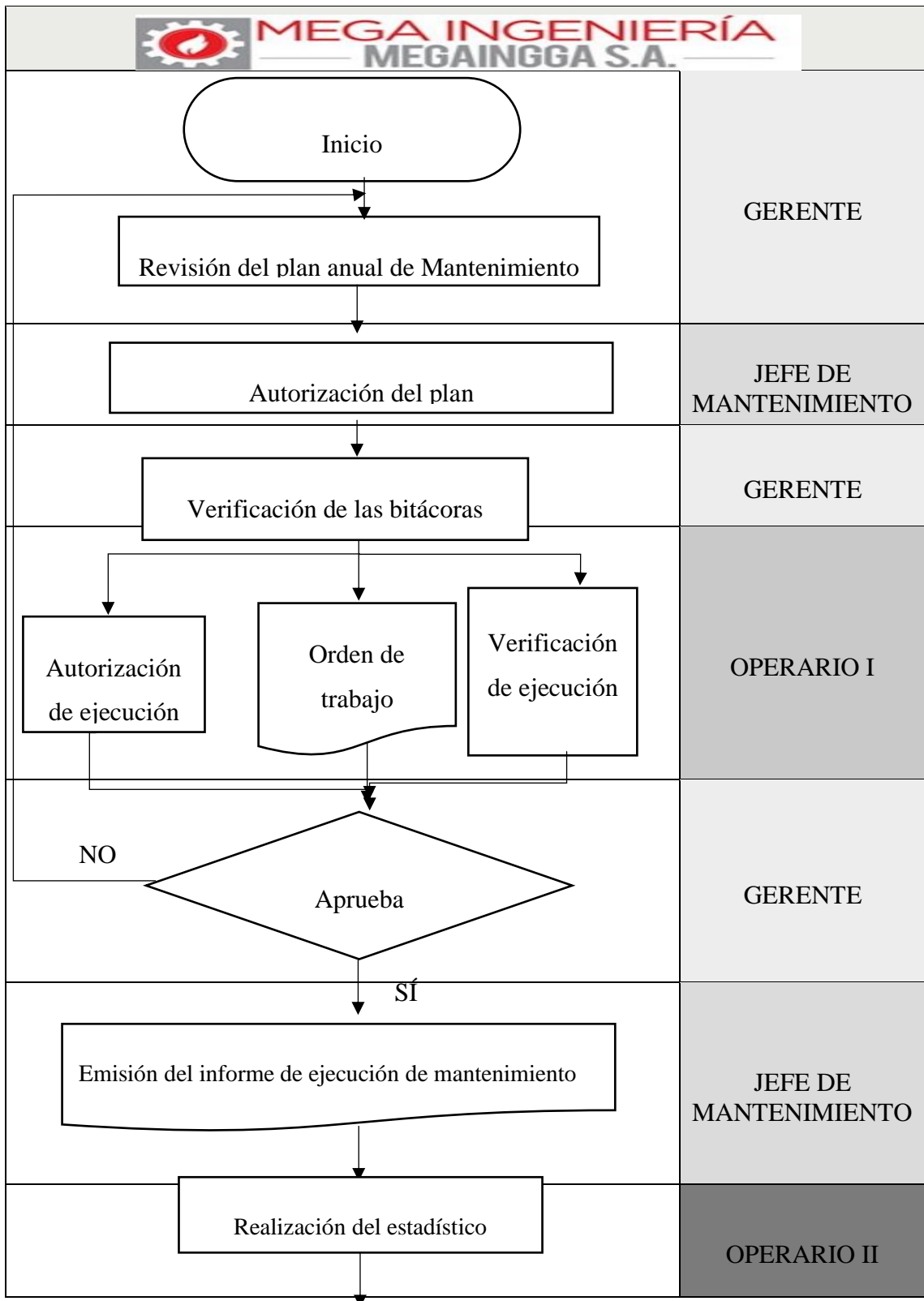
- Establecer un plan de mantenimiento preventivo anual específico para las máquinas ubicadas en la nave industrial de MEGAINGGA S.A en la ciudad de Latacunga.
- Realimentar continuamente el desarrollo del mantenimiento preventivo para futuros análisis tanto de maquinaria presente en la planta como para nueva maquinaria que adquirirá MEGAINGGA S.A. en un futuro.
- Desarrollar un estadístico para analizar la fiabilidad e infiabilidad de las máquinas para desarrollar parámetros para criticidad de las máquinas y componentes presentes en la planta.

### **3.2.2. Alcance**

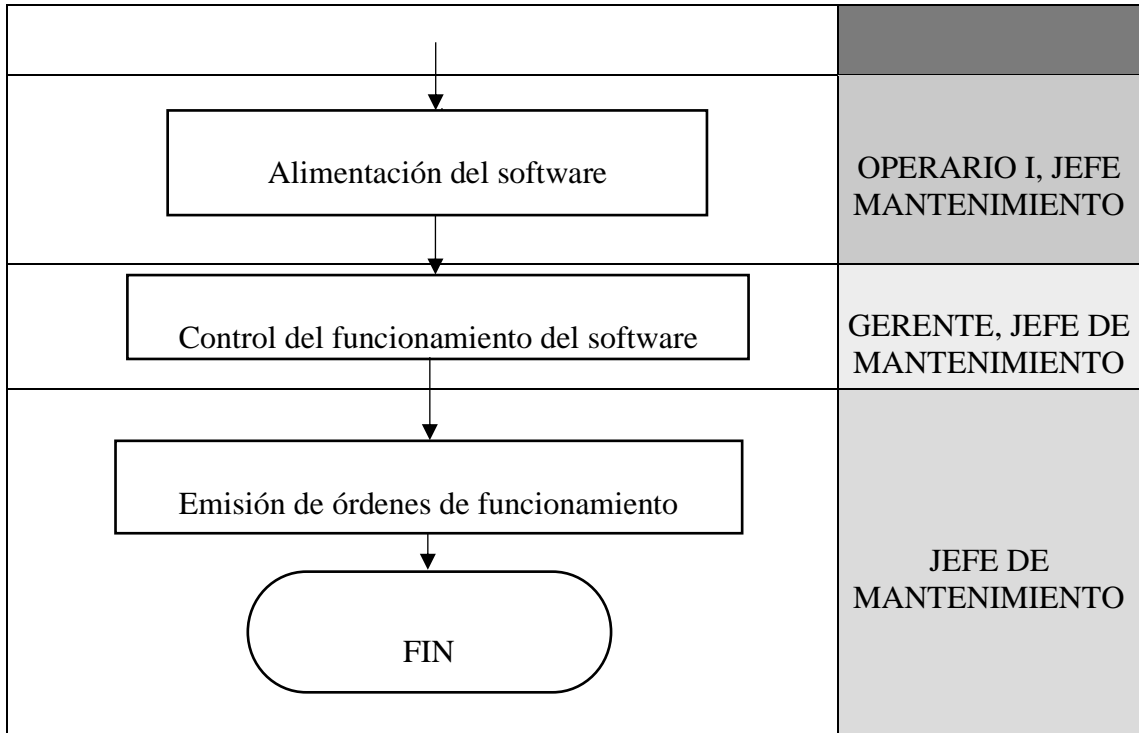
- La tesis desarrollada tendrá la finalidad únicamente para el mantenimiento de las máquinas para el área de producción, roladora, cizalla hidráulica, roscadora de tubos, prensa hidráulica, entre otros de la planta industrial de MEGAINGGA S.A., ubicada en la ciudad de Latacunga.

### 3.2.3. Procedimiento

Tabla 44: Diagrama de procesos para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.



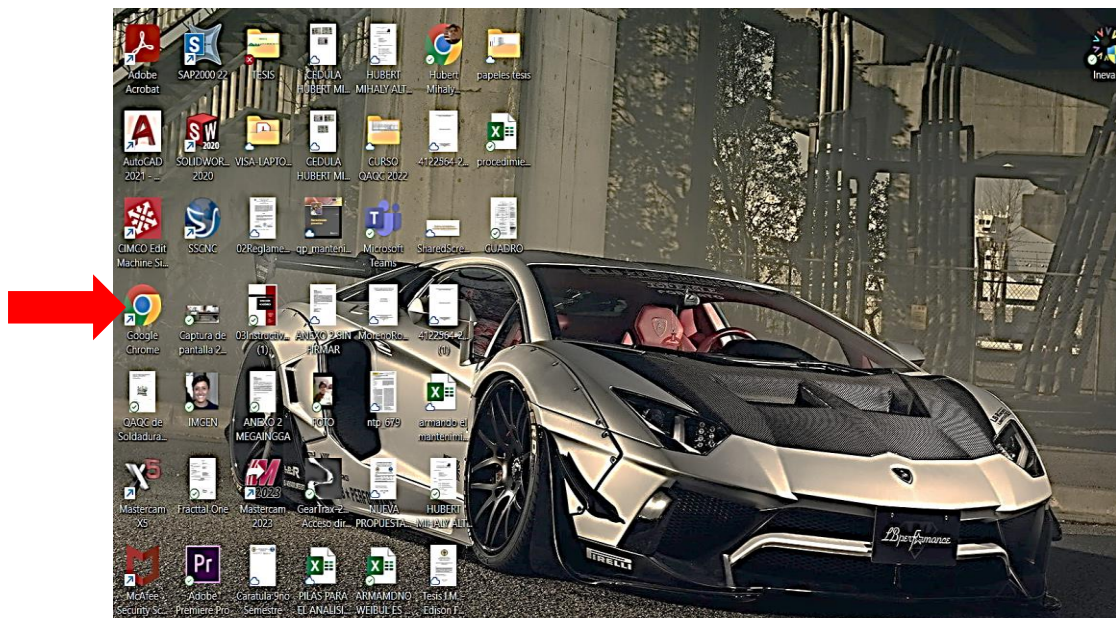




### 3.2.4. Instructivo del Software ONE FRACTAL

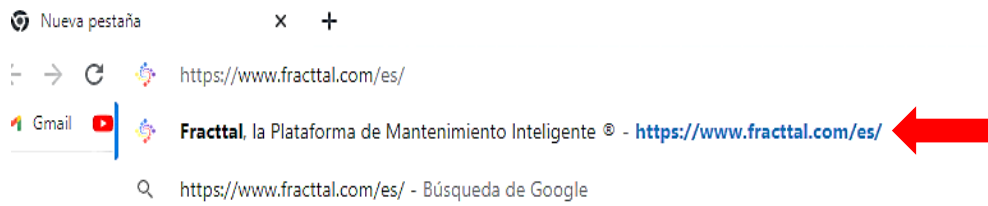
Para el uso del software es primordial mantenerse conectado a una red de internet.

1. Ingresar a un navegador web (Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox, etc.)



2. Ingresamos en el buscador, en el recuadro marcado el siguiente enlace:

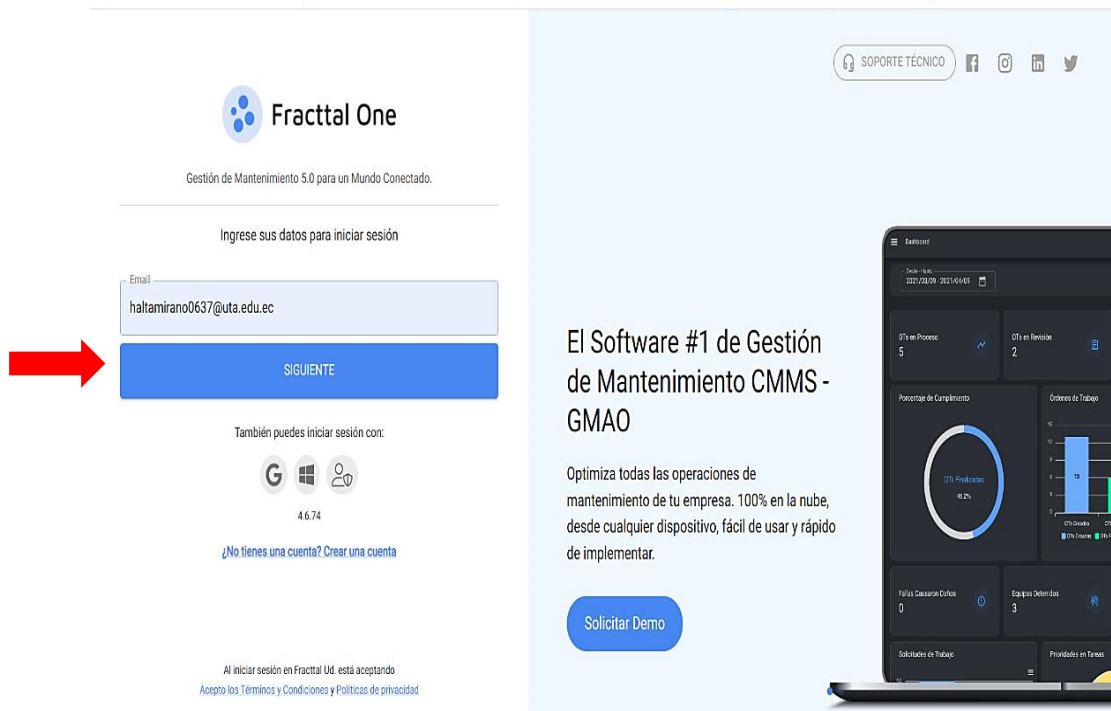
<https://www.fracttal.com/es/>



3. Una vez ingresado en la página web de FRACTTAL ONE, realizamos un clic en la pestaña login, para entrar al sistema.



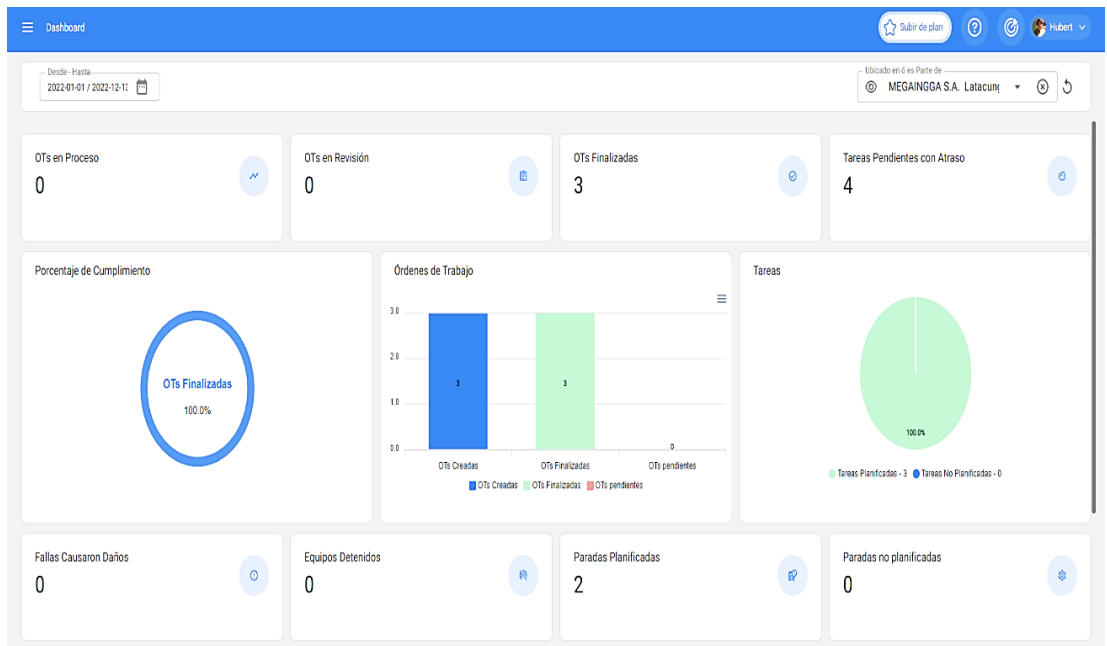
- Realizado el paso anterior, la página nos abrirá una nueva ventana en la cual debemos ingresar nuestros datos, principalmente nuestro correo electrónico y damos un clic en siguiente.



