



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:

“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE WEIBULL PARA EL
DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS
MÁQUINAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA CARROCERÍAS JÁCOME ”

AUTOR: Christian Manuel Quishpe Villa

TUTOR: Ing. Mg. Byron Christian Castro Miniguano

Ambato – Ecuador

2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE WEIBULL PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS MÁQUINAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA CARROCERÍAS JÁCOME " realizado por el señor Christian Manuel Quishpe Villa, portador de la cédula de ciudadanía 1804731055, y egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos
- Esta concluida en su totalidad.
- Reúne los requerimientos suficientes para que continúe con los tramites de obtención de su Título de Tercer Nivel de la universidad Técnica de Ambato

Ambato, Agosto del 2020



.....
Ing. Mg. Christian Castro

AUTORÍA DEL TRABAJO TÉCNICO

El mencionado proyecto con el tema: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE WEIBULL PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS MÁQUINAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA CARROCERÍAS JÁCOME " es genuinamente propiedad de su autor por consiguiente el análisis, resultados y conclusiones son propiedad de este, con excepción de las referencias bibliográficas.

Ambato, Agosto del 2020



.....

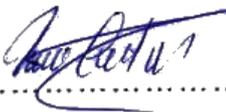
Christian Manuel Quishpe Villa

C.I. 1804731055

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Christian Manuel Quishpe Villa, portador de la C.I. 1804731055, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este proyecto Técnico o parte de él, sea un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según normas Institucionales.

Cedo los derechos del Proyecto Técnico con el objetivo que este se convierta en difusión pública, además de aprobar las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato siempre y cuando se respeten mis derechos de autor.



.....

Christian Manuel Quishpe Villa

C.I. 1804731055

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Tribunal de Grado del presente Proyecto Técnico conformada por los señores docentes: Ing. Mg. María Belén Paredes e Ing. Mg. Jorge López, revisó y aprobó el Informe Final del Trabajo de Titulación con el tema: "**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE WEIBULL PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS MÁQUINAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA CARROCERÍAS JÁCOME**" elaborado y presentado por el señor Quishpe Villa Christian Manuel, de acuerdo con el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Agosto del 2020

Para constancia firman:



Ing. Mg. María Belén Paredes

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mg. Jorge López

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios en primera instancia dado que sin su guía e iluminación nada de esto sería posible, en segundo lugar, a mis padres Manuel Quishpe y Rosa del Pilar Villa quienes han sido el pilar fundamental de mi vida ya que fueron ellos los que me enseñaron que el esfuerzo diario lleva a grandes cosas, además de convertirme en un hombre de bien con su guía y consejo.

A mi pequeña hermana María José que con sus ocurrencias ha colmado mi vida de innumerables momentos llenos de alegría, además de ser un apoyo incondicional para mí.

A mis amigos quienes ahora pueden ser llamados mis hermanos por todo lo que hemos atravesado y han estado para mí en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato por brindarme su apoyo durante mi vida estudiantil, a mi querida Carrera de Ingeniería Mecánica con principal pronunciamiento a los ingenieros que en ella desempeñan sus labores puesto que, ellos fueron quienes compartieron su sabiduría. Además de ser pacientes durante toda mi carrera universitaria.

A mi tutor el Ing. Mg. Christian Castro quien además de ser un educador fue un amigo quien, compartía sus experiencias con el objetivo de enseñarnos con la mismas.

Un agradecimiento especial hacia la Empresa “Carrocerías Jácome” con el Ing. Luis Jácome a la cabeza quien, me ha permitido ser parte de su Compañía y brindarme el apoyo que este proyecto requirió.

ÍNDICE PRELIMINAR

PAGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO TÉCNICO.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	3
1.1. Antecedentes investigativos	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo General:.....	4
1.2.2. Objetivo Específicos:	5
1.3. Fundamentación Teórica	6
1.3.1. Mantenimiento	6
1.3.2. Mantenimiento industrial	6
1.3.3. Funciones del mantenimiento industrial	7
1.4. Tipos de mantenimiento	9
1.4.1. Mantenimiento correctivo	9
1.4.2. Mantenimiento preventivo	10
1.4.2.2. Mantenimiento preventivo condicional.....	10
1.4.3. Mantenimiento predictivo.....	11
1.4.4. Mantenimiento ante fallo	11

1.5.	Inventario de equipos y gestión de estos	12
1.6.	Dossier de la máquina	12
1.6.1.	Fichero interno de la máquina.....	13
1.6.2.	Fichero histórico de la máquina	13
1.7.	Plan de Mantenimiento.....	14
1.7.1.	Tipos de planes de mantenimiento.....	15
1.8.	Matriz AMFE	16
1.8.1.	Fases para la realización de AMFE.....	16
1.8.2.	Definiciones fundamentales del AMFE.....	16
1.8.3.	Características generales AMFE.....	17
1.9.	Matriz criticidad	23
1.10.	Metodología weibull.....	25
1.10.1.	Modelo matemático Weibull.....	25
1.10.2.	Método gráfico de Weibull	26
1.11.	Carrocerías Jácome	32
1.11.1.	Definiciones generales	32
1.11.2.	Procesos de la empresa.....	35
1.12.	Máquina dobladora industrial (Hydraulic Press Brake)	37
1.13.	Máquina cortadora industrial (Hydraulic Shearing Machine).....	38
CAPÍTULO II.....	39	
2.1.	Materiales y Recursos Humanos	39
2.1.1.	Recursos Humanos.....	39
2.1.2.	Recursos institucionales	39
2.1.3.	Recursos materiales.....	39
2.1.4.	Recursos económicos	39
2.2.	Métodos	40
2.3.	Modalidad de la investigación.....	41

2.3.1.	Investigación aplicada.....	41
2.3.2.	Bibliografía documental.....	41
2.3.3.	Investigación en campo.....	42
2.3.4.	Diagrama de flujo del proyecto.....	43
CAPITULO III.....		45
3.	Resultados y Discusión.....	45
3.1.1.	Determinación de población finita.....	45
3.1.2.	Situación actual.....	46
3.1.3.	Evaluación externa de las máquinas.....	46
3.1.4.	Inventario de máquinas.....	48
3.1.5.	Fichas técnicas de las máquinas.....	52
3.1.6.	Características de las máquinas.....	53
3.1.7.	Listado de componentes principales Hydraulic Press Brake.....	56
3.1.8.	Listado de componentes principales Hydraulic Shearing Machine.....	58
3.1.9.	Distribución de componentes acorde a su sistema y su función respectiva. 60	
3.1.10.	Distribución de componentes acorde a su sistema y su función respectiva. 63	
3.2.	Parámetros Utilizados.....	65
3.2.1.	Matriz AMFE.....	65
3.2.2.	Estadístico de máquinas.....	100
3.3.	Fiabilidad de las máquinas.....	120
3.3.1.	Fiabilidad tasa de fallos constante (λ cte.).....	120
3.3.2.	Modelo matemático de Weibull (Hydraulic Press Brake).....	123
3.3.3.	Modulo matemático de Weibull (Hydraulic Shearing Machine).....	132
3.3.4.	Modelo gráfico de Weibull Hydraulic Press Brake.....	140
3.3.5.	Modelo gráfico de Weibull Hydraulic Shearing Machine.....	145

3.4.	Bitácora de Mantenimiento	149
3.4.1.	Gama de mantenimiento Hydraulic Press Brake.	149
3.4.2.	Gama de mantenimiento Hydraulic Shearing Machine.	163
3.5.	Discusión.	176
CAPITULO IV		178
4.	Conclusiones y Recomendaciones	178
4.1.	Conclusiones.....	178
4.2.	Recomendaciones	180
ANEXOS		184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-	Evolución del mantenimiento.....	7
Figura 2.-	Gestión de equipos	12
Figura 3.-	Modelo de inventario	14
Figura 4.-	Instalaciones correctamente mantenidas	15
Figura 5.-	Formato de la matriz Criticidad	24
Figura 6.-	Ejemplo propuesto de Weibull.....	28
Figura 7.-	Estimación de los parámetros β y $P\mu$	29
Figura 8.-	Obtención del cumulative per cent failure vs MTBF.....	30
Figura 9.-	Obtención del n estimador.....	31
Figura 10.-	Esqueleto estructural	33
Figura 11.-	Estructura del piso.....	33
Figura 12.-	Paredes laterales	34
Figura 13.-	Esqueleto del Techo	34
Figura 14.-	Esqueleto delantero	35
Figura 15.-	Chasis	35
Figura 16.-	Conjunto Terminado	36
Figura 17.-	Dobladora industrial (Hydraulic Press Brake)	37
Figura 18.-	Cortado industrial (Hydraulic Shearing Machine).....	38
Figura 19.-	Diagrama de flujo del proyecto.....	44

Figura 20.- Ficha técnica de Hydraulic Press Brake.	52
Figura 21.- Ficha técnica de Hydraulic Shearing Machine.....	52
Figura 22.- Sistema eléctrico del sistema.....	53
Figura 23.- Sistema del troquel superior e inferior	53
Figura 24.- Sistema de elevación por cilindros hidráulicos	54
Figura 25.- Sistema de bombeo.....	54
Figura 26.- Sistema cubierta de acero.....	54
Figura 27.- Sistema de ejes coordinados	55
Figura 28.- Vista frontal de la máquina	55
Figura 29.- Vista lateral de la máquina	56
Figura 30.- Representación de datos MTTB vs Disponibilidad (Hydraulic Press Brake)	111
Figura 31.- Representación de datos MTTR vs Disponibilidad (Hydraulic Press Brake)	111
Figura 32.- Representación de datos MTBF vs Disponibilidad (Hydraulic Shearing Machine)	119
Figura 33.- Representación de datos MTTR vs Disponibilidad (Hydraulic Shearing Machine)	119
Figura 34.- Fiabilidad de Weibull (Hydraulic Press Brake)	131
Figura 35.- Infiabilidad de Weibull (Hydraulic Press Brake).....	132
Figura 36.- Fiabilidad de Weibull (Hydraulic Shearing Machine).....	138
Figura 37.- Infiabilidad de Weibull (Hydraulic Shearing Machine).....	139
Figura 38.- Fiabilidad de Weibull vs Tiempo de Operación (Hydraulic Press Brake)	144
Figura 39.- Fiabilidad de Weibull vs Tiempo de Operación (Hydraulic Shearing Machine)	149
Figura 40.- Gama de mantenimiento enero O (Hydraulic Press Brake)	151
Figura 41.- Gama de mantenimiento febrero (Hydraulic Press Brake)	152
Figura 42.- Gama de mantenimiento marzo (Hydraulic Press Brake).....	153
Figura 43.- Gama de mantenimiento abril (Hydraulic Press Brake).....	154
Figura 44.- Gama de mantenimiento mayo (Hydraulic Press Brake)	155
Figura 45.- Gama de mantenimiento junio (Hydraulic Press Brake).....	156
Figura 46.- Gama de mantenimiento julio (Hydraulic Press Brake).....	157