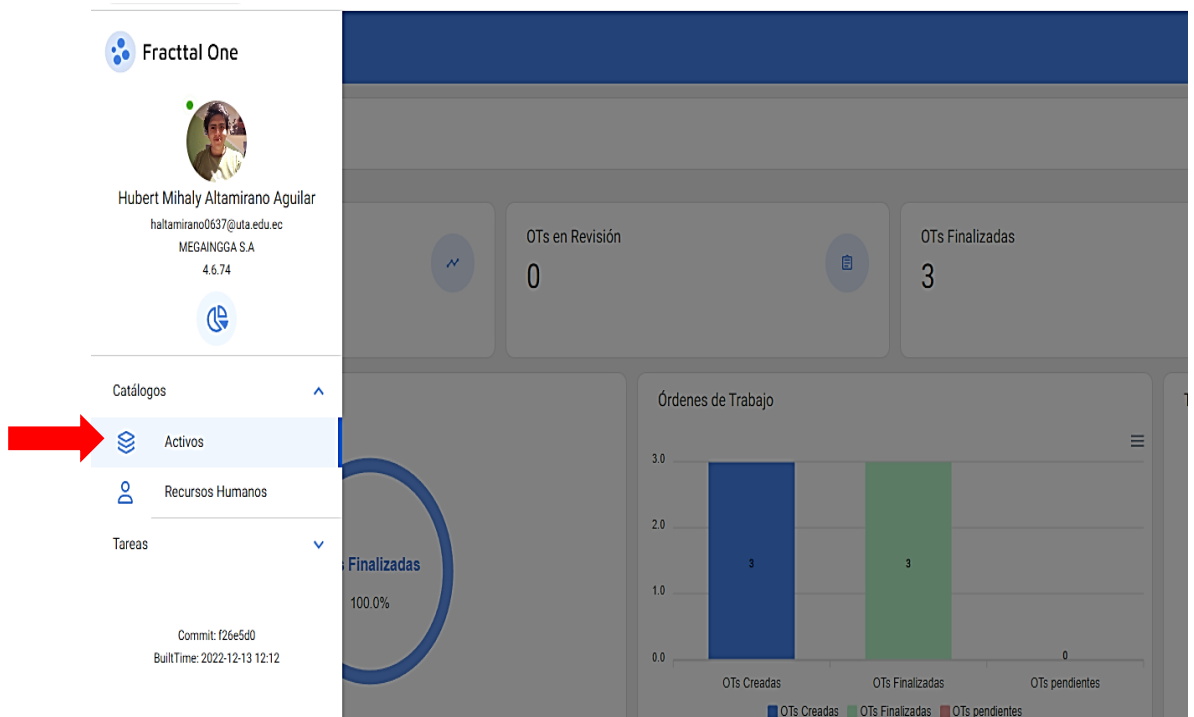
- Posteriormente nos pedirá nuestra contraseña e iniciaremos sesión



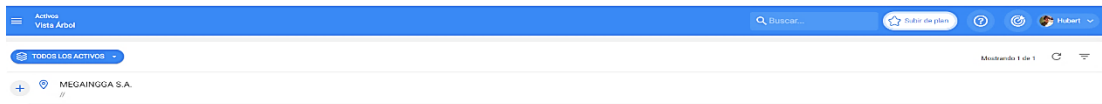
6. Luego de iniciar sesión en FRACTTAL ONE, la página nos presenta el siguiente cuadro de mando o Dashboard



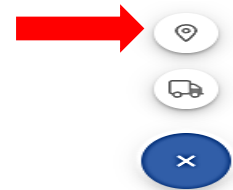
7. Ingresado en cuadro de mando, nos acercamos con el cursor a la pestaña de dashboard, se desplegará un menú del programa, para añadir nuestros activos.



8. Para generar un activo, se presiona en el botón más, para la creación de activos como ubicaciones y equipos.



9. Para el inicio del programa se comienza con añadir la ubicación



10. En la pestaña de ubicación, realizaremos una ubicación general, agregando su nombre, una foto del lugar e información técnica (Código postal, dirección, código de denominación de la empresa etc.), todo esto se llena en los recuadros mostrados en la siguiente imagen.

MEGAINGGA S.A. Belizano Quevedo Latacunga 050105 Cot... ELABORAR

Localización: // MEGAINGGA S.A./

Nombre: MEGAINGGA S.A. Código: INGGGA-04-PRC-01

Dirección: Belizano Quevedo

Ciudad: Latacunga

Departamento / Estado / Región: Cotopaxi

País: Ecuador

Código Área: 050105

Mapa Satélite

Combinaciones de bases Datos de mapa ©2022 1m Condiciones de Servicio Informar un error en el mapa

Fecha de servicio: No **Habilitado**

Información **Tiene cambios pendientes por guardar**

Detalles

General

Formulario Personalizado

Estado de Salud **OK**

Terceros

Requisitos y Suministros

Historiales

Adjuntos

Prioridad: Media Latitud: -0.9806735 Longitud: -78.5971059

Tipo: NAVE INDUSTRIAL Clasificación 1: ÁREA DE PRODUCCIÓN Clasificación 2: ÁREA DE MECANIZADO

11. Una vez llenada toda la información necesaria, se da un clic en el botón azul, que indica guardar.

MEGAINGGA S.A. Belizario Quevedo Latacunga 050105 Cot...

Localización // MEGAINGGA S.A./

Nombre MEGAINGGA S.A. Código INGGA-04-PRC-01

Dirección Belizario Quevedo

Ciudad Latacunga

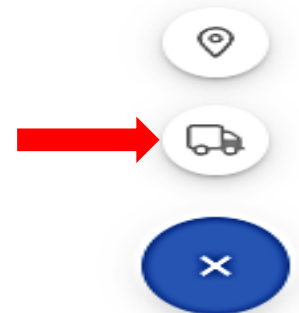
Departamento / Estado / Región Cotopaxi

Busca en el mapa

MEGAINGGA S.A.

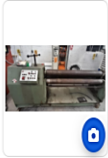
Guaradar

12. Una vez llenada la información de la ubicación de la empresa se procede a ingresar los equipos.



13. Para el ingreso de nuevos equipos se procede de manera similar a la ubicación sin embargo hay otros parámetros para establecer una ficha técnica de la máquina, como la ubicación, la matricula, imagen de la máquina, año de adquisición, que tipo de sistema emplea para su funcionamiento, el tipo de mantenimiento, etc.

Roladora UCIMU M 927 1973 MOTOR 1: 3 HP MOTOR: 2 HP ... GUARDAR




Fuera de servicio: No

Habilitado

Detalles

- General
- Formulario Personalizado
- Estado de Salud mas
- Financiero
- Terceros
- Repuestos y Suministros
- Historiales



Ubicado en ó es Parte de

Nombre  Código

Fabricante  Modelo

Número de Serial  Otro 1

Otro 2  Código de Barras  Prioridad


Tipo  Clasificación 1  Clasificación 2

Proveedor  Fecha de Compra

Horas de uso promedio diario   Visible para todos

14. Para finalizar y luego de llenar todos los recuadros se procede a presionar en la pestaña guardar.

Roladora UCIMU M 927 1973 MOTOR 1: 3 HP MOTOR: 2 HP ... ➔ GUARDAR




Fuera de servicio: No

Habilitado

Información

Tiene cambios pendientes por guardar!



Ubicado en ó es Parte de

Nombre  Código

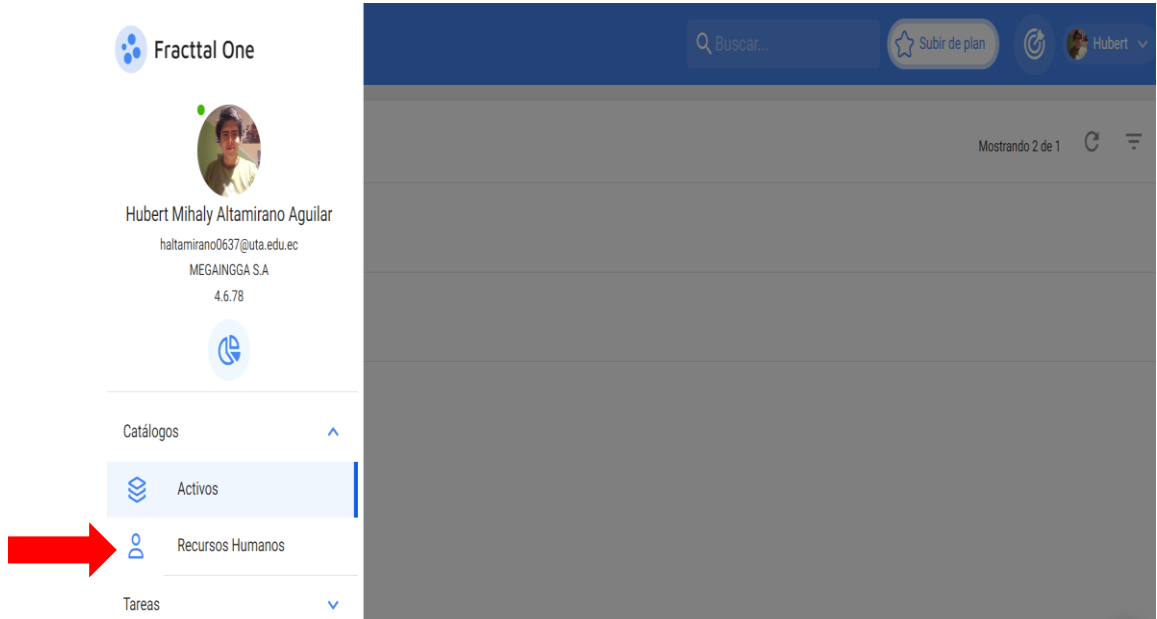
Fabricante  Modelo

Número de Serial  Otro 1

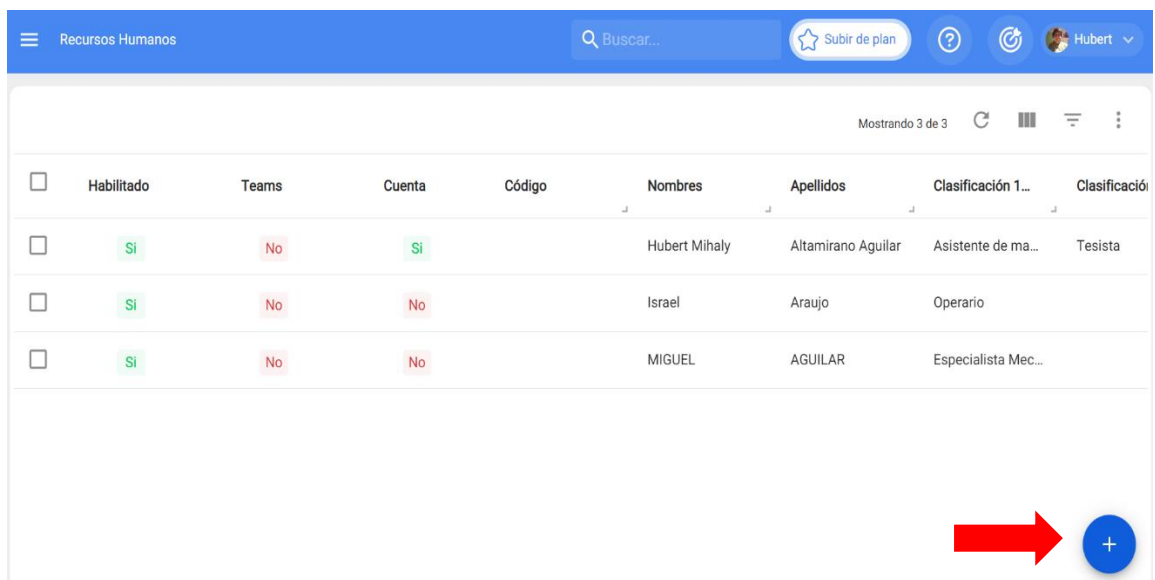
Otro 2  Código de Barras  Prioridad

es

15. Para adicionar recursos humanos, desplegamos la pestaña catálogos, encontraremos un icono para adicionar al personal responsable para la ejecución del mantenimiento.



16. Damos un clic en botón azul para adicionar personal.





17. Para completarlo debemos llenar los campos obligatorios, siendo estos: nombres, apellidos, dirección, una imagen del operario, salario, dirección, teléfono y firma.

**Habilitado**

**Detalles**

- General
- Formulario Personalizado
- Asignaciones
- Adjuntos
- Gestión Documental

**Nombres:** MIGUEL

**Apellidos:** AGUILAR

**Código:** INGA-002-0001

**Email:** stevaldancar@gmail.com

**Clasificación 1:** Especialista Mecánico

**Clasificación 2:** OPERARIO

**Dirección:** Cotopaxi y 20 de julio

**Ciudad:** Puyo

**Departamento / Estado / Región:** pastaza

**País:** Ecuador

**Código Área:** 050601

**Latitud:** -0.9806735

**Longitud:** -78.5971059

**Valor Hora Ordinaria:** Especialista de Mantenimiento

**Horario laboral:** 8:00 a 17:00

18. Una vez cargada la información de la función catálogos, se procederá a generar un plan de tareas.

**Fractal One**

**Hubert Mihaly Altamirano Aguilar**  
haltamirano0637@uta.edu.ec  
MEGAINGGA S.A  
4.6.74

**Catálogos**

**Tareas**

- Plan de Tareas
- Órdenes de Trabajo

Commit: f26e5d0  
BuiltTime: 2022-12-13 12:12

Cuenta	Código	Nombres	Apellidos	Clasificación 1...
Si	INGA-002-004	Hubert Mihaly	Altamirano Aguilar	Asistente de ma...
No		Israel	Araujo	Operario
No	INGA-002-0001	MIGUEL	AGUILAR	Especialista Mec...

19. Posteriormente le damos clic en el botón más y describimos el plan de tareas, posteriormente guardamos.

PLAN DE MTTTO DE LA ROLADORA

Subir de plan Hubert

PLAN DE MTTTO DE LA ROLADORA

GUARDAR

Información  
Tiene cambios pendientes por guardar!

Descripción  
PLAN DE MTTTO DE LA ROLADORA

Limitar Acceso a Esta Localización  
MEGAINGGA S.A. Belizario Quevedo Latacunga 050105 Co

Detalles

Tareas asociadas  
35

Activos Vinculados  
2

General

Tareas

Activos Vinculados

20. Luego nos dirigimos a tareas y agregamos una descripción en los diferentes campos.

PLAN DE MTTTO DE LA ROLADORA

Información  
Tiene cambios pendientes por guardar!

Detalles

General

Tareas

Activos Vinculados

<input type="checkbox"/>	Descripción	Configur...	Prioridad...	Duración estimada
<input type="checkbox"/>	ANÁLISIS DE CHUMACERAS	Si	Media	35mins
<input type="checkbox"/>	ANÁLISIS DE LAS BOTONERAS	Si	Media	15mins
<input type="checkbox"/>	ANÁLISIS DE PANDEO DE LOS RODILLOS	Si	Alta	02H 00mins
<input type="checkbox"/>	ANÁLISIS DE VIBRACIONES	Si	Alta	02H 00mins
<input type="checkbox"/>	CAMBIO DE ACEITE	Si	Alta	15mins
<input type="checkbox"/>	ENGRASE DE PIÑONES	Si	Alta	15mins
<input type="checkbox"/>	ESTADO DE ENGRANAJES	Si	Media	08H 00mins

21. Estos pueden ser el tipo de tarea, sus clasificaciones, su prioridad, duración estimada del mantenimiento y el tiempo de para del mantenimiento, además aquí se puede programar la frecuencia que se debe realizar para su mantenimiento.