Figura 47.- Gama de mantenimiento agosto (Hydraulic Press Brake)	158
Figura 48.- Gama de mantenimiento septiembre (Hydraulic Press Brake)	159
Figura 49.- Gama de mantenimiento octubre (Hydraulic Press Brake).....	160
Figura 50.- Gama de mantenimiento noviembre (Hydraulic Press Brake).....	161
Figura 51.- Gama de mantenimiento diciembre (Hydraulic Press Brake).....	162
Figura 52.- Gama de mantenimiento enero (Hydraulic Shearing Machine).....	164
Figura 53.- Gama de mantenimiento febrero (Hydraulic Shearing Machine).....	165
Figura 54.- Gama de mantenimiento marzo (Hydraulic Shearing Machine).....	166
Figura 55.- Gama de mantenimiento abril (Hydraulic Shearing Machine)	167
Figura 56.- Gama de mantenimiento mayo (Hydraulic Shearing Machine).....	168
Figura 57.- Gama de mantenimiento junio (Hydraulic Shearing Machine)	169
Figura 58.- Gama de mantenimiento julio (Hydraulic Shearing Machine)	170
Figura 59.- Gama de mantenimiento agosto (Hydraulic Shearing Machine)	171
Figura 60.- Gama de mantenimiento septiembre (Hydraulic Shearing Machine). 172	
Figura 61.- Gama de mantenimiento octubre (Hydraulic Shearing Machine).....	173
Figura 62.- Gama de mantenimiento noviembre (Hydraulic Shearing Machine)..	174
Figura 63.- Gama de mantenimiento diciembre (Hydraulic Shearing Machine)...	175
Figura 64.- Instructivo 1 Electroválvula.	184
Figura 65.- Instructivo 2 Cilindro hidráulico.	185
Figura 66.- Instructivo 3 Rodamiento.	186
Figura 67.- Instructivo 4 Manómetro.	187
Figura 68.- Instructivo 5 Motor Asíncrono.	188
Figura 69.- Instructivo 6 END líquidos penetrantes no fluorescentes.	189

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Clasificación de la gravedad basado en el fallo.....	18
Tabla 2.- Clasificación de la frecuencia de fallo.....	18
Tabla 3.- Clasificación de la detectabilidad.....	19
Tabla 4.- Valores predeterminados para el valor del NPR.....	19
Tabla 5.- Formato AMFE.....	20
Tabla 6.- Valoraciones de la matriz Criticidad.....	23
Tabla 7.- Tabla de fallas.....	27
Tabla 8. Recursos económicos.....	40
Tabla 9. Características externas de Hydraulic Press Brake.....	47
Tabla 10. Características externas de Hydraulic Shearing Machine.....	47
Tabla 11. Inventario de máquinas y equipos de la empresa “Carrocerías Jácome “.	48
Tabla 12. Listado de componentes de la máquina.	56
Tabla 13. Listado de componentes de la máquina.	58
Tabla 14. Listado de componentes basado en su sistema y función de la máquina Hydraulic Press Brake.....	60
Tabla 15. Listado de componentes basado en su sistema y función de la máquina Hydraulic Shearing Machine.....	63
Tabla 16. Madia de NPR y disposición coloreada para la máquina Hydraulic Press Brake.....	65
Tabla 17. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema de Elevación).	66
Tabla 18. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema Estructural).	70
Tabla 19. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema Eléctrico).78	
Tabla 20. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema Hidráulico)	82
Tabla 21. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Sistema Estructural).....	86
Tabla 22. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Sistema de Corte).....	92

Tabla 23. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Sistema de Control).....	97
Tabla 24. Madia de NPR y disposición coloreada para la máquina Hydraulic Shearing Machine.....	100
Tabla 25. Estadístico de la máquina Hydraulic Press Brake.....	102
Tabla 26. Estadístico de la máquina Hydraulic Shearing Machine.....	112
Tabla 27. Fiabilidad e Infiabilidad de la máquina Hydraulic Press Brake (Tasa de fallos constante).	120
Tabla 28. Fiabilidad e Infiabilidad de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Tasa de fallos constante).....	122
Tabla 29. Datos estadísticos de la máquina Hydraulic Press Brake.....	124
Tabla 30. Parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Press Brake.....	126
Tabla 31. Fiabilidad e Infiabilidad según parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Press Brake.....	129
Tabla 32. Datos estadísticos de la máquina Hydraulic Shearing Machine.	132
Tabla 33. Parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Shearing Machine. .	134
Tabla 34. Fiabilidad e Infiabilidad según parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Shearing Machine.....	137
Tabla 35. Cálculo de falla acumulativa para la máquina Hydraulic Press Brake. ..	140
Tabla 36. Parámetros de falla para la máquina Hydraulic Press Brake.	142
Tabla 37. Fiabilidad de Weibull para la máquina Hydraulic Press Brake.	142
Tabla 38. Cálculo de falla acumulativa para la máquina Hydraulic Shearing Machine.	145
Tabla 39. Parámetros de falla para la máquina Hydraulic Shearing Machine.	146
Tabla 40. Fiabilidad de Weibull para la máquina Hydraulic Shearing Machine. ...	147
Tabla 41. Parámetros generales de identificación para la máquina Hydraulic Press Brake.	150
Tabla 42. Identificación coloreada Gama de mantenimiento para la máquina Hydraulic Press Brake.....	150
Tabla 43. Parámetros generales de identificación para la máquina Hydraulic Shearing Machine.....	163
Tabla 44. Identificación coloreada Gama de mantenimiento para la máquina Hydraulic Press Brake.....	163

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

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE WEIBULL PARA EL
DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS
MÁQUINAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA CARROCERÍAS JÁCOME"

Autor: Quishpe Villa Christian Manuel

Tutor: Ing. Mg. Byron Christian Castro Miniguano

RESUMEN EJECUTIVO

El plan de mantenimiento fue establecido con el objetivo de determinar el estado actual de las máquinas industriales de la Empresa "CARROCERÍAS JÁCOME", así como detallar actividades que permitan el correcto desempeño de estas. Dado que los equipos de la mencionada Empresa son considerablemente nuevos (4 años de utilidad) no se pudo establecer un estadístico, por consiguiente, se partió de la matriz AMFE, determinando el componente más crítico con las acciones respectivas para aminorar daños. Con los datos obtenidos, se procedió a establecer el estadístico de máquinas y se obtuvo tiempos de operación, tiempos de reparación, tiempo muerto y tiempos de paro. Mediante la nota técnica de prevención NTP 331 detallada como fiabilidad de Weibull se analizan los datos del estadístico con el objetivo de establecer en que parte de la curva de la bañera se encuentra el equipo actualmente. La mencionada fiabilidad fue determinada mediante dos formas, tasa de fallos constante y la fórmula general presentada en dicha nota técnica. En la NTP 331 se detallan dos modelos para determinar dicha fiabilidad, modelo matemático y modelo gráfico. Ambos modelos fueron utilizados ya que al combinar estos se obtuvo una correlación de datos superior al 0,95. De esta manera las gamas de mantenimiento fueron establecidas idóneamente a la vez que cumplen con requisitos puntuales de la Empresa.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING
MECHANICAL ENGINEERING CAREER

"IMPLEMENTATION OF THE WEIBULL METHODOLOGY FOR THE DESIGN
OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN IN THE INDUSTRIAL MACHINES
OF THE COMPANY CARROCERÍAS JÁCOME"

Author: Quishpe Villa Christian Manuel

Tutor: Ing. Mg. Byron Christian Castro Miniguano

SUMMARY

The maintenance plan was established with the main purpose of determining current state of industrial machines of the Company named as "CARROCERÍAS JÁCOME", as well as detailing activities that allow their proper performance. Given that the equipment of the mentioned Company is considerably new (4 years), a statistic analysis could not be established so, the AMFE matrix was used, determining the most critical component with the respective actions to reduce damage. Once data were obtained, the machine statistic was established and operating times, repair times, dead time and stop times were obtained. Using the prevention technical note NTP 331 detailed as Weibull Reliability, the data from the machine statistics is analyzed with the aim of establishing where the equipment is currently located in bathtub curve. The aforementioned reliability was determined by two ways, a constant failure rate and general formula presented in that technical note. NTP 331 shows two models to determine reliability, mathematical model and graphic model. Both models were used because when we combine this two, data correlation is greater than 0.95 points. In this way, the maintenance ranges were suitably established while meeting the Company's specific requirements.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE WEIBULL PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS MÁQUINAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA CARROCERÍAS JÁCOME"

1.1. Antecedentes investigativos

Todas y cada una de las herramientas que el hombre ha fabricado se han ido perfeccionando con el pasar del tiempo con el objetivo que estas le permitan alcanzar sus metas. Mediante la dedicación, el hombre pudo obtener máquinas que se encargan de elaborar un producto en casi toda su totalidad, pero esto produce un efecto contraproducente en la máquina en cuestión, por lo que la idea de establecer un sistema de reparación fue casi inmediata, lo que actualmente se denomina mantenimiento [1].

En los últimos 20 años el mantenimiento se ha visto influenciado profundamente por varios factores dado que el número y variedad de maquinaria se ha incrementado con notoriedad. Este punto es mucho más estudiado por Rosio Torres en su artículo denominado "ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (AMFEC) PARA LA PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN MÁQUINAS INDUSTRIALES PARA PLANTAS QUÍMICAS" basándose en que la mayoría de las reparaciones se establecen tomando como premisa las recomendaciones del fabricante para periodos fijos sin tomar en cuenta los aspectos durante su vida útil de trabajo, lo que lleva a una frase ampliamente conocida "repara hasta que falla". Por lo que opto por la utilización de técnicas de análisis de riesgo, las cuales están basadas en 3 preguntas directrices. ¿Qué puede salir mal? ¿Qué tan frecuente es? ¿Cuáles son

sus efectos?, preguntas que al ser analizadas pueden arrojar acciones respectivas de prevención y control [2].

María Gabriela Mago, en su artículo denominado “DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD O TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (TPEF) EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN” en el cual desarrolla una teoría enfocada en la confiabilidad, esta se basa en la utilización de ecuaciones de Weibull con el objetivo de obtener la capacidad para determinar el periodo de vida útil de cualquier maquinaria definiendo 3 estados específicos, arranque, operación normal y desgaste. Además de proporcionar uno de los mejores análisis en fallas, lo que permite identificar el mantenimiento óptimo para la máquina en cuestión [3].

Fabio Sgarbossa, establece un tema de investigación denominado como “IMPACTS OF WEIBULL PARAMETERS ESTIMATION ON PREVENTIVE MAINTENANCE COST” en el cual la distribución de Weibull es denotada como un modelo mayormente utilizado para describir tiempos de fallos y vida útil de los componentes basándonos en una gráfica denominada curva de la bañera. Estos parámetros se los puede agrupar e interpretar con relación a los tiempos de paro de la máquina lo que nos lleva a determinar cuan largo fue el lapso de reparo en función de tiempo y gasto económico empleado. Generando así un valor cuantitativo monetario excedente para la empresa valor el cual, puede aumentar o disminuir dependiendo de cuan acertado sea el mantenimiento empleado [4].

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

Establecer un plan de mantenimiento preventivo mediante la distribución metodológica de Weibull para las máquinas industriales en la empresa “CARROCERÍAS JÁCOME”.

1.2.2. Objetivo Específicos:

- **Utilizar matrices AMFE Y CRITICIDAD con el objetivo de determinar el estado actual de las máquinas industriales de la empresa basándonos en un análisis modal de fallos NTP 679.**

Para establecer la matriz AMFE se utilizará la nota técnica de prevención 679 tomando en consideración 3 parámetros esenciales como lo son: gravedad del daño, ocurrencia o frecuencia de este y por último que tan difícil es la detección. Estos parámetros nos permitirán establecer ciertos criterios ponderados, los cuales conformarán la matriz antes mencionada. A partir de la misma la segunda matriz será realizada, esta es denominada como “CRITICIDAD” decretando cuál de los componentes es el más propenso a ser averiado y por consiguiente el que requiere mayor atención [5].

- **Establecer parámetros para la estructuración del plan de mantenimiento preventivo utilizando la distribución metodológica de Weibull en base a la nota técnica de prevención 331.**

Una vez establecida la matriz AMFE se pueden identificar o resaltar ciertos parámetros los cuales serán agrupados en un estadístico, los mismos serán asimilados por NTP 331 con el objetivo de establecer la fiabilidad.

- **Determinar la fiabilidad que obtendrán las máquinas mediante la distribución de Weibull.**

La determinación de la fiabilidad se puede obtener mediante dos maneras, gráfica y calculo, mediante el método de los momentos o también denominado el de la máxima verosimilizada. Este último método tiene ciertas complicaciones dado que en él se plantean ecuaciones diferenciales complicadas por lo que el método grafico resulta de mucha ayuda.

- **Establecer y realizar las Gamas de mantenimiento preventivo para las máquinas de dicha empresa.**

Analizados todos los parámetros con anterioridad se podrá establecer las gamas de mantenimiento. Estas gamas detallaran actividades, tiempos, distribuciones y observaciones respecto a los componentes mayormente afectados por el trabajo.

1.3. Fundamentación Teórica

1.3.1. Mantenimiento

Se puede definir el mantenimiento como un conjunto unificado de actividades destinadas a mantener, preservar y restablecer un sistema, máquina o aparato que desempeña cierta actividad [6].

1.3.2. Mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial se desarrolla en un sinnúmero de aspectos por lo que la mejor definición puede ser el denominado conjunto de acciones íntimamente relacionado con el sector industrial [7]. El objetivo primordial de la industria, funcionando como una empresa es generar un rédito económico por lo que mantener sus máquinas en funcionamiento la mayor parte del tiempo en ocasiones resulta una tarea enorme; por lo que el mantenimiento se convirtió en una disciplina que puede ser aplicada a un gran número de variables [6] [8].

1.3.3. Funciones del mantenimiento industrial



Figura 1.- Evolución del mantenimiento

Fuente: [8]

1.3.3.1. Inspección y lubricación de equipos

Este es considerado uno de los primeros pasos en la incursión del mantenimiento además de ser una de las partes más esenciales en lo que a reparación de máquinas se refiere. El cual consiste en detectar y subsanar posibles causantes del daño que puedan originarse en un tiempo determinado, adicionalmente agregamos a esto limpieza, lubricación y puesta a punto de la máquina en cuestión con el objetivo de optimizar e incrementar la vida útil del componente y por consiguiente de la máquina [8].

1.3.3.2. Mantenimiento de edificios y terrenos

Es una de las competencias mayormente limitadas en lo que a manteniendo se refiere puesto que, el mantenimiento de edificaciones no siempre resulta tan fácil o se asemeja a lo comúnmente conocido. Esto no significa que esta competencia no deba ser

analizada más bien, es de suma importancia la sustentación y mantenimiento de sectores aledaños a la planta [9].

1.3.3.3. Gestión de la información relativa al mantenimiento

El análisis de información es una tarea que entra en contacto directo con el mantenimiento ya que por un lado se analiza un listado histórico en cual se enlistan y/o enumeran los anteriores daños y su posible solución. Por otro lado, estudia casos anteriores o los más representativos. Este tipo de análisis es comúnmente utilizado con el mantenimiento preventivo y predictivo [9].

1.3.3.4. Modificación de las instalaciones y realización de instalaciones nuevas

Esta función del mantenimiento se lo realiza en grandes instalaciones y no siempre es responsabilidad del departamento de mantenimiento [9].

1.3.3.5. Gestión de almacenes de mantenimiento

Es una tarea secundaria del mantenimiento. Esta necesita de materiales, componentes y actividades organizadas correctamente [9].

1.3.3.6. Seguridad de las plantas

En cuanto a este punto se refiere todo se basa en gestión del personal, equipos de prevención y por último recomendaciones laborales [9].

1.3.3.7. Eliminación de residuos

Es una parte fundamental del mantenimiento puesto que, es necesario mantener y tratar los desechos que se generan en la planta [9].

1.4. Tipos de mantenimiento

Cada una de las diferentes acuñaciones para los tipos de mantenimiento se diferencian en cuanto a los objetivos, planificación, así como los recursos que se emplean para realizar los mismos. Por lo que se establece un mantenimiento planificado generando tipos clásicos y reorganizados como por ejemplo mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo, proactivo, basado en la fiabilidad y por último mantenimiento productivo total [9].

1.4.1. Mantenimiento correctivo

Como su nombre lo menciona es el que se realiza una vez que se ha producido la falla con el objetivo de reemplazar el componente dañado. Denotando las siguientes ventajas:

- No requiere de gran estructura ni una gran elevada capacidad de análisis.
- Se especializa en aprovechar en toda su capacidad la vida útil del componente.

Inconvenientes

- Averías presentes de manera incontrolada
- El componente averiado puede ser sumamente difícil de encontrar
- Poca disponibilidad además de una gran cantidad de tiempo por el paro de la máquina

Aplicaciones

- Cuando el coste del mantenimiento es menor que el coste del paro de la máquina
- Cuando sea aplicado en sistemas secundarios

1.4.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se lo realiza con la intención de eliminar la probabilidad de ocurrencia al fallo, además que este puede subdividirse en dos modalidades [9].

1.4.2.1. Mantenimiento preventivo sistemático

Sistema establecido como un mantenimiento a intervalos de tiempo regulares teniendo en cuenta todos los aspectos críticos de la máquina [9].

1.4.2.2. Mantenimiento preventivo condicional

Este tipo de mantenimiento será realizado en el caso que la maquina o el componente deba ser atentado o reemplazado [9].

Ventaja

- Enorme reducción en las paradas imprevistas

Desventajas

- La vida útil el quipo no se aprovecha
- Elevación considerada en los costes relacionados con el mantenimiento

Aplicaciones

- Equipos mecánicos

1.4.3. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento se los realiza en condiciones acertada para la detección de los síntomas y reparar los mismos sin afectar la integridad de la máquina [9].

Ventajas

- Se acopla de manera apropiada con el mantenimiento preventivo.
- Generación de tiempos acertados en cuento a reparación
- Mejora el control de equipos.

Desventajas

- Requiere de personal altamente capacitado
- Mediante la estructuración de este se pueden presentar demasiadas variables

Aplicaciones

- Maquinaria rotativa
- Instrumentación
- Elementos complejos

1.4.4. Mantenimiento ante fallo

Mantenimiento frente a rotura, este tipo de mantenimiento se lo realiza cuando el componente ha sido totalmente averiado. No se busca la causa raíz del problema. Se reemplaza el componente y se lo cataloga como, el mantenimiento menos planificado [10].

1.5. Inventario de equipos y gestión de estos



Figura 2.- Gestión de equipos

Fuente: [10]

La definición puntual del término inventario es denotada como, un listado codificado y localizado de un conjunto de equipos. Para establecer un inventario es necesario conocer ciertos parámetros como, por ejemplo; número de equipos existentes y tipo de respectivo de los mismos con el objetivo de otorgarles un código de búsqueda y establecer el despiece respectivo.

1.6. Dossier de la máquina

Documentación representativa de las características que permite conocer el comportamiento de la máquina basándonos en los acontecimientos anteriores. El dossier de la máquina comprende información del fabricante como por ejemplo planos del despiece, manual de usuario, documentos de pruebas realizadas. Por otro lado, se puede encontrar el fichero interno de máquina el cual se compone con las siguientes características [11].

- Características de la máquina
- Condiciones de servicio
- Listado de repuestos
- Planos de montaje
- Esquemas eléctricos y/o electrónicos
- Tolerancias de Ajuste
- Instrucciones de montaje
- Instrucciones de mantenimiento

1.6.1. Fichero interno de la máquina

Esta documentación se genera a lo largo de la vida útil de máquina en la cual se mostrarán los siguientes datos:

- Codificación
- Condiciones de trabajo reales
- Modificaciones efectuadas
- Planos actualizados
- Procedimiento de reparación
- Fichero histórico

1.6.2. Fichero histórico de la máquina

Este documento nos muestra las intervenciones sufridas a lo largo de la vida útil de la máquina en cuestión como por ejemplo calibraciones, verificaciones y hasta cambio o reemplazo de componentes. Los datos enunciados a continuación serán los mínimos en el fichero [11].

- Fecha y numero de OT
- Especialidad
- Tipo de fallo
- Número de Horas de trabajo



Figura 4.-Instalaciones correctamente mantenidas

Fuente: [12]

1.7.1. Tipos de planes de mantenimiento

- **Plan de mantenimiento basado en fabricantes**

Son actividades de carácter preventivo en las que se toma como influencia principal las recomendaciones del manual de fábrica. Es una de las estrategias más fáciles de establecer ya que las actividades a realizarse están claramente ya definidas. Esta estrategia de mantenimiento es la más empírica en cuanto a mantenimiento se refiere [12].

- **Plan de mantenimiento basado en protocolos**

O también denominado protocolo de mantenimiento programado. Este en especial se caracteriza por poseer un conjunto de actividades previamente dispuestas. Estas actividades son tomadas de paros anteriores en la maquinaria, mediante estos paros se pudo establecer posibles fallas a todo el lote de artefactos fabricadas. Una vez registradas y catalogadas estas pueden ser extrapoladas a cualquier equipo [12].

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

Como su nombre lo dice se trata de un plan de actividades enfocado en evitar paradas imprevistas. Además de incrementar la probabilidad en función del tiempo, generando disminución monetaria del coste de mantenimiento [12].

1.8. Matriz AMFE

Se puede denominar AMFE como una herramienta cuyo objetivo es detectar fallos potenciales debidos al trabajo efectuado. Además de ser una forma estructurada para cuantificar que tal amenazante es el fallo. En este método se puede delimitar preguntas directrices que ayudan en la organización de la matriz. Como, por ejemplo; ¿Qué puede ir mal?, ¿Cuál es la probabilidad de que ocurra y sus respectivas consecuencias?, ¿Qué probabilidad tengo para detectarlo? [13].

1.8.1. Fases para la realización de AMFE

- Definir el área objeto [13].
- Elegir el equipo [13].
- Describir gráficamente el proceso [13].
- Definir los riesgos [13].
- Identificar acciones y medidas de control [13].

1.8.2. Definiciones fundamentales del AMFE

Funciones

Son las acciones que realiza el componente [13].

Fallo

La parada inoportuna de un cierto componente que resulta en el incumplimiento de su actividad habitual [13].

Modo de Fallo

Como va a fallar el componente, es decir, que características visibles se pueden evidenciar [13].

Causa raíz

Se conoce así al origen que genera el fallo [13].

Consecuencia

Efecto sobre el componente [13].

Detectabilidad

Es la capacidad de encontrar el fallo lo más antes posible y evitar que la máquina este completamente comprometida [13].

Frecuencia

Es una característica que mide la cantidad de veces que el fallo se produce [13].

Gravedad

Mide la cantidad de daño realizado durante la vida útil de la máquina [13].

1.8.3. Características generales AMFE**Índice de prioridad de riesgo**

Es el parámetro que determina que prioritario resulta el fallo de la máquina. Este factor se puede encontrar de la manera expuesta a continuación [13] [14].

$$\mathbf{NPR} = \text{gravedad}(G) * \text{Frecuencia}(F) * \text{Deteccion}(D) \quad \text{Ec(1)}$$

NPR: Índice de prioridad de riesgo

Cada uno de los parámetros expuestos con anterioridad son representados en tablas que se muestran a continuación.