The screenshot shows a mobile application interface for task management. On the left, a list of tasks is displayed with columns for 'Descripción', 'Configur...', 'Prioridad...', and 'Duración'. The tasks listed are:

Descripción	Configur...	Prioridad...	Duración
MANTENIMIENTO DE LA CARCASA	Si		
ANÁLISIS DE CHUMACERAS	Si	Media	
ANÁLISIS DE LAS BOTONERAS	Si	Media	
ANÁLISIS DE PANDEO DE LOS RODILLOS	Si	Alta	
ANÁLISIS DE VIBRACIONES	Si	Alta	
CAMBIO DE ACEITE	Si	Alta	
ENGRASE DE PIÑONES	Si	Alta	
ESTADO DE ENGRANAJES	Si	Media	

On the right, the 'Nueva tarea' (New task) configuration form is shown. It includes the following fields:

- Descripción:** MANTENIMIENTO DE LA CARCASA
- Tipo de tarea:** PREVENTIVO
- Clasificación 1:** GESTION DE SERVICIOS GENERALES
- Clasificación 2:** REQUIERE REVISIÓN ANTES DE ACCIONAR LA MÁC
- Prioridad:** Media
- Duración estimada:** 000:10
- Tiempo de paro por mantenimiento:** 000:00

22. Además, se puede adicionar activadores para establecer en cada actividad de mantenimiento y su respectiva frecuencia de tiempo para mantenimiento.

This screenshot shows the 'Activadores' (Triggers) section of the task configuration form. The form fields are:

- Prioridad:** Media
- Duración estimada:** 000:10
- Tiempo de paro por mantenimiento:** 000:00

Below these fields, there is a section titled 'Activadores' with the text 'Mostrando 0 de 0'. A message at the bottom states: 'Debes agregar al menos un activador' (You must add at least one trigger). There is a plus icon to add a trigger and a close icon (X) at the bottom right.

23. En el activador se puede establecer la fecha, frecuencia y si es fija o no dicha actividad.

Activador Fecha

Hacer Cada  
1

Frecuencia  
Dia(s)

Repetir  
Siempre

¿Programación fija?

24. Una vez guardada y realizada todo el proceso anterior, se procederá ingresar a la pestaña subtareas.

25. En la pestaña de subtareas nos permitirá detallar un paso a paso de lo que se necesita ejecutar para el mantenimiento.

GENERAL SUBTAREAS RECURSOS ADJUNTOS

Mostrando 2 de 2

1. Lubricación de la chumacera para un correcto funcionamiento de los rodillos  
Tipo: Texto  
Grupo/Parte: LUBRICACIÓN  
Obligatorio: Si  
Iteraciones: ---

2. CONSIDERAR LA LUBRIACION, Y TOMAR EN CUENTA TOLERACIAS DE AJUSTE  
Tipo: Texto  
Grupo/Parte: LUBRICACIÓN  
Obligatorio: Si  
Iteraciones: ---

26. La herramienta de subtareas presenta algunas alternativas para el desarrollo, siendo las siguientes: Textos, Si/No, Check-list entre otros.

← Agregar Subtarea

Obligatorio

Orden  
3

Tipo  
Texto

- Texto
- Si / No
- Número
- Verificación
- Localización GPS
- Lista
- Fecha y hora

27. Una vez definida las tareas posteriormente vinculamos nuestros activos

Tareas  
Plan de Tareas

← PLAN DE MTTO DE LA ROLADORA

Detalles

- General
- Tareas
- Activos Vinculados

← Editar

GENERAL SUBTAREAS RECURSOS ADJUNTOS

Mostrando 2 de 2

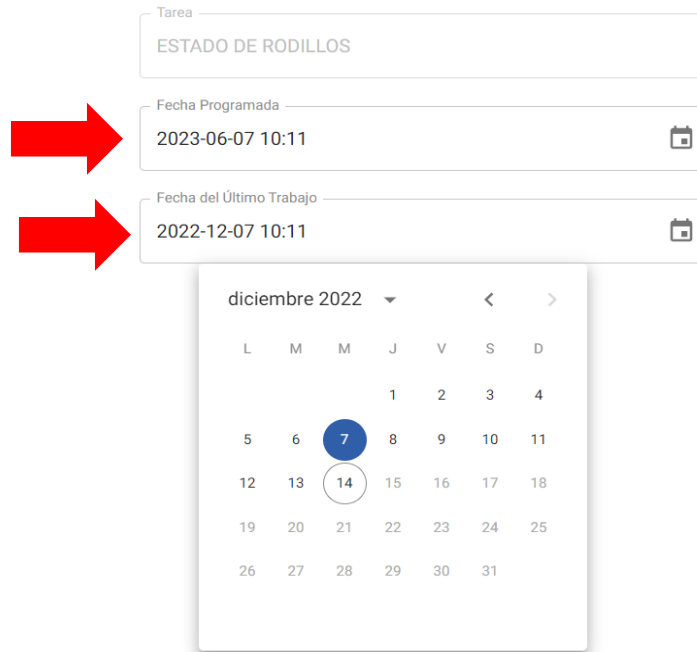
1. Lubricación de la chumacera para un correcto funcionamiento de los rodillos

Tipo: Texto  
Grupo/Parte: LUBRICACIÓN  
Obligatorio: ● Si  
Iteraciones: —

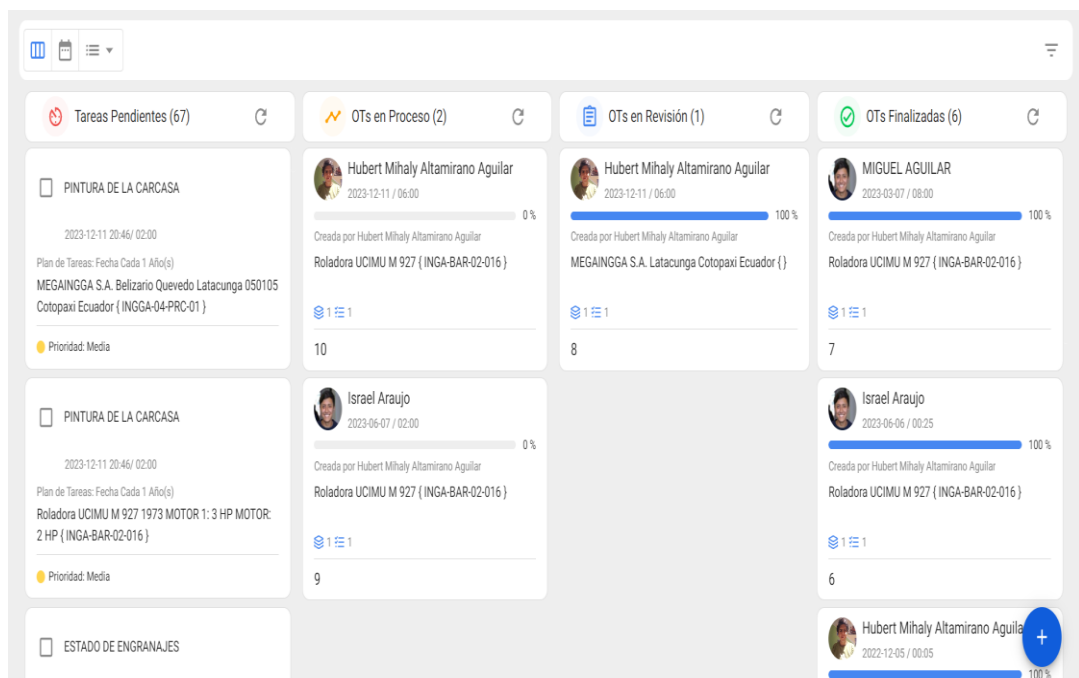
2. CONSIDERAR LA LUBRIACION, Y TOMAR EN CUENTA TOLERACIAS DE AJUSTE

Tipo: Texto  
Grupo/Parte: LUBRICACIÓN  
Obligatorio: ● Si  
Iteraciones: —

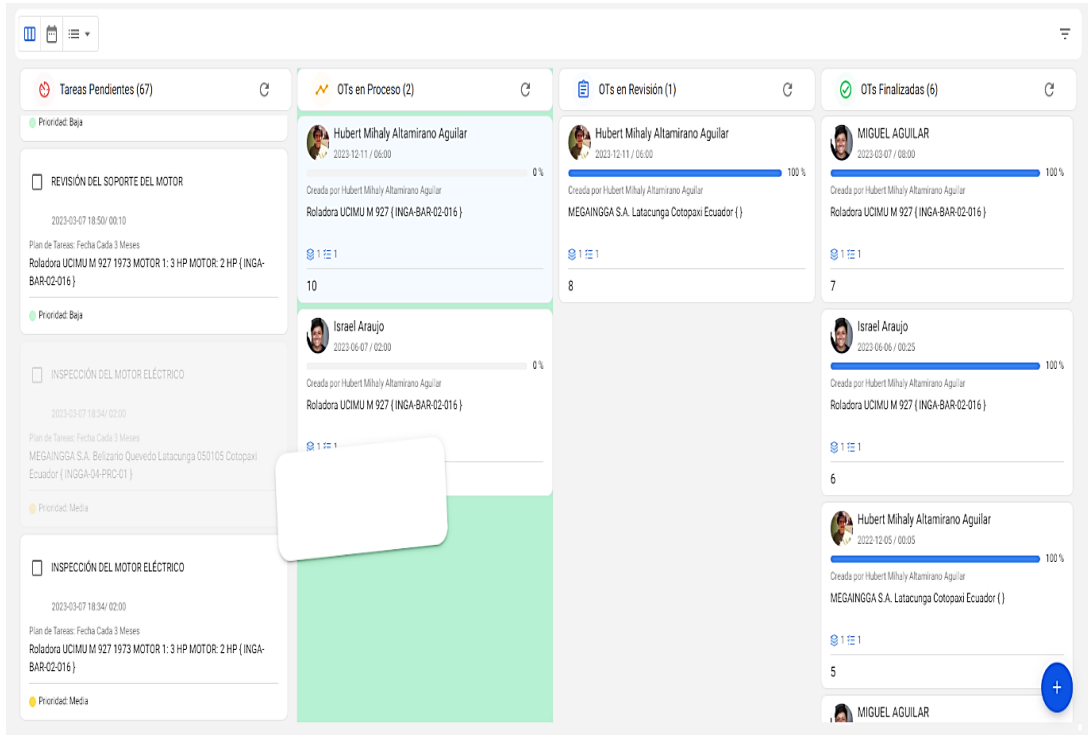
28. Luego damos clic en las actividades donde programamos las fechas y hora en la que se debe realizar la ejecución del mantenimiento, permitiendo la automatización para la programación de una bitácora de mantenimiento.



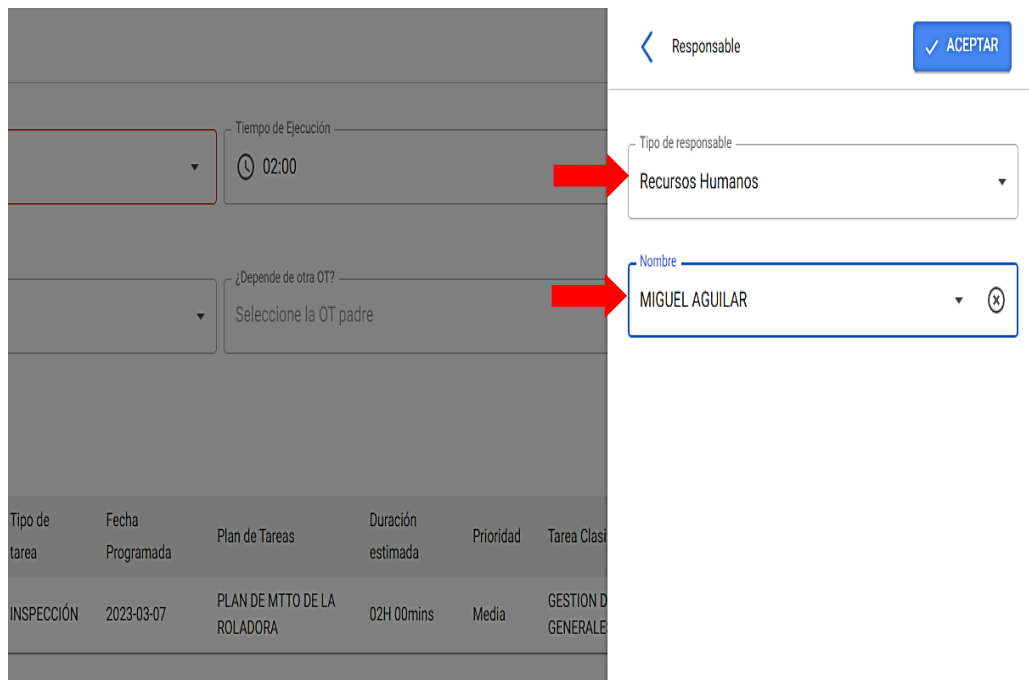
29. Una vez generado las órdenes de trabajo en el cuadro de mando las actividades se mostrarán así:



30. Para empezar en el dashboard, las actividades, pueden ser cambiadas entre procesos, solo con el desplazamiento del mouse a la siguiente actividad.



31. Una vez asignada la Orden de trabajo en proceso, se asignará recursos y responsables técnicos para su respectiva ejecución.