Tabla 1.-Clasificación de la gravedad basado en el fallo

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja. Repercusiones imperceptibles	No es razonable que este fallo de pequeña importancia origina efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Bajo. Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, este observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada. Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observara 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 la seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Fuente: [14]

Tabla 2.-Clasificación de la frecuencia 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 previstos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	7-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Fuente: [14]

Tabla 3.-Clasificación de la detectabilidad

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy probable 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 posteriormente	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 detectado 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

Fuente: [14]

El valor del índice de riesgo determinara cuál de los componentes fue sumamente agraviado, dicha escala será mostrada a continuación :

Tabla 4.-Valores predeterminados para el valor del NPR

NPR>200	Inaceptable (I)
200>NPR>125	Reducción deseable (R)
125>NPR	Aceptable (A)

Fuente: [14]

Tabla 5.- Formato AMFE

ANÁLISIS NODAL DE FALLOS Y EFECTOS AMFE															
AMFE DE PROYECTO () AMFE DE PROCESO ()					DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE/ PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTE			HOJA:			
NOMBRE Y DEPARTAMENTO DE LO PARTICIPANTES Y/O PROVEEDORES					COORDINADOR : (NOMBRE Y DEPARTAMENTO)				MODELO/SISTEMA/FA-BRICACIÓN			FECHA INICIO:		FECHA DE REVISIÓN:	
Operación o Función	Fallo N°	Fallos Potenciales			Estado Actual				Acción Correctiva	Responsable / Plazo	Situación de Mejora				
		Modos de Fallo	Efectos	Causas del modo de Fallo	Medidas de Ensayo y Control previstas	F	G	D			NP R	Acciones Implantadas	F	D	G
Soldadura MIG	1.1	Falta Soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de Acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previsto grupos y aprietas en zonas MIG	Proceso Chapa/ Anteproyecto				
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas	Proceso Chapa/ Anteproyecto				
	1.3	Soldadura Defectuosa	Agujeros en Chapa	Desacoplamiento Chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometría y acoplamientos	Proceso Chapa/ Anteproyecto				
	1.4	Mala calidad de Soldadura	Retrabajos, Grietas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina	Proceso Chapa/ Anteproyecto				

ANALISIS NODAL DE FALLOS Y EFECTOS AMFE															
AMFE DE PROYECTO () AMFE DE PROCESO ()				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE/ PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTE				HOJA:			
NOMBRE Y DEPARTAMENTO DE LO PARTICIPANTES Y/O PROVEEDORES				COORDINADOR : (NOMBRE Y DEPARTAMENTO)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO:		FECHA DE REVISIÓN:	
Operación o función	Fallo N°	Fallos Potenciales			Estado Actual				Acción Correctiva	Responsable/ Plazo	Situación de Mejora				
		Modos de Fallo	Efectos	Causas del modo de Fallo	Medidas de Ensayo y control previstas	F	G	D			NPR	Acciones Implantadas	F	D	G
Soldadura MIG	1.5	Suciedad y poros	Oxido y/o suciedad	Falta de Gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad	Proceso Chapa/ Anteproyecto				
	1.6			Ausencia de vallas	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa/ Anteproyecto				
	1.7	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de Puertas	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección	Proceso Chapa/ Anteproyecto				

ANÁLISIS NODAL DE FALLOS Y EFECTOS AMFE															
AMFE DE PROYECTO () AMFE DE PROCESO ()				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE/ PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTE				HOJA:			
NOMBRE Y DEPARTAMENTO DE LO PARTICIPANTES Y/O PROVEEDORES				COORDINADOR : (NOMBRE Y DEPARTAMENTO)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO:	FECHA DE REVISIÓN:		
Operación o función	Fallo N	Fallos Potenciales			Estado Actual				Acción Correctiva	Responsable/ Plazo	Situación de Mejora				
		Modos de Fallo	Efectos	Causas del modo de Fallo	Medidas de Ensayo y control previstas	F	G	D			NPR	Acciones Implantadas	F	D	G
Soldadura MIG	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campanas de humos en mala ubicación	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente	Proceso Chapa/ Anteproyecto				
	1.9	Exceso de Fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de Latón que protege la chapa y la maquina	Proceso Chapa/ Anteproyecto				

Fuente: [14]

1.9. Matriz criticidad

Es una categorización cuantitativa en la cual se determina cuál de los componentes es el más afectado durante el trabajo de la máquina. A continuación, se muestra las características de la matriz mencionada [15].

Tabla 6.- Valoraciones de la matriz Criticidad

Valoraciones	
FRECUENCIA DE FALLAS	Valor
Parámetro mayor a 4 fallas/año	4
Promedio 2-4 fallas/año	3
Buena 1-2 fallas/año	2
Excelentes menores de 1 falla/año	1
IMPACTO OPERACIONAL	Valor
Parada inmediata total	10
Parada del complejo planta y tiene repercusión en otro	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4
Repercute en costos operacionales adicionales asociados	2
No genera ningún efecto significativo sobre la operación	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	Valor
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	Valor
Mayor o igual a 120 USD	2
Inferior a 120 USD	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	Valor
Afecta a la seguridad humana tanto externa como internamente	8
Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (Accidentes e incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola ninguna ley	1

Fuente: [15]

MATRIZ CRITICIDAD								
Responsable del proceso		Máquina:						
Sistema		Subsistema:						
Elaborado por:		Fecha de Elaboración						
Revisado por		Fecha de Revisión:						
Componentes	CONSECUENCIAS					Frecuencia de Fallas	CRITICIDAD	JERARQUIZACIÓN
	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos MMT	Impacto SAH	TOTAL			
Base	1	1	1	1	3	1	3	NO CRITICO
Motor	10	2	2	2	24	2	48	CRITICO
Chumacera	2	1	1	1	4	2	8	SEMI CRITICO
Rodamiento	2	1	1	1	4	2	8	SEMI CRITICO
Eje	4	2	1	1	10	2	20	CRITICO
Buje 21 mm	2	2	1	1	6	1	6	SEMI CRITICO
Buje 19 mm	2	2	1	1	6	1	6	SEMI CRITICO
Buje 60 mm	2	2	1	1	6	1	6	SEMI CRITICO
Acople Rápido	6	2	1	1	14	1	14	CRITICO
Volante	4	2	1	1	10	1	10	SEMI CRITICO
Acelerómetro	6	1	1	1	8	1	8	SEMI CRITICO

Figura 5.-Formato de la matriz Criticidad

Fuente: Autor

$$\text{Total} = (\text{Io} * \text{F}) + \text{C} + \text{I} \quad \text{Ec(2)}$$

Donde

Total: Valor previo al cálculo de criticidad

Io: Impacto operacional

F: Flexibilidad

C: Costos de mantenimiento

I: Impacto de salud

$$\text{Criticidad} = \text{Fr} * \text{Total} \quad \text{Ec(3)}$$

Criticidad: Determinar que tal afectado resulta el componente

Fr: Frecuencia en la que ocurren los fallos

Nota: Según la documentación es de suma importancia recordar que el valor de criticidad no debe exceder 100 unidades, aunque es recomendable usar una escala más pequeña en caso de ser indispensable.

1.10. Metodología weibull

Podemos denominar la distribución del Weibull como una distribución exponencial basada en una probabilidad estadística de los problemas industriales evidenciados con el objetivo de predecir fallas. Esto se consigue mediante el análisis estadístico de la máquina, así como la recolección de datos. Weibull puede tomar dos metodologías, método matemático y método gráfico [16].

1.10.1. Modelo matemático Weibull

En este modelo se pueden encontrar con las siguientes ecuaciones:

$$R(t) = \exp \left[-\left(\frac{t_0 - \gamma}{a} \right)^{1/\beta} \right] \quad \text{Ec(4)}$$

$$F(t) = 1 - R(t) \quad \text{Ec(5)}$$

Donde

$R(t)$: Fiabilidad

$F(t)$: Infiabilidad o función acumulativa

β : Parámetro de forma

α : parámetro de escala

γ : Parámetro de localización

T_0 : Tiempo de operación

Nota: El parámetro de localización será denotado como cero dado que este indica el tiempo a partir del cual se genera la distribución.

Otros parámetros de análisis se exponen a continuación: media aritmética (\bar{x}), varianza (S^2), desviación estándar (S), tiempo de falla de cada evento (t_i) y número de datos del evento (n) [16].

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_o)}{n} \quad \text{Ec(6)}$$

$$S^2 = \frac{(\sum \ln(t_o) - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad \text{Ec(7)}$$

$$S = \sqrt{S^2} \quad \text{Ec(8)}$$

$$\beta = \frac{\pi}{S\sqrt{6}} \quad \text{Ec(9)}$$

$$\alpha = \exp\left(\bar{x} + \left(\frac{0.5772}{\beta}\right)\right) \quad \text{Ec(10)}$$

1.10.2. Método gráfico de Weibull

Para la adecuación de este método se tomará como todos los parámetros encontrados en la nota técnica de prevención 331. Los datos estadísticos de la máquina deberán ser analizados con sumo cuidado para evitar errores. Los pasos para el método gráfico se expondrán a continuación: [16].

- **Paso 1**

Obtener el registro de fallas, ordenar el mismo de manera ascendente y así estimar las fallas acumulativas F(i).

- **Paso 2**

Estimar el valor de fallas acumulativas F(i) mediante la siguiente ecuación.

$$F(i) = \frac{\# \text{ de fallas}}{\# \text{ total de fallas}} \quad \text{Ec(11)}$$

Con el objetivo de estimar la más alta confiabilidad la ecuación F(i) puede obviarse al utilizar los valores de rango medio mediante la ecuación siguiente:

$$\sum_{r=i}^n \frac{n!}{r!(n-r)!} [F(i)]^r [1 - F(i)]^{n-r} = 0.5 \quad \mathbf{Ec(12)}$$

Donde

i = número de falla

n = tamaño del ejemplo (total de fallas)

Cuando el tamaño de la muestra supera el valor de 20 unidades la formula cambia a la que se muestra a continuación:

$$F(i) = \frac{i - 0.2}{n + 0.4} \quad \mathbf{Ec(13)}$$

Si la muestra supera las 100 unidades la ecuación es la siguiente:

$$F(i) = \frac{i}{n + 1} \quad \mathbf{Ec(14)}$$

Una vez determinados los valores anteriores de podrá establecer la siguiente tabla.

Tabla 7.-Tabla de fallas

Tiempo de Falla	% de falla acumulativa
T1	F (1)
T2	F (2)
T3	F 3)
T4	F (4)
T5	F (5)

Fuente: [16]

Este tipo de valores establecidos no nos proporcionan la mayor confiabilidad posible dado que solo podemos adquirir el 50% por lo que esta puede ser mejorada mediante los gráficos de papel de Weibull [16].

- **Paso 3**

La grafica de Weibull funciona de la siguiente manera, el eje y se colocan los valores de la distribución acumulativa mientras que en el x los tiempos de falla con el objetivo de crear una línea de tendencia. El ejemplo se muestra a continuación [16].

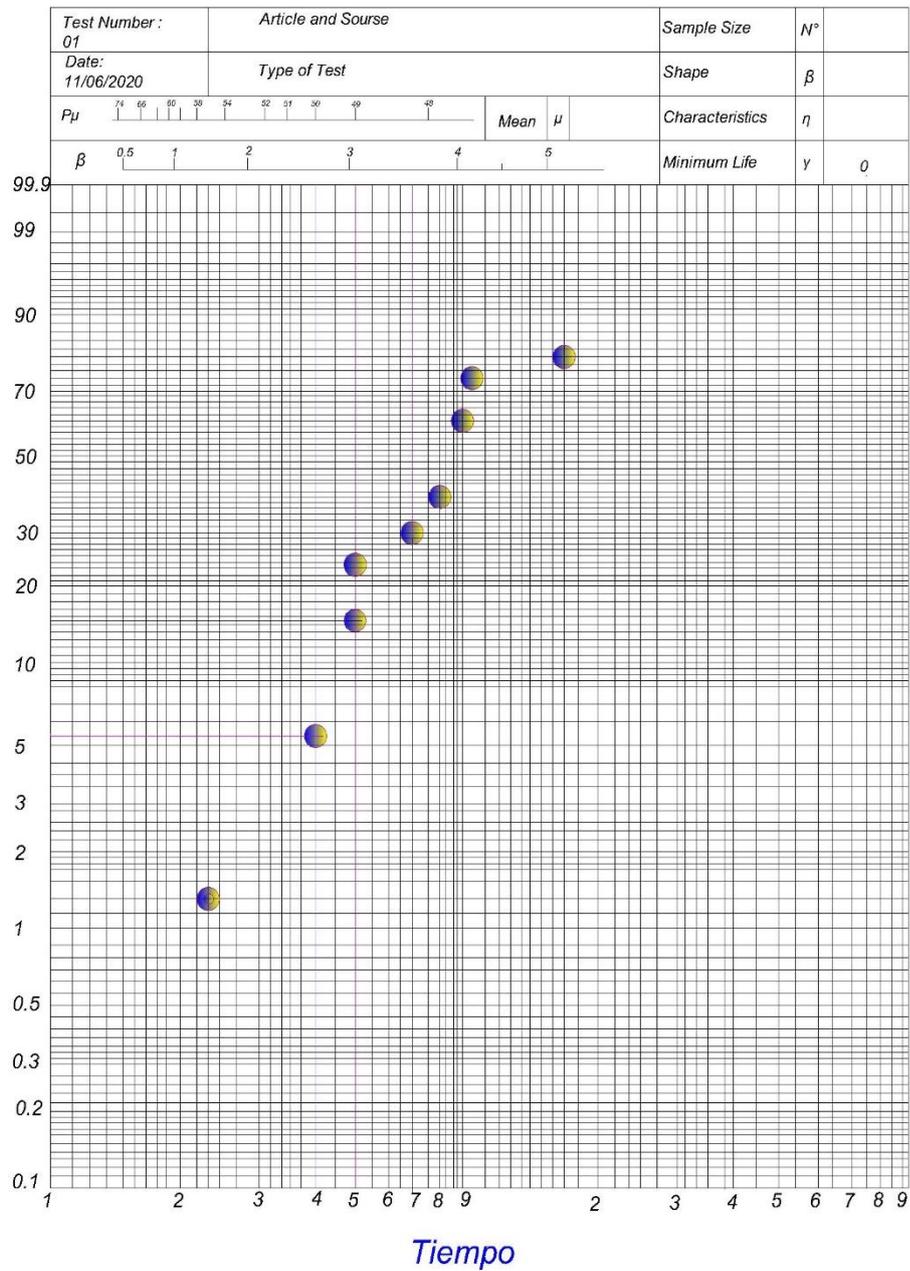


Figura 6.- Ejemplo propuesto de Weibull

Fuente: Autor

- **Paso 4**

Procedemos a encontrar β y $P\mu$ mediante la realización de un trazo. Una línea perpendicular a la asociación de datos anteriores. Colocamos el estimation point en la parte superior izquierda como se muestra a continuación [16].

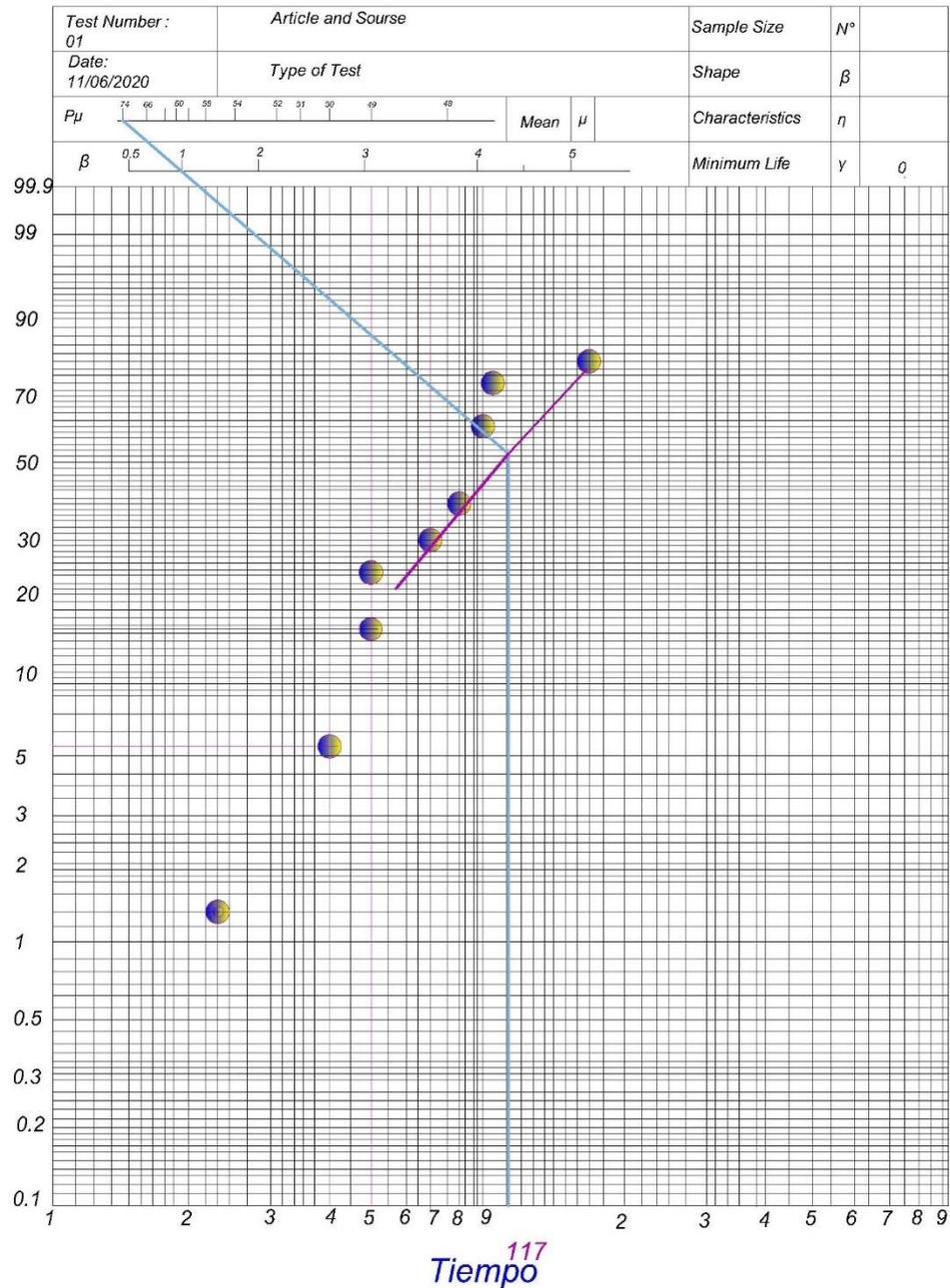


Figura 7.- Estimación de los parámetros β y $P\mu$

Fuente: Autor

- **Paso 5**

Alcanzados los parámetros anteriores se procede a trazar una recta paralela al eje x denominada como cumulative per cent failure, proyectamos la misma hasta encontrar el eje x con el objetivo de obtener el MTBF. Multiplicar este último por 100 [16].

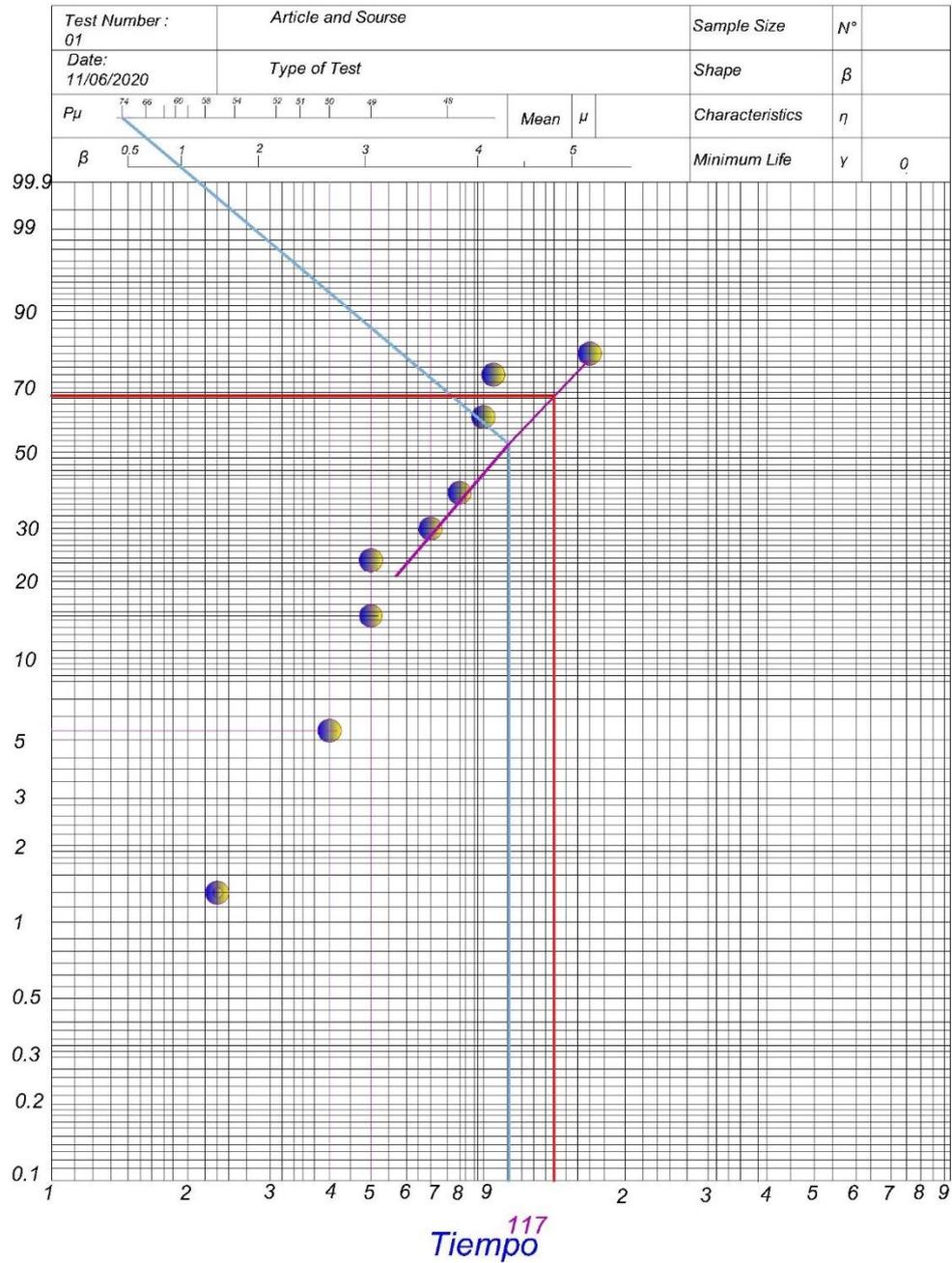


Figura 8.- Obtención del cumulative per cent failure vs MTBF

Fuente: Autor

- **Paso 6**

Alcanzaremos el punto denominado n estimador mediante una línea horizontal que alcance la línea de tendencia, a continuación, proyectamos la misma de manera perpendicular como se muestra la línea de color verde a continuación.