32. Una vez asignado los recursos, se da un clic en recuadro azul para la generación de la orden de trabajo.

Generar Nueva Orden de Trabajo

GENERAR OT

Responsable\*  
MIGUEL AGUILAR

Tempo de Ejecución  
02:00

Modo de creación  
Todo en una OT

¿Depende de otra OT?  
Seleccione la OT padre

33. Para la ejecución de la orden de trabajo, se procede a revisar el detalle de la tarea.

Orden de Trabajo

10

Tareas Total: 1 ↑

Roladora UCIMU M 927 { INGA-BAR-02-016 }  
// MEGAINGGA S.A./

RECTIFICAR RODILLOS

Tipo de tarea: PREVENTIVO  
Clasificación 1: RECTIFICADO  
Clasificación 2: REQUIERE DESARMAR COMPONENTES

Nro Solicitud:  
Fecha Programada: 2023-12-11  
Duración estimada: 06:00:00

Detalle de tarea

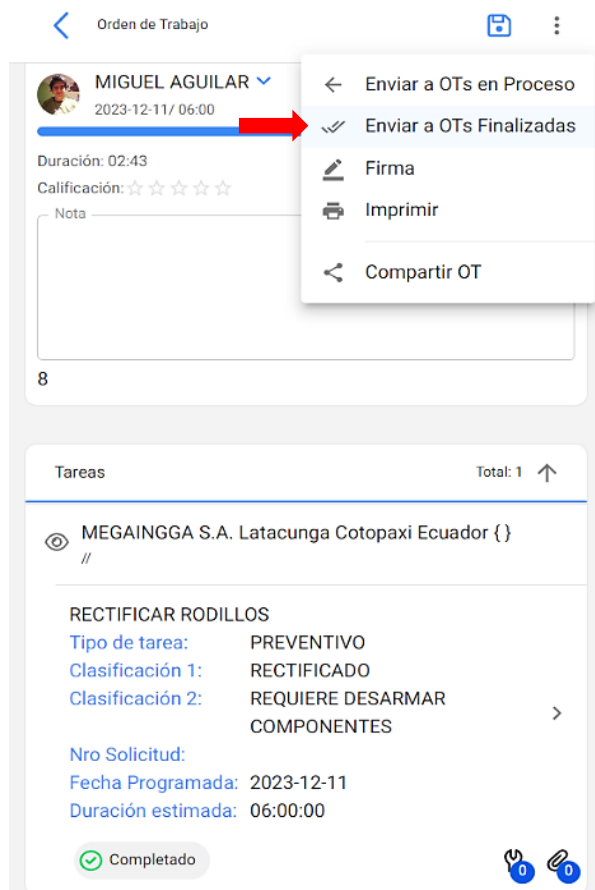




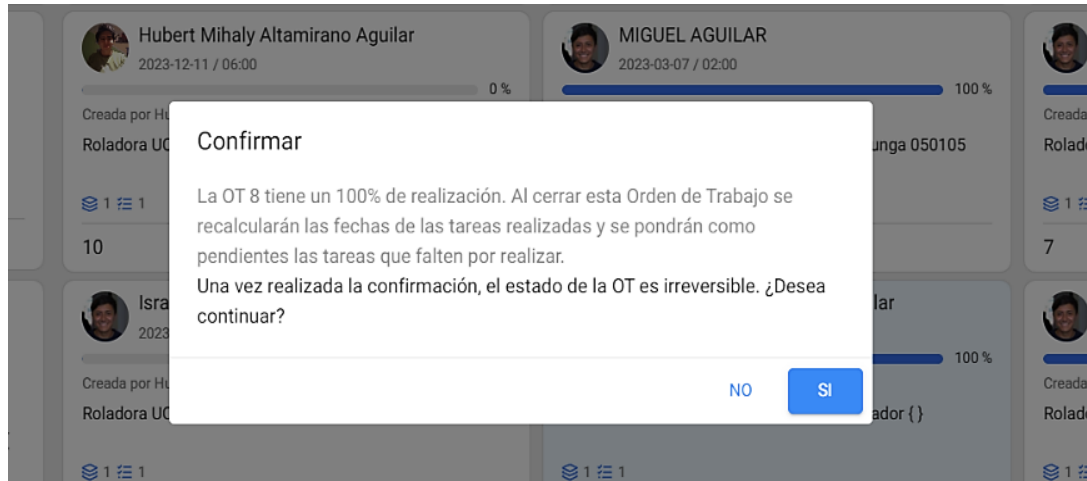
36. Aceptando que se realizó a cabalidad la orden de trabajo, nos pedirá que firme y seleccionamos guardar.



37. Una vez aprobada la orden de trabajo en la etapa de revisión, se la envía a la etapa de Orden de trabajo finalizada.



38. Una vez realizado el envío a las órdenes de trabajo finalizadas, el programa nos pregunta si desea cerrar el proceso, para recalcular fechas de las tareas realizadas.



39. Confirmamos que deseamos continuar y automáticamente se generaría la orden de trabajo.

N°: 5  
Fecha: 2022-12-06  
Calificación:

**MEGAINGGA S.A**  
Orden de Trabajo

GENERÓ: Hubert Mihaly Altamirano Aguilar	RESPONSABLE: Hubert Mihaly Altamirano Aguilar
DURACIÓN ESTIMADA: 00:05:00	NOTAS: EXCELENTE

**ACTIVOS**

DESCRIPCIÓN: MEGAINGGA S.A. Latacunga Cotopaxi Ecuador {}  
 UBICADO EN Ó ES PARTE DE: //  
 TIPO:  
 PRIORIDAD:  
 CÓDIGO DE BARRAS:


CLASIFICACIÓN 1:  
 CLASIFICACIÓN 2:  
 CENTRO DE COSTO:

**TAREAS PLANIFICADAS**

DESCRIPCIÓN: INSPECCIÓN VISUAL DE LA MÁQUINA	
FECHA PROGRAMADA: 2022-12-05	FECHA Y HORA DE INICIO: 2022-12-06 15:41
TIPO DE TAREA: INSPECCIÓN	FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN: 2022-12-06 15:48
PRIORIDAD: Baja	DURACIÓN ESTIMADA: 00:05:00
ACTIVADOR: Fecha Cada 1 Día(s)	TIEMPO DE EJECUCIÓN: 00:06:49
CLASIFICACIÓN 1: GESTION DE SERVICIOS GENERALES	TIEMPO REAL DE PARO DEL ACTIVO: 00:07:00
CLASIFICACIÓN 2: REQUIERE SER REALIZADO ANTES DEL COMIENZO DE LA JO	

**SUBTAREAS**

INDICAR EL DETALLE DEL ESTADO DE LA MÁQUINA	Revisión rápida del estado de la máquina funcionalmente y estéticamente	SE ENCUENTRA CORRECTAMENTE
---	---	----------------------------

		
ACEPTADO POR	VALIDADO POR	REALIZADO POR



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis estadístico se ha determinado la disponibilidad de las máquinas, en el presente proyecto técnico se exponen los resultados obtenidos de la máquina roladora, los cuales se detallan en la tabla 32 y en la figura 8, donde se obtuvo una disponibilidad máxima del 95,05% con un tiempo medio entre fallos de 33,6 horas y un valor mínimo de disponibilidad del 83,61% con un tiempo medio entre fallos de 130,12 horas, de manera que el resultado obtenido se pueden considerar ideales para un mantenimiento preventivo ya que se encuentran por encima del 60%.
- La realización del Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE, permitió establecer los modos de fallos, la causa raíz, el efecto, valores de frecuencia, gravedad y detectabilidad para cada uno de los componentes de la máquina roladora, de manera que mediante este análisis se obtuvo que los componentes críticos son el rodillo superior, engranajes, filtro de aceite, caja reductora, chumacera, paro de emergencia y tablero de control, por lo cual las actividades de mantenimiento deben ser prioridad en estos componentes.
- Se identificó la fiabilidad e in fiabilidad de la máquina roladora mediante el método Weibull, con los parámetros de tiempo de operación se elaboró el modelo matemático y el gráfico; en el cual se obtuvo que en el método matemático el valor máximo de fiabilidad fue de 60.73% y el mínimo de 12.94%, con relación a la in fiabilidad se obtuvo un valor máximo de 87.06% y mínimo del 49.52%. Para el modelo gráfico se obtuvo una fiabilidad máxima del 99.99% y mínima del 80,02% con un tiempo de operación de 10,7 y 298 horas respectivamente, como se indica en las gráficas de fiabilidad a mayor tiempo de operación menor índice de fiabilidad, igualmente el valor R de correlación disminuye, indicando que existe mayores actividades pendientes de mantenimiento debido a fallas o averías.

- Para el desarrollo de las bitácoras de mantenimiento se consideró las frecuencias de aplicación como, por ejemplo: diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual, igualmente con la ayuda de los manuales de usuario de la maquinaria se estableció las actividades de mantenimiento con su respectivo tiempo de duración.
- La realización de un programa de mantenimiento se desarrolló en el software “ONE FRACTTAL”, en la cual se detallan todas las actividades para la maquinaria de manera que permite complementar el proyecto técnico y tener una mejor visualización de las actividades de mantenimiento.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Realizar el inventario detallando todas las características de la maquinaria para facilitar la toma de decisiones y saber exactamente el número de máquinas para la realización del plan de mantenimiento.
- La elaboración de las matrices AMFE se debe realizar mediante las indicaciones que se describen en la NTP 679 y con los valores especificados, de manera que los resultados obtenidos sean los correctos.
- Para establecer el estadístico se debe describir los diferentes valores de tiempos lo más exacto posibles, de manera que los resultados que obtengamos estén dentro de los rangos para el mantenimiento preventivo.
- Las gráficas de fiabilidad e infiability se deben realizar con una escala conveniente para apreciar el comportamiento que tiene los datos, de manera que podamos analizar de mejor manera.
- Las bitácoras de mantenimiento se deben establecer de los manuales de usuario o de reportes de mantenimiento que se han realizado en la empresa para las tareas de prevención de la maquinaria.
- El programa de mantenimiento debe ser detallado de manera secuencial para que el personal de la empresa aplique las actividades de mantenimiento de manera oportuna.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Rey Sacristán, «Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo,» 2 Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/98/3064/a3064.pdf>. [Último acceso: 2 Junio 2022].
- [2] V. T. Juan Carlos, «Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la Empresa Extruplas S.A.,» Universidad Politécnica Salesina Sede Cuenca, 2010. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/831>. [Último acceso: 2022].
- [3] E. Caguana, Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en el mantenimiento productivo total para la maquinaria en la línea pintura de la empresa carrocías Varma de la ciudad de Ambato, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [4] C. R. Lozada López, Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para el área de enderezada y pintura en la empresa Kia Motors S.A., Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [5] J. P. Garzón, Interviewee, *Quinto Aniversario MEGAINNGA S.A.*. [Entrevista]. 6 Mayo 2022.
- [6] M. G. Vasco Robayo, Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Santiago de Píllaro aplicando un software libre, Ambato : Universidad Técnica de Ambato, 2017.

- [7] W. W. Tiddens, *Setting sail towards predictive maintenance: developing tools to conquer difficulties in the implementation of maintenance analytics*, Twente: University of Twente, 2018.
- [8] S. Garcia, *Organización y gestión integral de mantenimiento*, Madrid: Diaz Santos, 2010.
- [9] D. Velázquez y C. Camello, «Modelo para la gestión del Mantenimiento de un Sistema de Fabricación Híbrido con base en Políticas Corporativas y de Producción,» *Revista de Estudios Empresariales*, vol. 1, nº 2, pp. 118-134, 2020.
- [10] V. Gonzalez, *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*, Mexico DF: Grupo editorial patria, 2017.
- [11] C. Montilla, «Fundamentos de mantenimiento industrial,» Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2016.
- [12] S. Steven y R. Harteman, «Elaboracion de plan de mantenimiento para biblioteca, modular, aulas, laboratorios de la carrera de Ingenieria de Mantenimiento y taller de fundición-ESPOCH aplicando la metodología de Mantenimiento centrado en Confiabilidad,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2018.
- [13] E. Pico, «Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la inyectora de poliuretano de la Empresa Calzado Marcia- Buffalo Industrial,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.



- [14] C. Quispe, «Implementación de la Metodología de Weibull para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas industriales de la Empresa Carrocerías Jácome,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [15] J. Perez, «Análisis y desarrollo de un sistema de mantenimiento basado en la Metodología del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) en el proceso de producción del aceite de oliva virgen,» Universidad de Jaén, Jaén, 2019.
- [16] Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, NTP 679.
- [17] C. Parra, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos, 2012.
- [18] B. Lascano, «Desarrollo de un plan de mantenimiento de las máquinas Hidráulicas de Generación Eléctrica tipo Francis para la Central La Península mediante el mantenimiento centrado en la Confiabilidad RCM,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [19] Fiabilidad: la distribución de Weibull, NTP 331.
- [20] E. Ulloa, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo enfocado en la gestión de activos, mediante la utilización de la norma UNE EN 16646:2015 para la maquinaria de la Fabrica FORTECALZA NEW GENERATION ubicada en la ciudad de Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [21] E. L. Herrera, F. A. Medina y G. Naranjo, Tutoría de la Investigación, Ambato, 2008.

- [22] G. Ortíz, Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el área de molienda de la empresa molinos Miraflores de la ciudad de Ambato, Ambato: Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [23] Mega Ingeniería MEGAINGGA S.A., «Quienes Somos,» MEGAINGGA S.A., 27 Mayo 2022. [En línea]. Available: <http://megaingga.com/quienes-somos/>. [Último acceso: 29 Julio 2022].
- [24] T. y. S. M. R. aldés Sánchez, Introducción a la Estadística, Barcelona: Reverte, 2018.
- [25] P. Alisson, «“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MOLINO SANTA ROSA DE LA EMPRESA INSDUSTRIAS CATEDRAL S.A.”,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32148>. [Último acceso: 10 Mayo 2022].

# ANEXOS

## ANEXO I.



### 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 Bellóvi  
Ingeniero Industrial

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

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

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente. Evidentemente tal cliente o usuario podrá ser un trabajador o equipo de personas que 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 no vedoso 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 deberían 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 haña 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 estará 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 ser la 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 contribuyera 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 llega 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:		FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:		
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:		COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)		MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN		RESPONSABLE / PLAZO		SITUACIÓN DE MEJORA				
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES		ESTADO ACTUAL		ACCIÓN CORRECTORA	PROCESO Chapa / Ante proyecto	F	G	D	IPR	
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS							F
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8 8 2 128	Previsos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Ante proyecto				
	1.2			Pasafías fuera de geometría	Ninguna	8 8 2 128	Pasafías 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 / Ante proyecto				
	1.4	Malá calidad de soldadura	Retabajos, 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 / Ante proyecto				
	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 / Ante proyecto				
	1.6			Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10 8 2 180	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Ante proyecto				
	1.7	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10 8 2 180	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Ante proyecto				
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campañas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6 8 4 192	Colocar campañas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Ante proyecto				
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6 5 6 180	Caja de latón que proteja chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Ante proyecto				



TABLA 5. Continuación

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)														
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>			AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja:					
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:			DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:					
OPERACIÓN O FUNCIÓN			FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL			RESPONSABLE / PLAZO			SITUACIÓN DE MEJORA		
FALLO Nº	MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR	F	G	D	IPR		
Estaciones de geometría y soldadura en general	2.1	Dificultad de controlar puntos de soldadura ocultos	Rechazo, reparaciones, retrabajos	Imposibilidad de control al no poder sacar de la línea piezas que incluyen otras que después quedan tapadas	Ninguna	10	7	8	560	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	2.2	Piezas mal posicionadas o invertidas	Rechazos, retrabajos	Útil permite varias posiciones	Ninguna	10	10	5	500	Proceso Chapa / Anteproyecto				
Fechado y marcado de conjuntos	3.1	El marcador no marca	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Mal funcionamiento del marcador, rotura, falta de energía	Control visual y pe- nalización en audi- toría intermedia	10	6	1	60	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación				
	3.2	Marcaje deficiente	Identificación y reclamación dificultosa, rechazos	Incorrecta orientación respecto a la pieza	Control visual y pe- nalización en audi- toría intermedia	6	6	1	36	Debe integrarse el marcador como un elemento automático más de la instalación				

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 Díaz 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.*



## NTP 331. Fiabilidad: la distribución de Weibull

Fiabilité: la distribution de Weibull  
Reliability: the Weibull distribution

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.

### Redactor:

José M<sup>º</sup> Tamborero del Pino  
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

### Objetivo

El objetivo de la presente NTP es exponer un tipo de distribución estadística aplicable al estudio de la fiabilidad en problemas relativos a la fatiga y vida de componentes y materiales. La distribución de Weibull, que recibe su nombre del investigador sueco que la desarrolló, se caracteriza por considerar la tasa de fallos variable, siendo utilizada por su gran flexibilidad, al poder ajustarse a una gran variedad de funciones de fiabilidad de dispositivos o sistemas.

### Introducción

La prevención de pérdidas o seguridad industrial aplicada con rigor científico está basada, en gran parte, en la aplicación de los métodos probabilísticos a los problemas de fallos en los procesos industriales. Todo ello se ha llevado a cabo a través de una disciplina denominada ingeniería de fiabilidad, para la cual se disponen de las adecuadas técnicas de predicción, que han sido fundamentales para el aseguramiento de la calidad de productos y procesos. (Para recordar los conceptos básicos sobre fiabilidad se remite al lector a la NTP 316- Fiabilidad de componentes- la distribución exponencial).