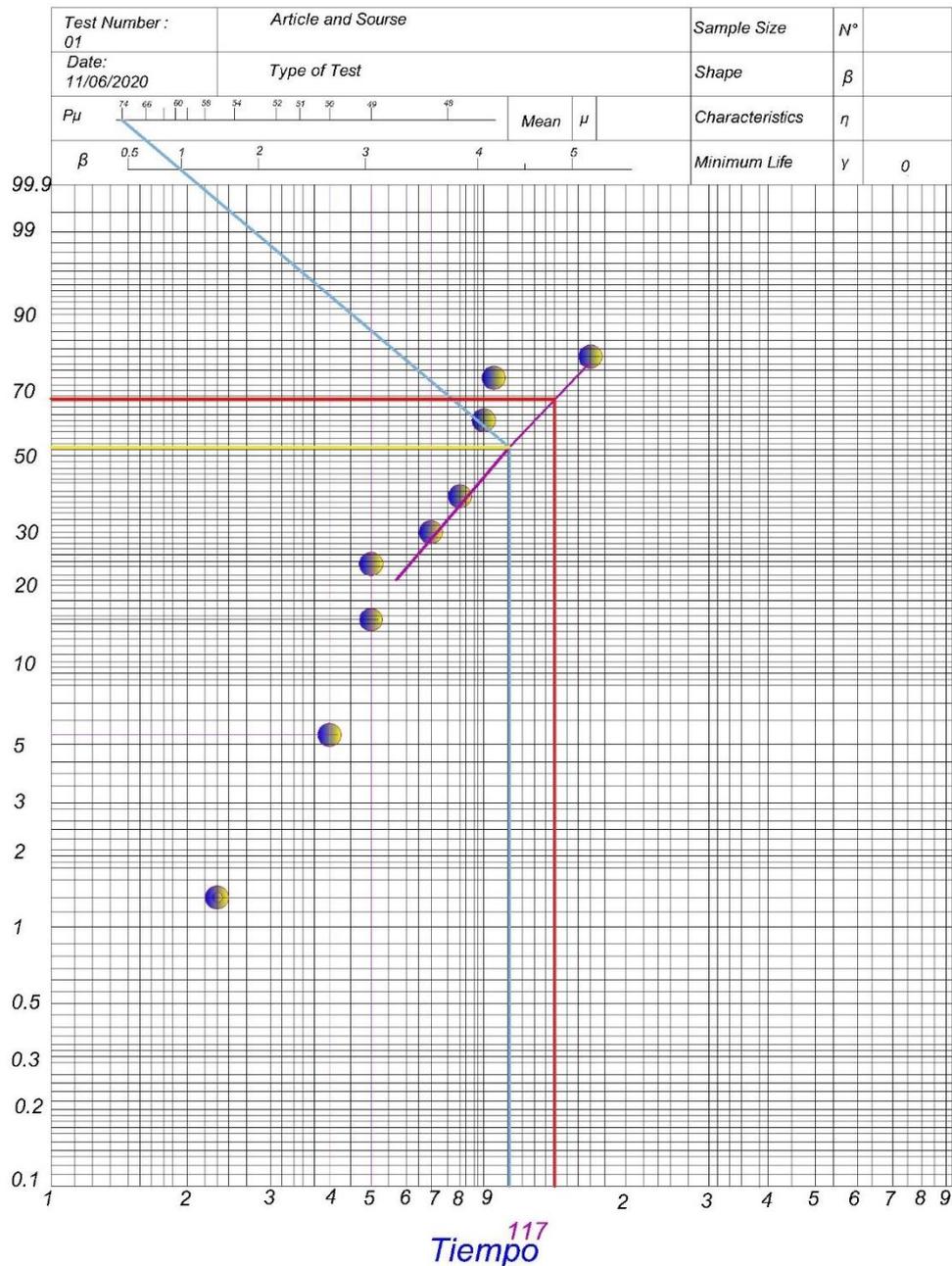


Figura 9.- Obtención del n estimador

Fuente: Autor

Alcanzados los parámetros anteriores los aplicamos en la ecuación que se muestra a continuación.

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t_0 - \gamma}{n} \right)^\beta \right] \quad \text{Ec(15)}$$

Donde 1.11

T_0 = tiempo de operación (h)

β = Parámetro de forma

γ = Parámetro de localización

n = parámetro calculado del papel de Weibull

1.11. Carrocerías Jácome

La Empresa “CARROCERÍAS JÁCOME” con 14 años en el mercado se dedica a la manufactura de carrocerías para vehículos de transporte público, interprovincial, urbano y escolar; cumpliendo con normas tales como RTE INEN 038, RTE INEN 043, RTE INEN 041 brindando seguridad a los usuarios del servicio a nivel local y nacional [17].

1.11.1. Definiciones generales

Definición de Carrocería

Se conoce como carrocería a el conjunto de piezas ligadas entre si formando un ensamble. Este conjunto soporta cargas externas e internas para las cuales el mismo debe ser diseñado mediante la utilización de un sistema estático equilibrante [17].

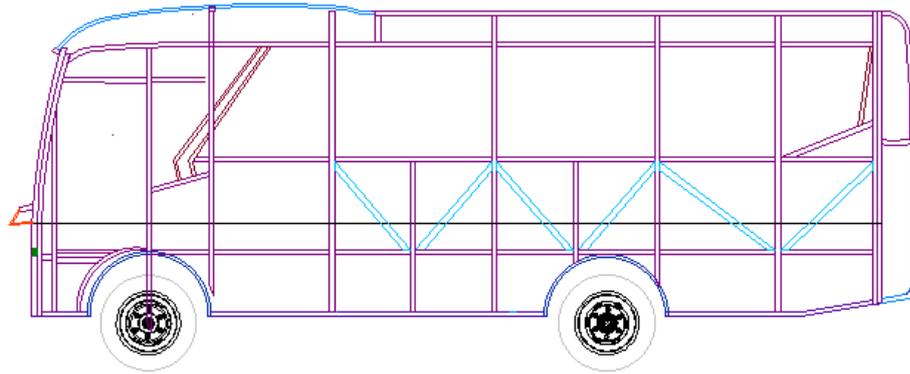


Figura 10.- Esqueleto estructural

Fuente: Autor

Estructura del Piso

Este componente debe absorber las cargas generadas durante el diario funcionamiento además de jugar el papel principal como parte de la unión entre chasis y bastidor [17].

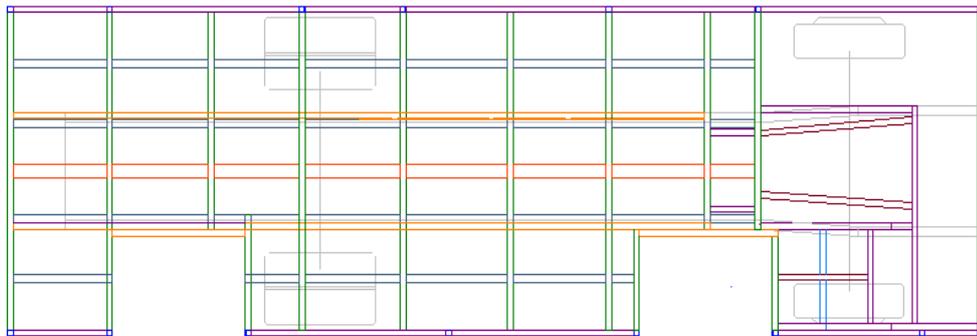


Figura 11.- Estructura del piso

Fuente: Autor

Paredes Laterales

Es el componente al cual se le transmite la carga torsional por el bastidor de chasis. Existen dos del tipo izquierdo y derecho [17].

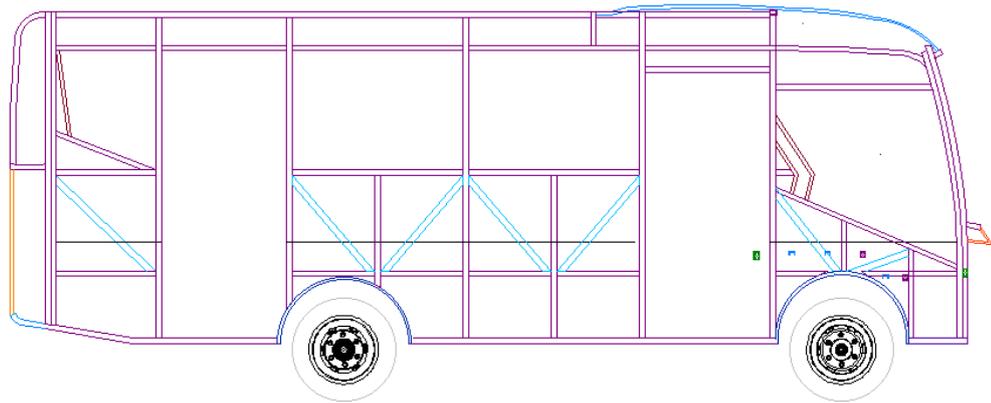


Figura 12.- Paredes laterales

Fuente: Autor

Esqueleto del Techo

Es el componente que soporta los esfuerzos dinámicos. Está conformado por cerchas la cuales deben montarse de manera transversal con las columnas de las ventanas y puertas [17].

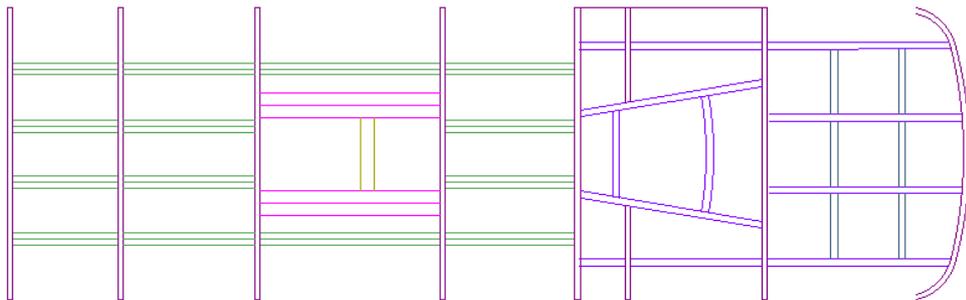


Figura 13.- Esqueleto del Techo

Fuente: Autor

Esqueleto Delantero

Contribuye directamente a la rigidez trasversal de todo el conjunto armado. Es comúnmente realizado en base a chapa metálica [17].

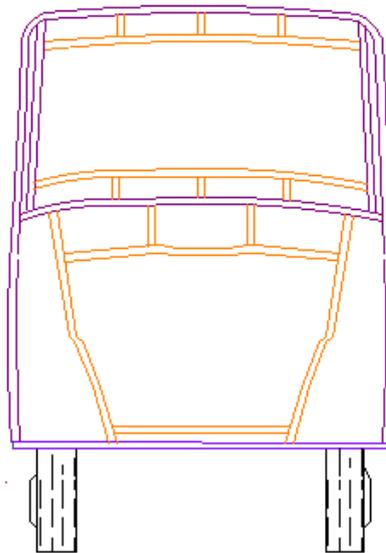


Figura 14.- Esqueleto delantero

Fuente: Autor

1.11.2. Procesos de la empresa

- **Inspección y recepción**

En este proceso se realiza el análisis e inspección del chasis adquirido para la fabricación del bus cualquiera que este sea [17].