La distribución de Weibull complementa a la distribución exponencial y a la normal, que son casos particulares de aquella, como veremos. A causa de su mayor complejidad sólo se usa cuando se sabe de antemano que una de ellas es la que mejor describe la distribución de fallos o cuando se han producido muchos fallos (al menos 10) y los tiempos correspondientes no se ajustan a una distribución más simple. En general es de gran aplicación en el campo de la mecánica.

Aunque existen dos tipos de soluciones analíticas de la distribución de Weibull (método de los momentos y método de máxima verosimilitud), ninguno de los dos se suele aplicar por su complejidad. En su lugar se utiliza la resolución gráfica a base de determinar un parámetro de origen ( $t_0$ ). Un papel especial para gráficos, llamado papel de Weibull, hace esto posible. El procedimiento gráfico, aunque exige varios pasos y una o dos iteraciones, es relativamente directo y requiere, a lo sumo, álgebra sencilla.

La distribución de Weibull nos permite estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar y que a través de nuestro registro de fallos observamos que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. El método no determina cuáles son las variables que influyen en la tasa de fallos, tarea que quedará en manos del analista, pero al menos la distribución de Weibull facilitará la identificación de aquellos y su consideración, aparte de disponer de una herramienta de predicción de comportamientos. Esta metodología es útil para aquellas empresas que desarrollan programas de mantenimiento preventivo de sus instalaciones.

### Características generales

Sabemos que la tasa de fallos se puede escribir, en función de la fiabilidad, de la siguiente forma:

$$\lambda(t) = - \frac{d[R(t)]}{R(t)}$$

$$\text{ó } R(t) = \exp \left[ - \int \lambda(t) dt \right]$$

siendo:

$\lambda(t)$  - Tasa de fallos

$R(t)$  - Fiabilidad

$F(t)$  - Infiabilidad o Función acumulativa de fallos

$t$  - Tiempo

En 1951 Weibull propuso que la expresión empírica más simple que podía representar una gran variedad de datos reales podía obtenerse escribiendo :

$$\int \lambda(t) dt = \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$$

por lo que la fiabilidad será:

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

siendo :

$t_0$  - parámetro inicial de localización

$\eta$  - parámetro de escala o vida característica

$\beta$  - parámetro de forma

Se ha podido demostrar que gran cantidad de representaciones de fiabilidades reales pueden ser obtenidas a través de ésta ecuación, que como se mostrará, es de muy fácil aplicación.

La distribución de Weibull se representa normalmente por la función acumulativa de distribución de fallos  $F(t)$ :

$$F(t) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

siendo la función densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2)$$

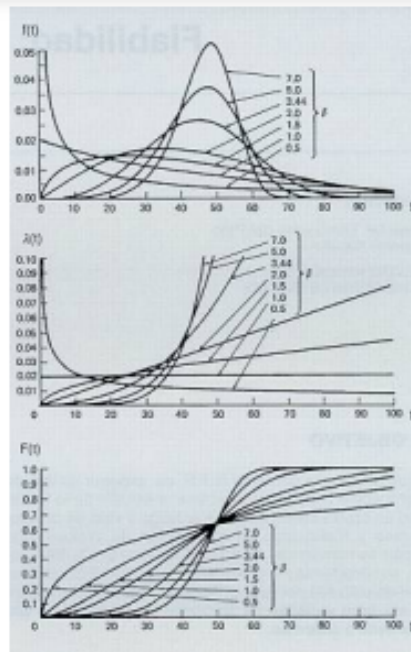
La tasa de fallos para esta distribución es:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (3)$$

Las ecuaciones (1), (2) y (3) sólo se aplican para valores de  $(t - t_0) \geq 0$ . Para valores de  $(t - t_0) < 0$ , las funciones de densidad y la tasa de fallos valen 0. Las constantes que aparecen en las expresiones anteriores tienen una interpretación física :

- $t_0$  es el parámetro de posición (unidad de tiempos) ó vida mínima y define el punto de partida u origen de la distribución.
- $\eta$  es el parámetro de escala, extensión de la distribución a lo largo, del eje de los tiempos. Cuando  $(t - t_0) = \eta$  la fiabilidad viene dada por:  
 $R(t) = \exp - (1)^\beta = 1/\exp 1^\beta = 1 / 2,718 = 0,368$  (36,8%)  
Entonces la constante representa también el tiempo, medido a partir de  $t_0 = 0$ , según lo cual dado que  $F(t) = 1 - 0,368 = 0,632$ , el 63,2 % de la población se espera que falle, cualquiera que sea el valor de  $\beta$  ya que como hemos visto su valor no influye en los cálculos realizados. Por esta razón también se le llama usualmente vida característica.
- $\beta$  es el parámetro de forma y representa la pendiente de la recta describiendo el grado de variación de la tasa de fallos.

Las variaciones de la densidad de probabilidad, tasa de fallos y función acumulativa de fallos en función del tiempo para los distintos valores de  $\beta$ , están representados gráficamente en la Figura 1.



**Fig. 1: Variación de la densidad de probabilidad  $f(t)$ , tasa de fallos  $\lambda(t)$  y la función acumulativa de fallos  $F(t)$  en función del tiempo para distintos valores del parámetro de forma  $\beta$**

Representación de los modos de fallo mediante la distribución de Weibull

En el estudio de la distribución se pueden dar las siguientes combinaciones de los parámetros de Weibull con mecanismos de fallo particulares:

- a.  $t_0 = 0$ : el mecanismo no tiene una duración de fiabilidad intrínseca, y:
  - o si  $\beta < 1$  la tasa de fallos disminuye con la edad sin llegar a cero, por lo que podemos suponer que nos encontramos en la juventud del componente con un margen de seguridad bajo, dando lugar a fallos por tensión de rotura.
  - o si  $\beta = 1$  la tasa de fallo se mantiene constante siempre lo que nos indica una característica de fallos aleatoria o pseudo-aleatoria. En este caso nos encontramos que la distribución de Weibull es igual a la exponencial.
  - o si  $\beta > 1$  la tasa de fallo se incrementa con la edad de forma continua lo que indica que los desgastes empiezan en el momento en que el mecanismo se pone en servicio.
  - o si  $\beta = 3,44$  se cumple que la media es igual a la mediana y la distribución de Weibull es sensiblemente igual a la normal.
- b.  $t_0 > 0$ : El mecanismo es intrínsecamente fiable desde el momento en que fue puesto en servicio hasta que  $t = t_0$ , y además:
  - o si  $\beta < 1$  hay fatiga u otro tipo de desgaste en el que la tasa de fallo disminuye con el tiempo después de un súbito incremento hasta  $t_0$ : valores de  $\beta$  bajos ( $\sim 0,5$ ) pueden asociarse con ciclos de fatigas bajos y los valores de  $\beta$  más elevados ( $\sim 0,8$ ) con ciclos más altos.
  - o si  $\beta > 1$  hay una erosión o desgaste similar en la que la constante de duración de carga disminuye continuamente con el incremento de la carga.
- c.  $t_0 < 0$ . Indica que el mecanismo fue utilizado o tuvo fallos antes de iniciar la toma de datos, de otro modo
  - o si  $\beta < 1$  podría tratarse de un fallo de juventud antes de su puesta en servicio, como resultado de un margen de seguridad bajo.
  - o si  $\beta > 1$  se trata de un desgaste por una disminución constante de la resistencia iniciado antes de su puesta en servicio, por ejemplo debido a una vida propia limitada que ha finalizado o era inadecuada.

## Análisis de Weibull

Uno de los problemas fundamentales de la distribución de Weibull es la evaluación de los parámetros ( $t_0$ ,  $\eta$ ,  $\beta$ ) de esta distribución. Para ello se dispone de dos métodos: a través únicamente del cálculo mediante el método de los momentos o el de máxima verosimilitud, en el que intervienen ecuaciones diferenciales difíciles de resolver, por lo que se utilizan poco, y mediante la resolución gráfica, que utiliza un papel a escala funcional llamado papel de Weibull o gráfico de Allen Plot que es el que vamos a desarrollar.

### Resolución gráfica

El papel de Weibull (fig. 2 y 3) está graduado a escala funcional de la siguiente forma:

En el eje de ordenadas se tiene:  $\ln [1 / 1 - F(t)]$  (Doble logaritmo neperiano)

En el eje de abscisas, tenemos:  $\ln (t - t_0)$

Existen tres casos posibles en función del valor de  $t_0$

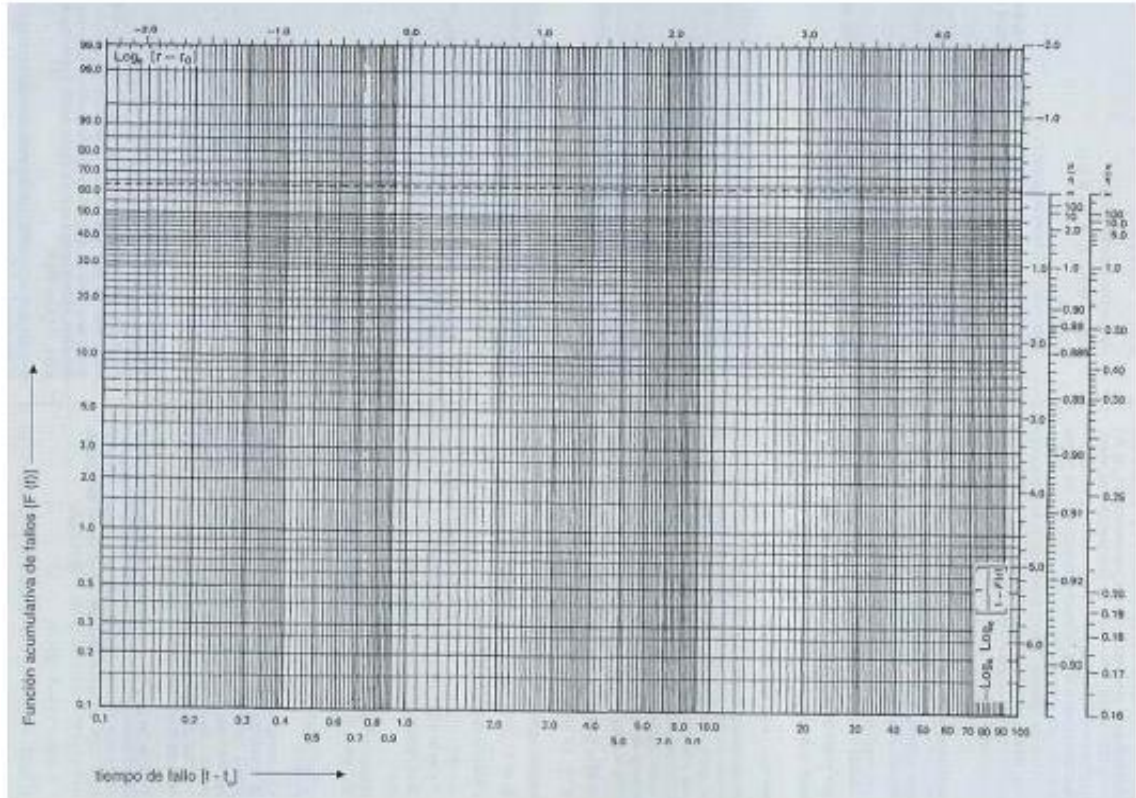


Fig. 2: Muestra del papel de Weibull

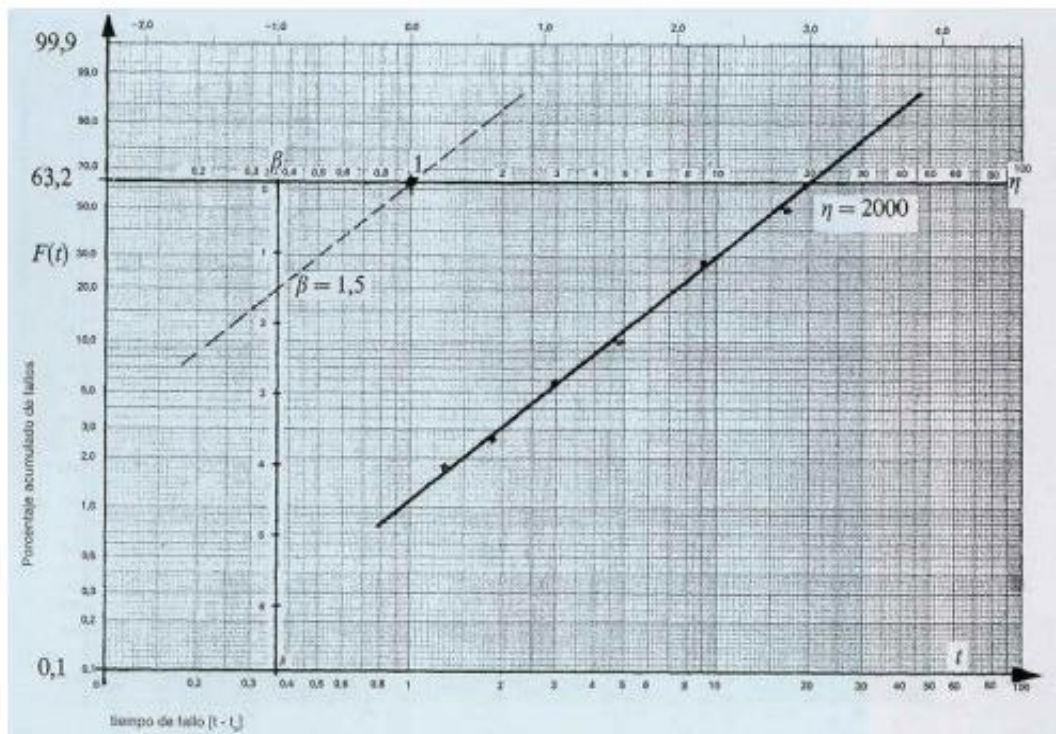


Fig. 3: Lectura de los parámetros  $h$  y  $\beta$  en el papel de Weibull

Caso de  $t_0 = 0$

Demostramos que cualquier grupo de datos que sigan la distribución de Weibull se pueden representar por una línea recta en el papel de Weibull. Partimos de la hipótesis de que el origen es perfectamente conocido y que coincide con los datos experimentales. Desde el punto de vista matemático partimos de la fórmula que nos relaciona la fiabilidad con la in fiabilidad y teniendo en cuenta la expresión (1):

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right)$$

$$1 / [1 - F(t)] = \exp\left(\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right)$$

Tomando logaritmos neperianos por dos veces:

$$\ln \ln 1 / [1 - F(t)] = \beta \ln t - \beta \ln \eta$$

Si a esta igualdad le aplicamos

$$X = \ln t \text{ (variable función de } t)$$

$$Y = \ln \ln 1 / [1 - F(t)] \text{ (función de } t)$$

$$B = -\beta \ln \eta \text{ (constante)}$$

$$A = \beta \text{ (coeficiente director)}$$

de donde tenemos:

$$Y = AX + B \text{ (ecuación de una recta) (4)}$$

Para determinar los parámetros  $\beta$  y  $\eta$  se utiliza el papel de Weibull.

- Cálculo de  $\beta$ :  $\beta$  es el parámetro de forma y representa la pendiente de la recta. Para calcularlo, se hace pasar una recta paralela a la recta obtenida con la representación gráfica de los datos de partida por el punto 1 de abscisas y 63,2 de ordenadas pudiendo leer directamente el valor de  $\beta$  en una escala tabulada de 0 a 7. Ver gráfico en fig. 3.
- Cálculo de  $\eta$ :  $\eta$  es el parámetro de escala y su valor viene dado por la intersección de la recta trazada con la línea paralela al eje de abscisas correspondiente al 63,2 % de fallos acumulados. En efecto se demuestra que para la ordenada  $t_0 = 0$ ,  $F(t) = 63,2$ .

$$Y = \ln \ln 1 / [1 - F(t)] = 0$$

$$\ln 1 / [1 - F(t)] = 1; 1 / [1 - F(t)] = e; 1 - F(t) = 1/e;$$

$$F(t) = 1 - [1/e] = 1 - [1/2,7183] = 1 - 0,3679 = 0,6321 \text{ (63,21 \%)}$$

de donde para  $t_0 = 0$  tendremos que  $AX + B = 0$ ; como según hemos visto anteriormente:

$$A = \beta, B = -\beta \ln \eta$$

tendremos que se cumple:

$$\beta X - \beta \ln \eta = 0; \beta X = \beta \ln \eta;$$

$$X = \ln \eta$$

Como  $X = \ln t$ , tenemos que  $t = \eta$ .

$\eta$  es el valor leído directamente en el gráfico de Allen Plait para la ordenada 63,2, ya que la escala de abscisas está como ya se ha indicado en  $\ln t$ .

- Tiempo medio entre fallos (MTBF) o media: el tiempo medio entre fallos o vida media se calcula con la ayuda de la tabla 1, que nos da los valores de gamma y vale:

$$E(t) = \text{MTBF} = \eta \gamma (1 + 1/\beta)$$

- Desviación estándar o varianza  $\sigma$ : se calcula también con la ayuda de la tabla 1 y vale:

$$(\sigma/\eta)^2 = \gamma(1 + 2/\beta) - [\gamma(1 + 1/\beta)]^2$$

Tabla 1: Fiabilidad



LEY DE WEIBULL:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\eta} \right)^\beta \right]$$

$$MTBF = m = E(t) = \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$\sigma = \eta^\beta \left[ \Gamma \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]$$

$\beta$	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\eta$	$\beta$	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\eta$
0	$\infty$	$\infty$	2,0	0,8862	0,463
0,1	101	$\sqrt{201 - (101)^2}$	2,1	0,8857	0,44
0,2	120	1901	2,2	0,8856	0,42
0,3	9,2605	47	2,3	0,8859	0,41
0,4	3,3234	10,43	2,4	0,8865	0,39
0,5	2,0000	4,472	2,5	0,8873	0,38
0,6	1,5046	2,645	2,6	0,8882	0,37
0,7	1,2658	1,851	2,7	0,8893	0,36
0,8	1,1330	1,428	2,8	0,8905	0,34
0,9	1,0522	1,171	2,9	0,8917	0,33
1,0	1,0000	1,000	3,0	0,8938	0,32
1,1	0,9649	0,878	3,1	0,8943	0,315
1,2	0,9407	0,785	3,2	0,8957	0,31
1,3	0,9235	0,716	3,3	0,8970	0,30
1,4	0,9114	0,659	3,4	0,8984	0,29
1,5	0,9028	0,613	3,5	0,8998	0,28
1,6	0,8966	0,594	3,6	0,9011	0,27
1,7	0,8922	0,530	3,8	0,9038	0,26
1,8	0,8893	0,512	4,0	0,9064	0,25
1,9	0,8874	0,486			

**Ejemplo**

La información disponible acerca de la duración de 10 sistemas mecánicos de detectores de presencia sometidos a funcionamiento continuo hasta que se produce un fallo, da los siguientes resultados, expresados por su duración en meses y ordenados : 1,7; 3,5 ; 5; 6; 8; 11; 13; 18 y 22.

Calcular las probabilidades acumuladas o valores medios clasificados, los parámetros de Weibull, tipo de fallo, la fiabilidad de forma general, fiabilidad para 12 meses, la duración media de vida y la desviación tipo.

**Solución**

Con la ayuda de la tabla 2, que nos da directamente los valores medios clasificados de los fallos o probabilidades acumuladas según el tamaño de la muestra que en este caso es n = 10, tendremos:

Tiempo de fallo	Valores medios clasificados [ F (t) ]
1,7	0,0670
3,5	0,0163
5	0,2594
6	0,3557
8	0,4519
9	0,5481
11	0,6443
13	0,7406
18	0,8368
22	0,9330

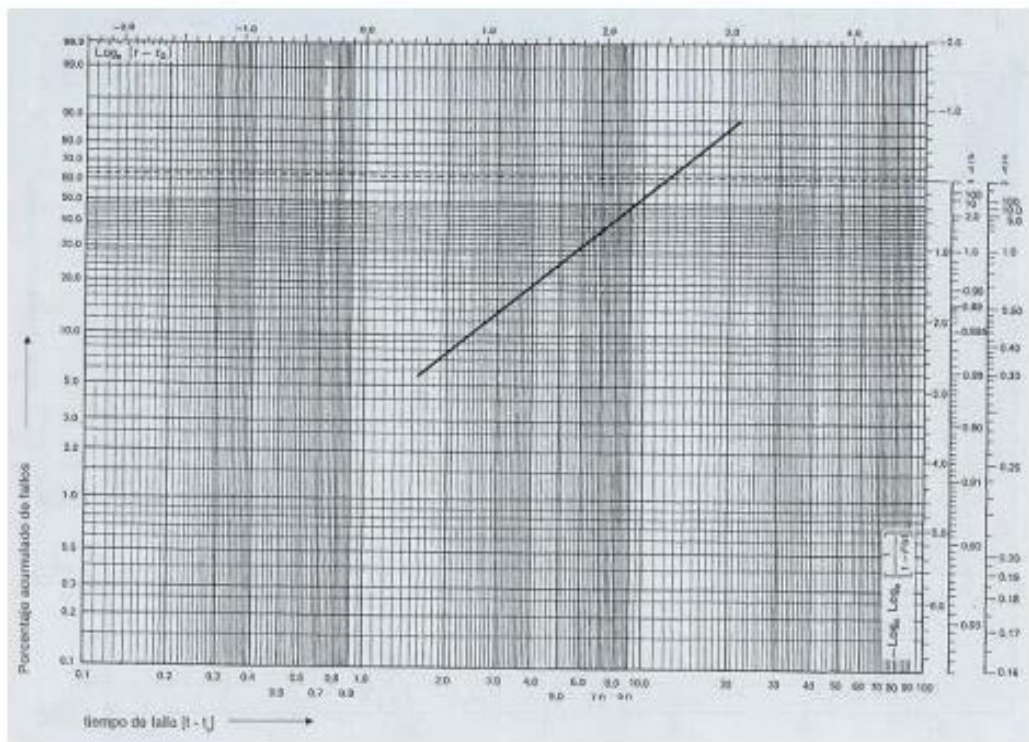
Tabla 2: Valores medios clasificados de fallos en función del tamaño de la muestra (columnas) y del número medio de fallos acumulados (filas)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,9999	0,9979	0,9963	0,9951	0,9943	0,9938	0,9934	0,9931	0,9929	0,9927	0,9926	0,9925	0,9924	0,9923	0,9922
2		0,7071	0,5880	0,5184	0,4724	0,4385	0,4117	0,3906	0,3738	0,3609	0,3513	0,3441	0,3386	0,3343	0,3308
3			0,7927	0,6726	0,5880	0,5284	0,4824	0,4485	0,4217	0,4006	0,3838	0,3710	0,3614	0,3541	0,3486
4				0,8099	0,6880	0,5984	0,5384	0,4924	0,4585	0,4317	0,4106	0,3938	0,3810	0,3714	0,3641
5					0,8106	0,7143	0,6385	0,5824	0,5485	0,5217	0,5006	0,4838	0,4710	0,4614	0,4541
6						0,8099	0,7280	0,6624	0,6185	0,5917	0,5706	0,5538	0,5410	0,5314	0,5241
7							0,8077	0,7379	0,6824	0,6485	0,6217	0,6006	0,5838	0,5710	0,5614
8								0,8178	0,7580	0,7124	0,6856	0,6645	0,6477	0,6350	0,6254
9									0,8259	0,7760	0,7406	0,7148	0,6937	0,6770	0,6643
10										0,8331	0,7931	0,7606	0,7348	0,7137	0,6970
11											0,8399	0,8031	0,7736	0,7488	0,7270
12												0,8458	0,8131	0,7863	0,7625
13													0,8511	0,8206	0,7958
14														0,8557	0,8270
15															0,8596

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0,9824	0,9400	0,9319	0,9358	0,9411	0,9479	0,9551	0,9626	0,9704	0,9784	0,9864	0,9944	0,9983	0,9999	1
2	0,0334	0,09725	0,0922	0,0874	0,0831	0,0797	0,0761	0,0728	0,0698	0,0670	0,0645	0,0621	0,0600	0,0580	0,0559
3	0,0644	0,1539	0,1445	0,1390	0,1332	0,1284	0,1237	0,1195	0,1158	0,1124	0,1093	0,1064	0,1037	0,1011	0,0986
4	0,0754	0,2125	0,2099	0,1995	0,1912	0,1731	0,1653	0,1582	0,1517	0,1457	0,1403	0,1353	0,1303	0,1258	0,1217
5	0,0865	0,2790	0,2553	0,2421	0,2303	0,2188	0,2099	0,2009	0,1927	0,1851	0,1781	0,1716	0,1655	0,1599	0,1546
6	0,0975	0,3275	0,3097	0,2937	0,2799	0,2685	0,2595	0,2527	0,2469	0,2416	0,2366	0,2319	0,2275	0,2234	0,2194
7	0,1085	0,3699	0,3441	0,3303	0,3181	0,3075	0,2992	0,2928	0,2874	0,2821	0,2770	0,2721	0,2674	0,2629	0,2586
8	0,1195	0,4045	0,3784	0,3668	0,3574	0,3499	0,3438	0,3384	0,3336	0,3291	0,3248	0,3206	0,3166	0,3127	0,3089
9	0,1305	0,4325	0,4058	0,3964	0,3894	0,3838	0,3794	0,3751	0,3710	0,3670	0,3631	0,3593	0,3556	0,3520	0,3484
10	0,1415	0,4535	0,4258	0,4184	0,4131	0,4088	0,4046	0,4005	0,3965	0,3926	0,3887	0,3849	0,3811	0,3774	0,3738
11	0,1525	0,4685	0,4398	0,4344	0,4301	0,4268	0,4236	0,4204	0,4173	0,4142	0,4111	0,4081	0,4051	0,4021	0,3991
12	0,1635	0,4785	0,4488	0,4444	0,4411	0,4378	0,4346	0,4314	0,4282	0,4251	0,4220	0,4189	0,4158	0,4127	0,4096
13	0,1745	0,4845	0,4538	0,4504	0,4471	0,4438	0,4406	0,4374	0,4342	0,4310	0,4278	0,4246	0,4214	0,4182	0,4150
14	0,1855	0,4895	0,4578	0,4554	0,4521	0,4488	0,4456	0,4424	0,4392	0,4360	0,4328	0,4296	0,4264	0,4232	0,4200
15	0,1965	0,4945	0,4618	0,4604	0,4571	0,4538	0,4506	0,4474	0,4442	0,4410	0,4378	0,4346	0,4314	0,4282	0,4250
16	0,2075	0,4995	0,4658	0,4654	0,4621	0,4588	0,4556	0,4524	0,4492	0,4460	0,4428	0,4396	0,4364	0,4332	0,4300
17	0,2185	0,5045	0,4708	0,4714	0,4681	0,4648	0,4616	0,4584	0,4552	0,4520	0,4488	0,4456	0,4424	0,4392	0,4360
18	0,2295	0,5095	0,4758	0,4774	0,4741	0,4708	0,4676	0,4644	0,4612	0,4580	0,4548	0,4516	0,4484	0,4452	0,4420
19	0,2405	0,5145	0,4808	0,4834	0,4801	0,4768	0,4736	0,4704	0,4672	0,4640	0,4608	0,4576	0,4544	0,4512	0,4480
20	0,2515	0,5195	0,4858	0,4894	0,4861	0,4828	0,4796	0,4764	0,4732	0,4700	0,4668	0,4636	0,4604	0,4572	0,4540
21	0,2625	0,5245	0,4908	0,4954	0,4921	0,4888	0,4856	0,4824	0,4792	0,4760	0,4728	0,4696	0,4664	0,4632	0,4600
22	0,2735	0,5295	0,4958	0,5014	0,4981	0,4948	0,4916	0,4884	0,4852	0,4820	0,4788	0,4756	0,4724	0,4692	0,4660
23	0,2845	0,5345	0,5008	0,5074	0,5041	0,5008	0,4976	0,4944	0,4912	0,4880	0,4848	0,4816	0,4784	0,4752	0,4720
24	0,2955	0,5395	0,5058	0,5134	0,5101	0,5068	0,5036	0,5004	0,4972	0,4940	0,4908	0,4876	0,4844	0,4812	0,4780
25	0,3065	0,5445	0,5108	0,5194	0,5161	0,5128	0,5096	0,5064	0,5032	0,5000	0,4968	0,4936	0,4904	0,4872	0,4840
26	0,3175	0,5495	0,5158	0,5254	0,5221	0,5188	0,5156	0,5124	0,5092	0,5060	0,5028	0,4996	0,4964	0,4932	0,4900
27	0,3285	0,5545	0,5208	0,5314	0,5281	0,5248	0,5216	0,5184	0,5152	0,5120	0,5088	0,5056	0,5024	0,4992	0,4960
28	0,3395	0,5595	0,5258	0,5374	0,5341	0,5308	0,5276	0,5244	0,5212	0,5180	0,5148	0,5116	0,5084	0,5052	0,5020
29	0,3505	0,5645	0,5308	0,5434	0,5401	0,5368	0,5336	0,5304	0,5272	0,5240	0,5208	0,5176	0,5144	0,5112	0,5080
30	0,3615	0,5695	0,5358	0,5494	0,5461	0,5428	0,5396	0,5364	0,5332	0,5300	0,5268	0,5236	0,5204	0,5172	0,5140

La representación de estos puntos en el gráfico de Weibull nos da prácticamente una recta (fig. 4). La pendiente de esta recta es 1,5 valor que corresponde al parámetro  $\beta$ , por otro lado se puede ver gráficamente que  $\eta$  es igual a 12, que es el valor de la abscisa en el punto donde la recta trazada con los datos corta a la horizontal para  $F(t) = 63,2$ .



**Fig. 4: Resolución gráfica del ejemplo**

El valor de  $\beta$  nos indica que los tipos de fallo son debidos al desgaste. La fiabilidad será:

$$R(t) = \exp - (t/12)^{1.5}$$

La fiabilidad para 12 meses será:

$$R(12) = \exp - (12/12)^{1.5} = \exp - 1 = 0,3679 \text{ (36,79\%)}$$

Gráficamente vemos que para  $t = 12$  la probabilidad acumulada de fallos  $F(t) = 63,2$  por lo que  $R(12) = 1 - F(12) = 1 - 0,632 = 0,368$  (36,8 %) valor sensiblemente igual al calculado.

La duración de vida media será:

$$E(t) = \text{MTBF} = \eta \gamma (1 + 1/\beta)$$

$$\text{MTBF} = 12 \gamma (1 + 1/1,5) = 12 \cdot 0,9028 = 10,83 \text{ meses}$$

La desviación tipo será:

$$\sigma^2 = \eta^2 [\gamma (1 + 2/\beta) - \Gamma^2 (1 + 1/\beta)]$$

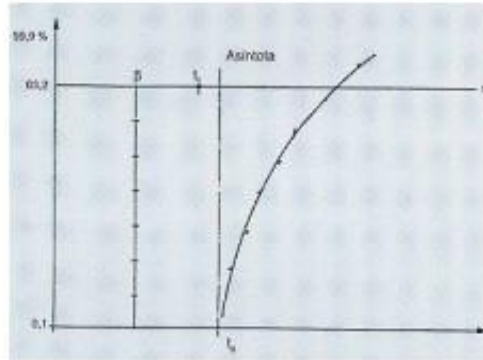
para  $\beta = 1,5$  y según las tablas nos da el valor de  $\sigma/\eta = 0,613$  que como  $\eta = 12$  tenemos que:  $\sigma = 12 \cdot 0,613 = 7,356$  meses.