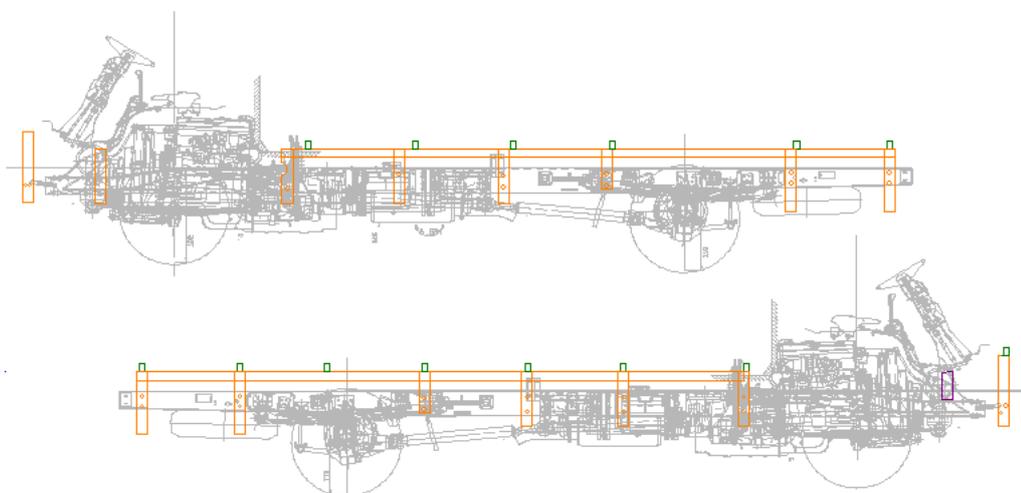


Figura 15.- Chasis

Fuente: Autor

- **Preparación de materiales**

La preparación de los materiales se la realiza en base al tipo, dimensiones y características de cada uno de los elementos puesto que, los mismo tienen su respectiva aplicación como el caso de perfilería y productos para el acabado [17].

- **Armado de la estructura**

Forrado exterior

Se colocan partes y piezas que conforman la parte exterior del conjunto [17].

Forrado interior

Se colocan partes y piezas que conforman la parte interior del conjunto [17].

- **Acabado**

Pintado y Acabado

Se aplican el color apropiado al conjunto, así como partes y piezas de material (fibra de vidrio más resina epoxi o poliéster) [17].

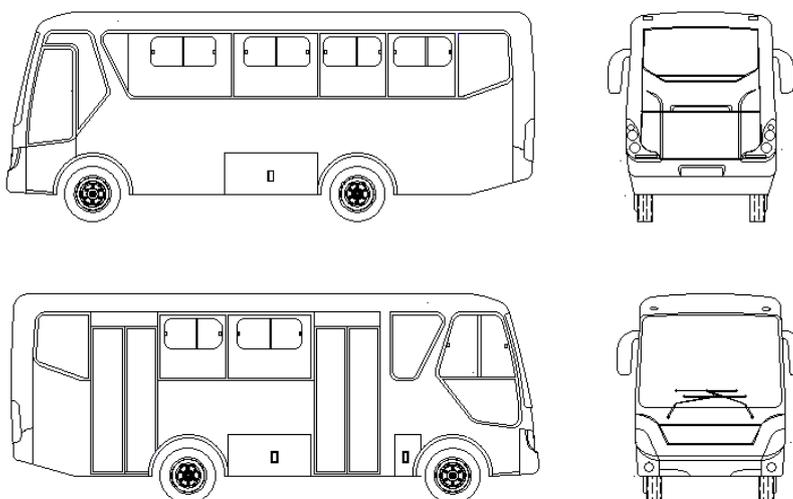


Figura 16.- Conjunto Terminado

Fuente: Autor

1.12. Máquina dobladora industrial (Hydraulic Press Brake)



Figura 17.- Dobladora industrial (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

También denominada plegadora automática computarizada, es adecuada para plegar chapas perfiladas en frío y/o caliente. Posee la capacidad de plegar planchas de 2500 mm de longitud con un espesor de 1.5 a 6 mm.

Características generales que posee la máquina

- Longitud de plegado de las láminas: 2500 mm
- Material del producto: placas perfiladas en frío y/o caliente
- Fuerza: 630 KN
- Protecciones de acero 218
- Potencia del motor 6,6 KW
- Peso: 4400 kg
- Espesor entre columnas: 2050 mm

1.13. Máquina cortadora industrial (Hydraulic Shearing Machine)



Figura 18.- Cortado industrial (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

Máquina con un motor de 7,5 hp de potencia trabajando a 220 voltios con un amperaje de 29 (A) de manera hidráulica la cual puede cortar placas perfiladas en frío o caliente de hasta 2500 mm con espesor oscilante de 1,5 a 6 mm. Posee un tonelaje nominal de 450 KN

- Longitud de trabajo: 2500 mm
- Espesor nominal de trabajo: 3,15 mm
- Ángulos de preselección: 4 °
- Fuerza de corte 2500 KN
- Potencia motora: 5 Hp
- Largo: 3200 mm
- Ancho: 1850 mm
- Alto: 1950 mm

CAPÍTULO II

Metodología

2.1. Materiales y Recursos Humanos

2.1.1. Recursos Humanos

- Estudiante de la Universidad Técnica de Ambato
- Gerente propietario empresa “Carrocerías Jácome”
- Primer Ingeniero de Planta
- Tutor del proyecto de investigación
- Miembros de la unidad de titulación de la Carrera de Ingeniería Mecánica

2.1.2. Recursos institucionales

- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Instalaciones de la empresa “Carrocerías Jácome”

2.1.3. Recursos materiales

- Ordenador HP Core I5
- Material de oficina
- Calculadora Casio fx-570
- NTP 331
- NTP 639

2.1.4. Recursos económicos

A continuación, se describirán los materiales específicos para la realización del presente proyecto además de mostrar las respectivas cantidades para el coste de este.

Tabla 8. Recursos económicos

Descripción	Cantidad	Total
Adquisición de normativa	1	\$ 200
Transporte	1	\$ 50
Material de oficina	1	\$ 150
Uso de internet	1	\$ 70
Calculadora	1	\$ 25
Computador portátil	1	\$ 750
Costos Operativos	1	\$200
Costos varios (Alimentación, imprevistos)	1	\$ 50
	TOTAL	\$ 1495

Fuente: Autor

2.2. Métodos

Mediante la asimilación de información concerniente a las máquinas se procederá a establecer parámetros que nos permitan realizar el Plan de Mantenimiento Preventivo. Las máquinas principales que serán parte del mencionado plan de mantenimiento son: Máquina Doladora y Cortadora industrial de la Empresa” Carrocerías Jacome”. Una vez obtenida dicha información esta será analizada en conjunto con la distribución metodológica de Weibull en adición con la Nota Técnica 679 que abarca análisis de tasa de fallos. Para así, proceder a detallar el estado actual de las máquinas.

El estado actual de las máquinas será determinado en base a la estructuración de un estadístico de máquinas, el cual será establecido por medio la recolección de datos generados por la empresa en años anteriores. En caso de no contar con estos datos, se procederá a establecer un análisis de manera empírica; como es el caso de la observación y revisión de facturas de repuestos adquiridos.

Una vez elaborado el estadístico, estos datos serán llevados a la matriz AMFE en la cual se evaluarán: las funciones, modo de fallo, causas del fallo, efecto del fallo y

consecuencia; determinando así el NPR por componente lo que conlleva a generar una medida correctiva idónea. Una vez realizada la matriz de criterios ponderados “AMFE” se procederá a la estructuración de la segunda matriz designada como “CRITICIDAD” en la cual se determinan los componente críticos de toda la máquina.

Esta matriz debe ser trabajada con la mayor atención del caso para así evitar paros imprevistos. La matriz criticidad analiza parámetros como impacto operacional, flexibilidad, costos de mantenimiento, impacto SAH y frecuencia de las fallas. Todos estos datos permitirán establecer una jerarquización de cada componente ya sea crítico, semi crítico y no crítico.

Mediante la NTP 331 y/o Weibull se establecerá la fiabilidad que las máquinas obtendrán. El análisis cuantitativo de los fallos, además de las actividades correctivas establecidas en la matriz AMFE permitirán realizar las gamas de mantenimiento lo que evocara instaurar el plan de mantenimiento preventivo de la Empresa.

2.3. Modalidad de la investigación

2.3.1. Investigación aplicada

Con el objetivo de mejorar la fiabilidad de las máquinas industriales de la empresa “Carrocerías Jacome” se plantea la realización de un plan de mantenimiento preventivo lo que reducirá los paros imprevistos en la planta industrial además de incrementar la vida útil de la máquina. El mencionado plan será creado con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria puestos en práctica.

2.3.2. Bibliografía documental

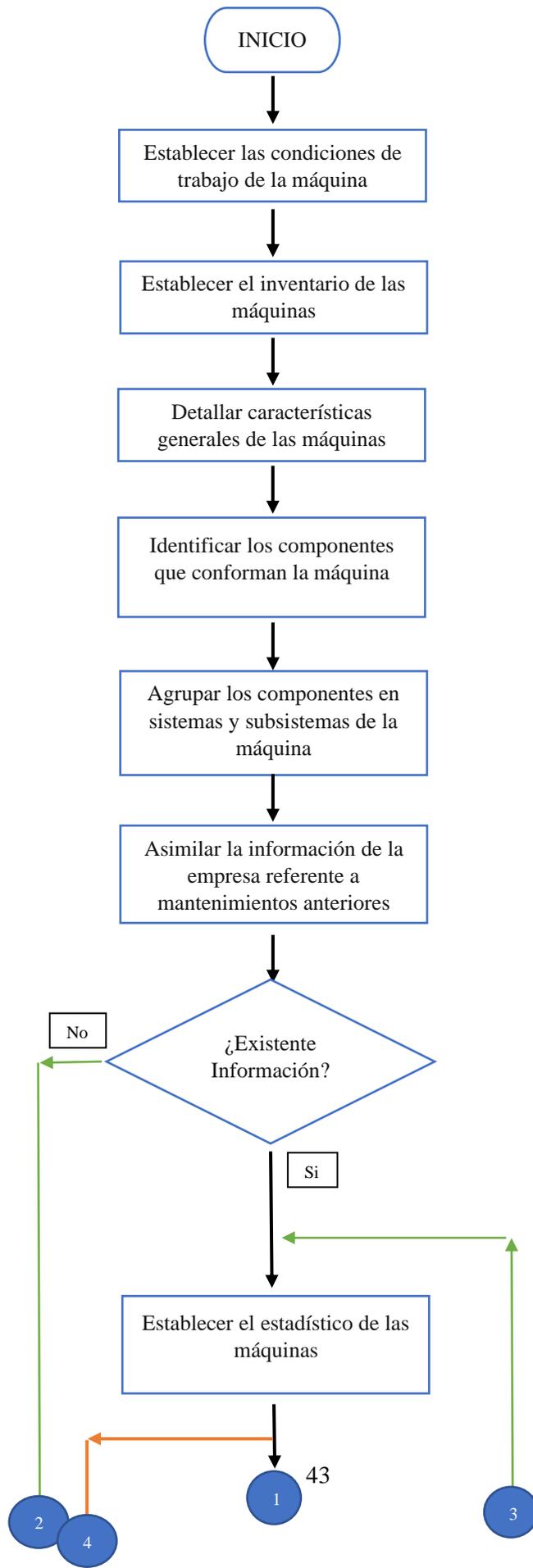
La búsqueda de información es, ha sido y será una de las mejores herramientas para la expansión del conocimiento. Por consiguiente, para el desarrollo de este trabajo se tomará información recopilatoria de libros, revistas, ensayos científicos, publicaciones, proyectos independientes y papers. Todas estas fuentes de información permitirán abarcar el tema planteado de una mejor manera generando una investigación apropiada acorde a los requerimientos del campo de aplicación.