### Caso de $t_0 > 0$

Para este caso los datos no se alinean adoptando la forma indicada en el gráfico de la fig. 5. Los datos tienen forma de curva que admite una asíntota vertical; la intersección de la asíntota con la abscisa nos permite obtener una primera estimación de  $t_0$ . En efecto, tenemos que:

$$F(t) = 0 = 1 - \exp - \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$$

de donde  $1 = \exp - \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$



**Fig. 5: Representación gráfica para el caso de  $t_0 > 0$**

sacando logaritmos neperianos:

$$\ln 1 = 0 = - \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$$

y elevando a  $1/\beta$  tendremos:

$$\left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta = 0^{1/\beta} = 0, t - t_0 = 0, t = t_0$$

de donde se obtiene la evaluación de  $t_0$ . Cuando se ha evaluado  $t_0$ , se lleva a cabo la corrección:

$$t' = t - t_0$$

$t'$  = nuevo tiempo

$t$  = antigua estimación

A continuación se trasladan los nuevos valores, debiéndose obtener algo parecido a una recta; si no es así, se comenzará de nuevo la operación y esto hasta un máximo de tres veces; si se sigue sin obtener una recta, podemos deducir que no se aplica la ley de Weibull o que podemos tener leyes de Weibull con diferentes orígenes, o mezcladas.

### Caso de $t_0 < 0$

En este caso, se obtiene una curva que admite una asíntota inclinada u horizontal. Una manera de calcular  $t_0$  es mediante ensayos sucesivos, hasta que se pueda dibujar la curva.

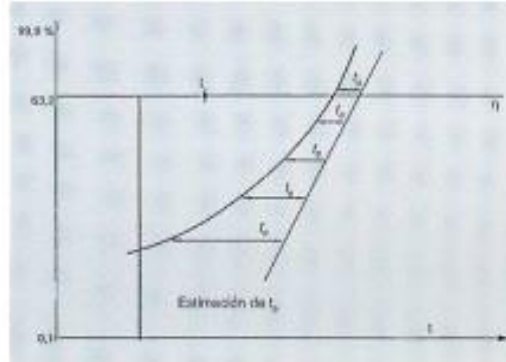


Fig. 6: Representación gráfica para el caso de  $t_0 > 0$

### Otro método de cálculo cuando $t_0 = 0$

Dada la complejidad que representa lo descrito con anterioridad existen otras formas más sencillas de calcular  $t_0$  mediante la estimación.

Método de estimación o de los rangos medianos (Fig. 7): el método se inicia, una vez dibujada la curva, seleccionando un punto arbitrario  $Y_2$  aproximadamente en la mitad de la curva, y otros dos puntos  $Y_1$  e  $Y_3$  equidistantes del primero una distancia  $d$  según el eje de las  $Y$ .

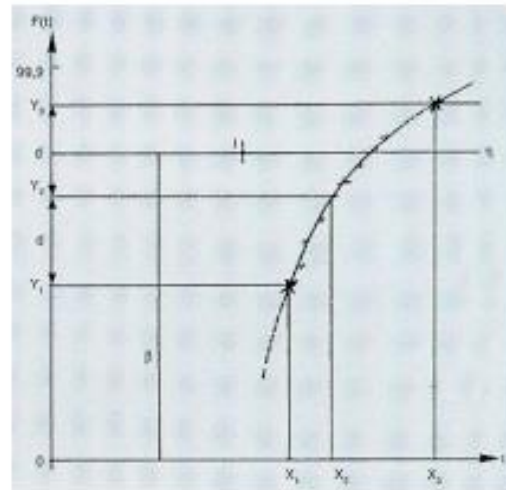


Fig. 7: Cálculo de  $t_0$  por medio de transformaciones funcionales

Lógicamente se cumplirá la igualdad:

$$Y_2 - Y_1 = Y_3 - Y_2$$

De la ecuación anterior y si los tres puntos son colineales tendremos por otra parte:

$$X_2 - X_1 = X_3 - X_2$$

y como  $X = \ln(t - t_0)$  tendremos:

$$\ln(t_2 - t_0) - \ln(t_1 - t_0) = \ln(t_3 - t_0) - \ln(t_2 - t_0)$$

$$(t_2 - t_0)^2 = (t_3 - t_0)(t_1 - t_0)$$

$$\text{de otra forma } t_0 = t_2 \frac{(t_3 - t_2) - (t_2 - t_1)}{(t_3 - t_2) - (t_2 - t_1)}$$

De esta forma el valor de  $t_0$  puede ser calculado y los datos representados utilizando  $(t - t_0)$  como variable. Si los datos siguen la distribución de Weibull los puntos deberán quedar alineados.

Como variante de lo anterior se puede proceder de la siguiente forma: asignar los puntos según el siguiente criterio:

$Y_{\text{máx}}$  es el valor máximo al cual se asocia  $X_{\text{máx}}$ .

$Y_{\text{mín}}$  es el valor mínimo al cual está asociado  $Y_{\text{mín}}$ .

$Y_m$  es el punto medio (medido con una regla lineal) de  $Y_{\text{máx}}$  e  $Y_{\text{mín}}$

$X_m$  es X medio asociado al  $Y_m$  obtenido.

De esta forma el valor de  $t_0$  será :

$$t_0 = X_m \frac{(X_{\text{máx}} - X_m)(X_m - X_{\text{mín}})}{(X_{\text{máx}} - X_m) - (X_m - X_{\text{mín}})}$$

## Bibliografía

(1) BERTRAM L. AMSTADTER  
**Matemáticas de la fiabilidad - Fundamentos - Prácticas Procedimientos**  
Ed. Reverté, S.A. Barcelona (1976)

(2) ANTONIO CREUS SOLE  
**Fiabilidad y Seguridad. Su aplicación en procesos industriales**  
Marcombo Boixareu Editores. Barcelona (1992)

(3) J.MOTHES - J. TORRENS- IBERN  
**Estadística aplicada a la ingeniería**  
Ediciones Ariel. Esplugues de Llobregat (1970)

(4) PATRICK LYONNET  
**Los métodos de la calidad total**  
Ediciones Diaz de Santos, S.A. Madrid (1989)

(5) A.D.S. CARTER  
**Mechanical Reliability**  
Macmillan Education Ltd. London (1986)

### ANEXO III. GAMAS DE MANTENIMIENTO

Tabla 45: Gama de mantenimiento de la roscadora de tubos.


																																																			
		ÁREA DE MAQUINADO																																																	
		GAMA DE MANTENIMIENTO																																																	
MÁQ.	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
ROSCADORA DE TUBOS	Inspección visual de la máquina	5 min	Yellow																																																
	Engrase de bujes trasero y delantero	30 min	Blue																																																
	Limpieza del depósito de virutas	10 min	Green																																																
	Lubricación del mando portaherramientas	10 min	Yellow																																																
	Revisión de cables y fusibles	30 min	Red																																																
	Inspección y reemplazo de las cuchillas de corte	30 min	Blue																																																
	Cambio del filtro de aceite	30 min	Blue																																																
	Inspección de conexiones eléctricas	15 min	Blue																																																
	Agregar aceite a la máquina	10 min	Yellow																																																

Tabla 46: Gama de mantenimiento del taladro de banco.


																																																						
		ÁREA DE MAQUINADO																																																				
		GAMA DE MANTENIMIENTO																																																				
MÁQ.	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
TALADRO DE BANCO	Revisión de componentes eléctricos	10 min	█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█			
	Limpieza de la máquina	10 min	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
	Nivelación, ajuste y limpieza de poleas	30 min		█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█						
	Lubricación de cremallera	15 min											█												█																													
	Lubricación de husillo	15 min		█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█						
	Ajuste de tuercas de sujeción de la mesa de trabajo	10 min			█								█												█																													
	Inspección, limpieza y reparación del motor eléctrico	30 min								█																																												
	Lubricación de caja de engranajes	15 min																								█																								█				
	Engrase de bujes trasero y delantero	15 min	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				

Tabla 47: Gama de mantenimiento del compresor


																																																						
				ÁREA DE MAQUINADO GAMA DE MANTENIMIENTO																																																		
MÁQ.	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
COMPRESOR	Verificar el nivel de aceite	10 min	█																																																			
	Comprobar el funcionamiento del presostato	10 min	█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█			
	Verificar alineación de la polea con el volante	10 min		█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█						
	Inspeccionar la tensión de la correa	15 min		█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█						
	Cambio del aceite	10 min					█								█								█												█																			
	Cambio del filtro	10 min					█								█								█												█																			
	Revisión y ajuste de los tornillos de sujeción	10 min					█	█	█	█					█	█	█	█					█	█	█	█									█	█	█	█																
	Revisar fugas en las juntas, válvulas, conexiones y tuberías	30 min					█	█	█	█					█	█	█	█					█	█	█	█									█	█	█	█																
	Inspección de conexiones eléctricas	15 min		█				█				█				█				█				█				█				█				█				█				█										
	Drenar el condensado del deposito	30 min	█																																																			
	Reemplazo de la correa de transmisión	15 min																																																				



Tabla 48: Gama de mantenimiento de la Soldadora MIG/MAG/MMA.


																																																		
		ÁREA DE MAQUINADO																																																
		GAMA DE MANTENIMIENTO																																																
MÁQ.	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SOLDADORA MIG/MAG/MMA	Inspección de enchufes y terminales	15 min	Yellow																																															
	Limpieza de los rodillos de arrastre	30 min	Blue																																															
	Control de medición de corriente	10 min	Green																																															
	Inspección de fugas del tanque de CO2	15 min	Green																																															
	Comprobar funcionamiento del regulador de CO2	30 min	Blue																																															
	Inspección y limpieza del alambre de soldadura	15 min	Green																																															
	Inspección estado del portaelectrodo	10 min	Red																																															
	Inspeccionar funcionamiento de la antorcha	30 min	Blue																																															
	Verificar salida de amperaje y voltaje	15 min	Yellow																																															
	Revisar funcionamiento del panel de control	10 min	Green																																															
	Limpieza de la máquina	15 min	Green																																															

Tabla 49: Gama de mantenimiento de la cizalla hidráulica.


																																																		
				<b>ÁREA DE MAQUINADO</b>																																														
				<b>GAMA DE MANTENIMIENTO</b>																																														
MÁQ.	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CIZALLA HIDRÁULICA	Inspección visual de la máquina	5 min	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Limpieza general de la máquina	15 min	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Calibración de cuchilla	30 min					■								■												■								■															
	Revisión y ajuste de los pernos de sujeción	10 min					■								■												■								■															
	Cambio del aceite hidráulico	30 min					■								■												■								■															
	Cambio del filtro	10 min					■								■												■								■															
	Inspeccionar el estado del portacuchilla	10 min	■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■							
	Revisar nivel de aceite	30 min		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■						
	Inspección de conexiones eléctricas	15 min		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■						
	Revisar el desgaste de piezas mecánicas	10 min					■								■												■								■															
	Lubricación de partes móviles	15 min			■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■					
	Inspeccionar el motor eléctrico	10 min	■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■							

Tabla 50: Gama de mantenimiento de la prensa plegadora.



																																																			
		ÁREA DE MAQUINADO GAMA DE MANTENIMIENTO																																																	
MAQ.	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
PRENSA - PLEGADORA	Inspección visual de la máquina	5 min	Yellow																																																
	Limpieza de la máquina	15 min	Green																																																
	Revisión del nivel de aceite	5 min	Yellow																																																
	Engrasar los bulones	15 min	Blue																																																
	Lubricar los husillos	10 min	Yellow																																																
	Engrasar los pistones y las bielas	5 min	Blue																																																
	Cambiar el aceite hidráulico	15 min	Yellow																																																
	Cambio del filtro	10 min	Yellow																																																
	Comprobar estado y funcionamiento del pedal	15 min	Blue																																																
	Inspeccionar estado de las bandas	10 min	Blue																																																
	Inspeccionar el motor eléctrico	10 min	Blue																																																
	Inspeccionar conexiones eléctricas	10 min	Blue																																																

Tabla 51: Gama de mantenimiento de la sierra circular de mesa.

																																																		
		<b>ÁREA DE MAQUINADO</b> <b>GAMA DE MANTENIMIENTO</b>																																																
MAQ.	ACTIVIDADES	TIEMPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SIERRA CIRCULAR DE MESA	Inspección visual de la máquina	5 min	Green																																															
	Limpieza de la máquina	15 min	Yellow																																															
	Inspección de la cuchilla de corte	5 min	Blue																																															
	Inspección de la manija de elevación de la hoja de corte	15 min	Yellow																																															
	Revisar funcionamiento del interruptor de Apagado/Encendido	10 min	Blue																																															
	Limpieza de la hoja de corte	5 min	Green																																															
	Cambio de hoja de corte	15 min	Red																																															
	Revisar que la hoja se encuentre montada de forma correcta en el banco	10 min	Yellow																																															
	Revisar conexiones eléctricas	10 min	Blue																																															

## ANEXO IV. MANUALES DE USUARIO DE MÁQUINAS



DAVI ofrece roladoras de 3 y 4 rodillos con capacidad en espesor de hasta 400 mm y en ancho de hasta 12 m., adecuadas para cualquier aplicación. Las roladoras pueden equiparse con varios accesorios para proveer las soluciones más ergonómicas y más productivas, como: mesas de entrada, soportes laterales y verticales para grandes diámetros. DAVI suministra la **AUTOMATIZACIÓN** más avanzada, desde los más simples software hasta los más avanzados de última generación para roladoras.

La cartera de productos DAVI incluye curvadoras de perfiles de alta calidad, la máquina ideal para cualquier tipo de viga, ángulo y tubo, especialmente los más pesados.



Partner DAVI

**DAVI**  
EXCELLENCE IN FORMING

UCIMU



PROMAU S.r.l.

Via Civinelli 1150 | 47522 Cesena (FC) ITALY

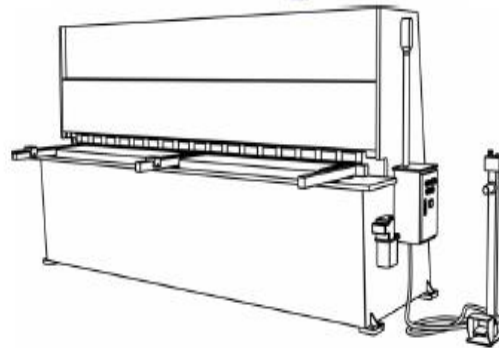
Tel. +39 0547 319611 | Fax +39 0547 317850

davi-sales@davi.com | www.davi.com

SP  
01/14

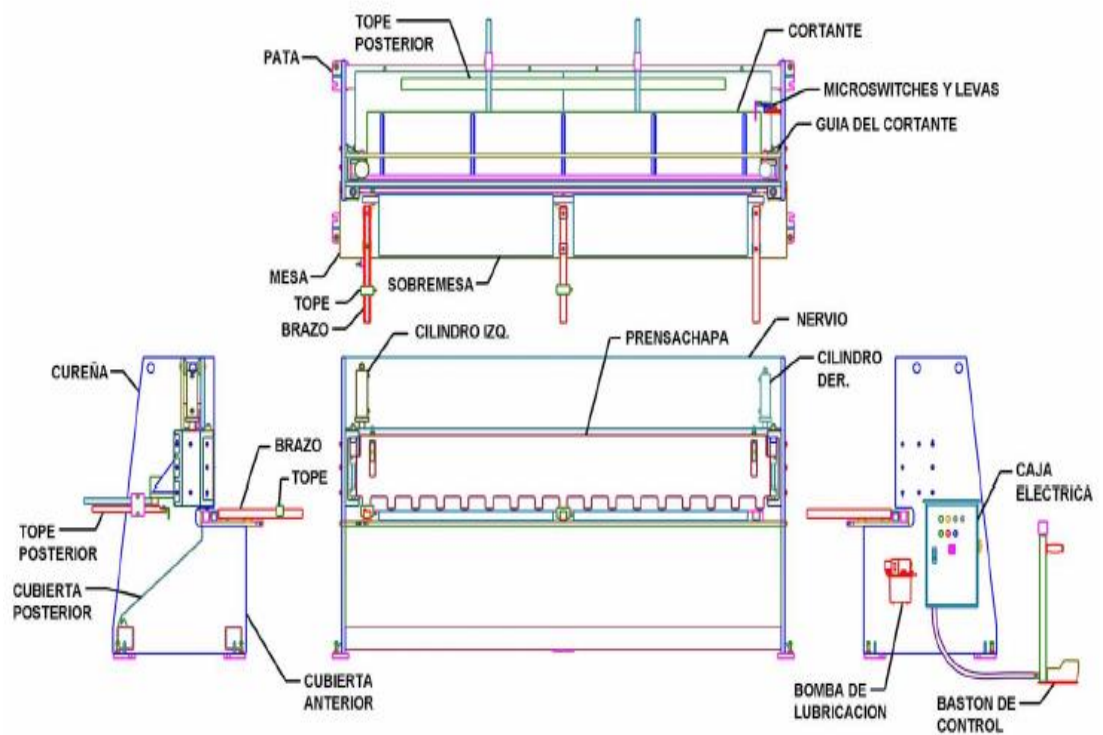
© Copyright 2011 - Il diritto di essere informato di modifica alla cartografia, tariffe, specializzazioni e servizi è riservato e contenuto in tutti i documenti di prodotto.

Figura 16: Manual de la roladora.



## Cizalla Hidráulica GH1060

### COMPONENTES DE LA MAQUINA



*Figura 17: Manual de la cizalla hidráulica*

## AIR COMPRESSOR - OWNER'S MANUAL

### OPERATING INSTRUCTIONS

#### GENERAL INFORMATION

Depending on the C.F.M. requirement of the tools being operated, your new air compressor can be used for operating paint sprayers, air tools, grease guns, air brushes, caulking guns, inflating tires and plastic toys. An air pressure regulator is usually necessary for most of these applications and will increase the life of the compressor.

#### GENERAL OPERATION DESCRIPTION

To compress air, the piston moves up and down in the cylinder. During the downstroke, air is drawn in through the inlet valve. The discharge valve remains closed. During the upstroke of the piston, air is compressed. The inlet valve closes and compressed air is forced out through the discharge valve, through the check valve and into air receiver. Working air is not available until the compressor has raised the air receiver pressure above that required at the air service connection. The air inlet filter must be kept clear of obstructions and clean to avoid reduced air delivery from the compressor.

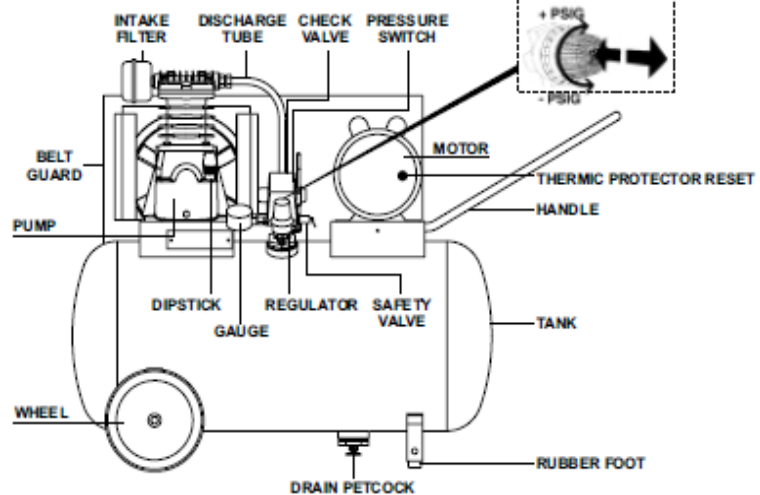


FIGURE 4 - MAIN COMPONENTS

### INSTALLATION AND OPERATING INSTRUCTIONS

#### 1. INSTALLATION

Locate the compressor in a clean, dry, and well-ventilated area.

The compressor should be located 30 inches (800 mm) away from walls or any other obstruction that would interfere with the air flow through the pump flywheel. Place the compressor on a firm, level surface. The compressor is designed with heat dissipation fins which allow for proper cooling. Keep the fins and other parts that collect dust clean. A clean compressor runs cooler and provides longer service.

#### For stationary type only

For permanent installation, the compressor can be bolted to the floor through holes provided in the compressor feet. Shims and vibration dampeners must be used to level the compressor before bolting it to the floor. Severe vibration will result when the compressor is bolted down tightly and the feet are not level. This can lead to welds cracking or fatigue failure of the air receiver.

This product is for use a nominal 120-volt circuit and has a grounding plug that looks like the plug illustrated in Figure 6. Make sure that the product is connected to an outlet having the same configuration as the plug. No adapter should be used with this product.

Use only a 3-wire extension cord that has a 3-blade grounding plug, and a 3-slot receptacle that will accept the plug on the product. Make sure your extension cord is in good condition. When using an extension cord, be sure to use one heavy enough to carry the current your product will draw. For lengths less than 25 feet, No. 16 AWG extension cords should be used.

**WARNING** An undersized cord will cause a drop in line voltage resulting in loss of power and overheating.

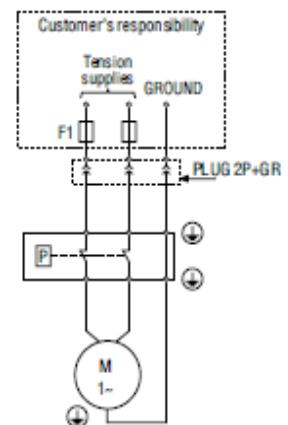
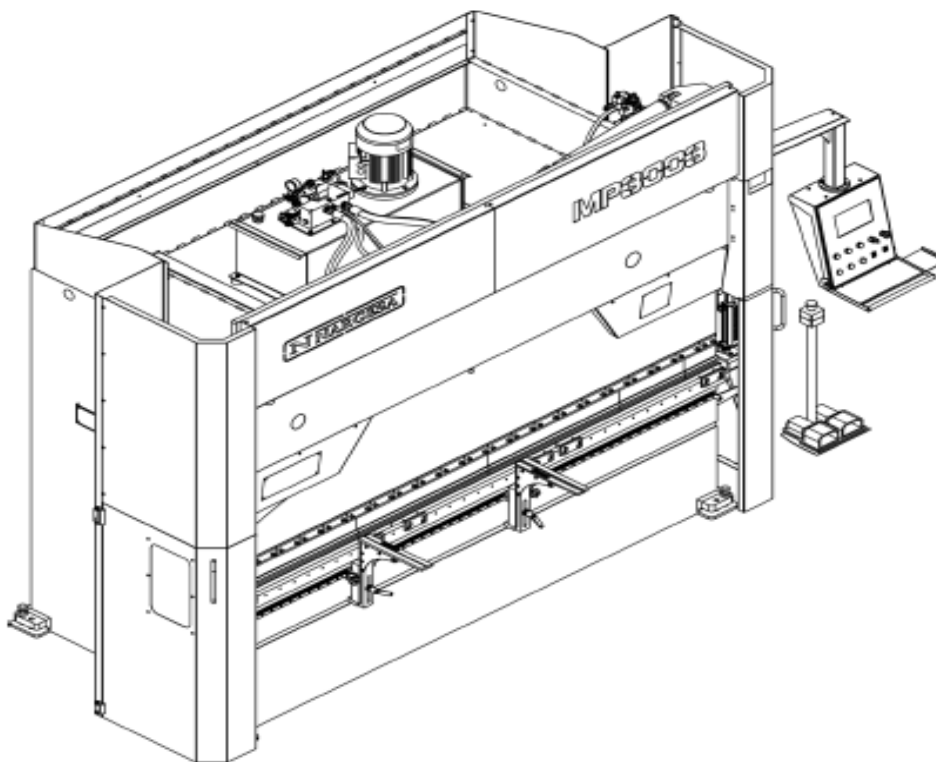


FIGURE 5 - ELECTRICAL SCHEMATIC

Figura 18: Manual del compresor.

# **PLEGADORA HIDRÁULICA MP3003CNC**



## **MANUAL DE INSTRUCCIONES**

**PRADA NARGESA, S.L**

Ctra. de Garrigàs a Sant Miquel s/n · 17476 Palau de Santa Eulàlia (Girona) SPAIN

Tel. +34 972568085 · nargesa@nargesa.com · www.nargesa.com

*Figura 19: Manual de la prensa plegadora*



# KLUTCH®

## 4 Inch Pipe Threader

Owner's Manual



**⚠ WARNING:** Read carefully and understand all ASSEMBLY AND OPERATION INSTRUCTIONS before operating. Failure to follow the safety rules and other basic safety precautions may result in serious personal injury.

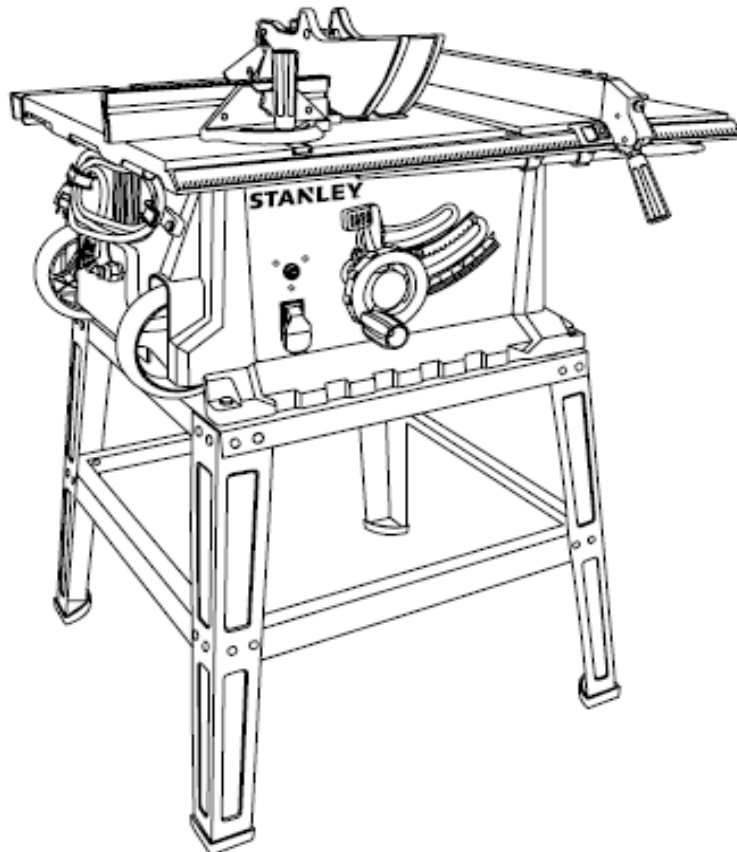
**Item #49671**

*Figura 20: Manual de la roscadora de tubos.*

# STANLEY®

Sierra de Banco  
Serra de Bancada  
Table Saw

STST1825



Español	3
Português	11
English	18

## MANUAL DE INSTRUCCIONES MANUAL DE INSTRUÇÕES INSTRUCTION MANUAL

**ADVERTENCIA: LEASE ESTE INSTRUCTIVO ANTES DE USAR EL PRODUCTO.  
ADVERTÊNCIA: LEIA ESTAS INSTRUÇÕES ANTES DE USAR O PRODUTO.  
WARNING: READ INSTRUCTION MANUAL BEFORE USING PRODUCT.**

*Figura 21: Manual de la sierra de banco.*

PRIMEROS AUXILIOS:

Llamen enseguida a un médico y una ambulancia. Recurren a los cuidados de Primeros Auxilios recomendados por la Cruz Roja.

ATENCIÓN: EL SHOCK ELÉCTRICO PUEDE SER MORTAL.

Si la persona accidentada está inconsciente y se sospecha un shock eléctrico, no la toquen si ha quedado en contacto con algún mando.

Quiten la corriente eléctrica que alimenta la máquina y recurren a los cuidados de Primeros Auxilios. Para alejar los cables de la víctima se puede usar, si es necesario, un pedazo de madera bien seco o una escoba de madera o de otro material aislante.

3.0 INSTALACIÓN DEL APARATO

ATENCIÓN

La instalación del equipo tiene que ser realizada por personal experto, en conformidad con las normas vigentes y respetando plenamente lo que dispone la ley en materia de prevención de accidentes.

1 -Desembalar la soldadora.

2 -Introducir el eje (B) de las ruedas posteriores (A) en el sitio correspondiente, montar las ruedas y afianzarlas con los anillos adjuntos (C) y las arandelas (D).

3 -Colocar los soportes (F) fijando el manilla (E) en la parte superior del panel superior, fijarlos con los tornillos adjuntos (G) y colocar las tapas (H).

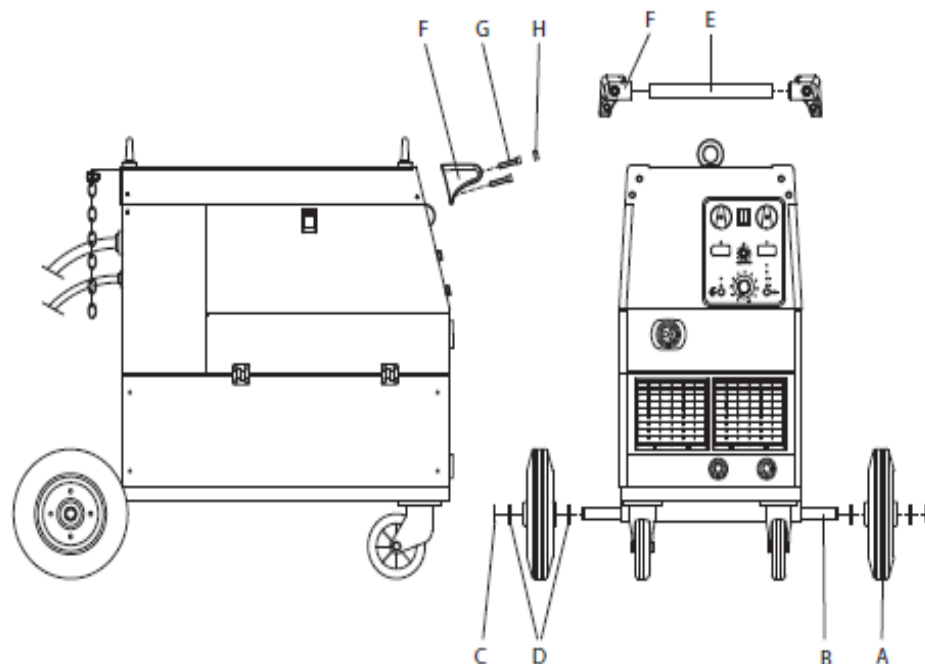


Figura 22: Manual de la soldadora MIG/MAG/MMA

# ZX30M Mill Drill



ZX30M pictured on optional stand

*Figura 23: Manual de usuario del taladro de banco ZX-30*