2.3.3. Investigación en campo

Esta parte de la investigación se la realizara en las instalaciones de la empresa “Carrocerías Jacome” puesto que se necesita entrar en contacto directo con las máquinas cortadora y dobladora de la mencionada empresa. El análisis de información permitirá establecer parámetros de control los que establecen bajo qué características y/o parámetros se realizara el mismo. A continuación, se enlistan de manera genérica las actividades de campo a realizar para el proyecto propuesto.

- Establecer características de operación
- Establecer tiempos de operación
- Determinar condiciones de funcionamiento
- Crear ficheros de la máquina
- Listado de componentes
- Elaboración de AMFE
- Elaboración de CRITICIDAD
- Análisis de modos y fallos
- Análisis de fiabilidad
- Estructuración de gamas
- Elaboración de plan de mantenimiento

2.3.4. Diagrama de flujo del proyecto



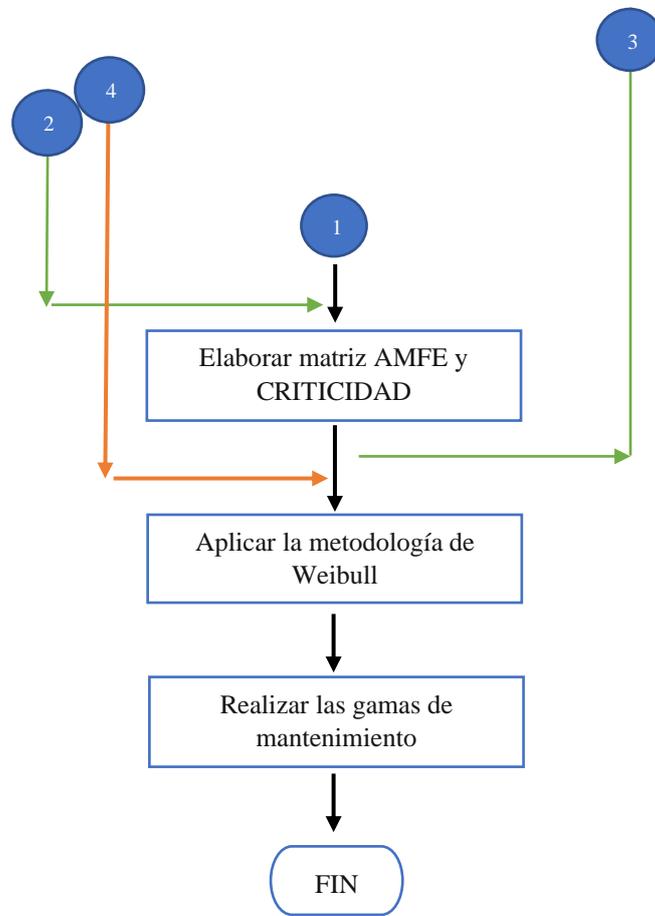


Figura 19.- Diagrama de flujo del proyecto

Fuente: Autor

CAPITULO III

3. Resultados y Discusión.

Para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas pertenecientes a la Empresa “Carrocerías Jácome”, se partió del análisis del funcionamiento de cada uno de los componentes y sistemas con los que cuentan las máquinas, en el cual se evidencio que las máquinas industriales no llevan un mantenimiento de ningún índole. A esto debemos agregar que las máquinas fueron adquiridas en el 2016. Razón por la cual, no se pudo establecer el estadístico de máquinas como primer paso en el plan. Del conjunto general del inventario se procederá a seleccionar una población finita del mismo, la cual será expuesta a continuación:

3.1.1. Determinación de población finita

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q} \quad \text{Ec(16)}$$

Donde

N = total de la población

Z_a=1,96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

P = proporción esperada (en este caso 1%)

Q = 1-p (en este caso 1-0,01)

D = precisión (en la investigación genérica use un 15%)

$$n = \frac{40 * 1,96^2 * 1\% * 0,99}{0,15^2 * (40 - 1) + 1,96^2 * 1\% * 0,99} = 1,66$$

$$n = 2$$

Nota: En base a población finita se analizarán 2 máquinas por lo que se optó por el consejo de la empresa en cuestión. En la misma manifestaron que las máquinas más representativas serán las que necesiten de mantenimiento continuo. Las máquinas elegidas por la empresa serán la dobladora y cortadora industrial.

3.1.2. Situación actual

Las máquinas de la empresa carrocera actualmente no poseen un plan de mantenimiento acorde con el objetivo de proporcionar a las mismas un mantenimiento apropiado. Teniendo esto en cuenta es de suma importancia asimilar toda la información de la empresa referente a mantenimientos anteriores de las mencionadas máquinas en el cual se evidencio que las mismas no poseen un daño irreparable o un cambio de componentes ni ruidos extraños. El análisis de las máquinas se lo realizo tanto en trabajo como en modo de paro tomando en cuenta las siguientes características. Tiempo de trabajo, presión de trabajo, manejo del equipo, condiciones del ambiente, vibraciones generadas y mantenimientos anteriores.

3.1.3. Evaluación externa de las máquinas.

Las máquinas de la empresa en cuestión serán analizadas en base a los puntos anteriormente mencionados además de que estas poseen manuales de funcionamiento y diagramas los cuales permitirán examinar las mismas de manera apropiada. Las características externas de las máquinas serán presentadas a continuación.

Tabla 9. Características externas de Hydraulic Press Brake

Hydraulic Press Brake WC67Y	
Condiciones de trabajo	Característica y/o Estado
Intemperie	Humedad en el piso
Cubierta	Plástica
Horario de trabajo	Atemporal
Cableado	Cubierto
Pintura Exterior	Bueno
Lubricación	Engrasada ZG-3
Control	Automático
Señalética	Etiquetas

Fuente: Autor

Tabla 10. Características externas de Hydraulic Shearing Machine

Hydraulic Shearing Machine QC12Y	
Condiciones de trabajo	Característica y/o Estado
Intemperie	Humedad en el piso
Cubierta	Plástica
Horario de trabajo	Atemporal
Cableado	Cubierto
Pintura Exterior	Excelente
Lubricación	Engrasada ZG-3
Control	Automático
Señalética	Etiquetas

Fuente: Autor

3.1.4. Inventario de máquinas.

Tabla 11. Inventario de máquinas y equipos de la empresa “Carrocerías Jácome “

		INVENTARIO GENERAL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS			FE 44	
					Vigencia 26/09/2017	Rev. 01
N °	MAQUINARIA O EQUIPO	MARCA	AÑO DE FABR.	ESTADO	CÓDIGO	UBICACIÓN
1	COMPRESOR	PUMA	2003		CM-COM01	CUARTO DE MÁQUINAS
2	COMPRESOR	CAMBELL HAUSEFELD	2012		CM-COM02	CUARTO DE MÁQUINAS
3	SOLDADORA GMAW	CEBORA	2004		SOL-SM-01	ÁREA ESTRUCTURAS
4	SOLDADORA GMAW	CEBORA	2004		SOL-SM-02	ÁREA ESTRUCTURAS
5	SOLDADORA GMAW	CEBORA	2006		SOL-SM-03	ÁREA ESTRUCTURAS
6	SOLDADORA GMAW	CEBORA	2006		SOL-SM-04	ÁREA ESTRUCTURAS
7	SOLDADORA GMAW	CEBORA	2006		SOL-SM-05	ÁREA ESTRUCTURAS
8	SOLDADORA ELÉCTRICA	LINCOLN	2004		SOL-SE-01	ÁREA ESTRUCTURAS
9	SOLDADORA ELÉCTRICA	LINCOLN	2004		SOL-SE-02	ÁREA ESTRUCTURAS
10	SOLDADORA ELÉCTRICA	LINCOLN	2004		SOL-SE-03	ÁREA ESTRUCTURAS
11	SOLDADORA ELÉCTRICA	LINCOLN	2004		SOL-SE-04	ÁREA ESTRUCTURAS
12	SOLDADORA ELÉCTRICA	LINCOLN	2004		SOL-SE-05	ÁREA ESTRUCTURAS

		INVENTARIO GENERAL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS			FE 44	
					Vigencia 26/09/2017	Rev. 01
13	SOLDADORA ELÉCTRICA	ARCWELD	2012		SOL-SE-06	ÁREA ESTRUCTURAS
14	SOLDADORA ELÉCTRICA	ARCWELD	2012		SOL-SE-07	ÁREA ESTRUCTURAS
15	SOLDADORA ELÉCTRICA	ARCWELD	2016		SOL-SE-08	ÁREA ESTRUCTURAS
16	SOLDADORA ELÉCTRICA	PROWAR	2016		SOL-SE-09	ÁREA ESTRUCTURAS
17	TALADRO DE PEDESTAL	RONG LONG	2005		COR-TP-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
18	ESMERIL	RONG LONG	2004		COR-ES-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
19	ESMERIL	BP			COR-ES-02	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
20	DOBLADORA DE LAMINA	NACIONAL	2004		COR-DB-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
21	CIZALLA	NACIONAL	2004		COR-CZ-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
22	CIZALLA	NACIONAL	2004		COR-CZ-02	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
23	CIZALLA	NACIONAL	2004		COR-CZ-03	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
24	PLASMA	CEBORA	2004		SOL- PL-01	ÁREA ESTRUCTURAS
25	PLEGADORA HIDRAULICA	WONDER	2013		AM-PGH-01	ÁREA DE MÁQUINAS

		INVENTARIO GENERAL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS			FE 44	
					Vigencia 26/09/2017	Rev. 01
26	DOBLADORA DE TUBO REDONDO	NACIONAL	2004		COR-DT-02	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
27	BAROLADORA	NACIONAL	2004		COR-BT-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
28	TRONZADORA DE DISCO	ELEKTRO	2014		COR-TD-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
29	ENTENALLA	NACIONAL	2008		CORT-ENT-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
30	ENTENALLA	NACIONAL	2008		CORT-ENT-02	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO
31	COMPUTADOR SECRETARIA	NACIONAL	2011		SEC-PC-01	SECRETARIA
32	COMPUTADOR BODEGA	SONY VAIO	2011		BOD-PC-02	BODEGA
33	COMPUTADOR GERENCIA	SUPER POWER	2011		GE-PC-03	GERENCIA
34	COMPUTADOR GESTION DE CALIDAD	ASUS	2011		GEST-PC-04	GESTION DE CALIDAD
35	COMPUTADOR MAC GESTION DE CALIDAD	COMPAC 18	2014		GEST-PC-05	GESTION DE CALIDAD

		INVENTARIO GENERAL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS			FE 44	
					Vigencia 26/09/2017	Rev. 01
36	TORNO	WHITE EAGLE			AM-TN-01	ÁREA DE MÁQUINAS
37	MAQUINA CORTADORA LAMINA	UNIQUE	2016		AM-PGH01	ÁREA DE MÁQUINAS
38	PLEGADORA HIDRAULICA	WONDER	2013		AM-PGH-01	ÁREA DE MÁQUINAS
39	CIZALLA HIDRAULICA	WONDER	2013		AM-CZH-01	ÁREA DE MÁQUINAS
27	DOBLADORA DE TUBO CERCHA	NACIONAL	2004		COR-DT-01	ÁREA DE CORTE Y DOBLADO

Fuente: Autor

3.1.5. Fichas técnicas de las máquinas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FECHA: 29/04/2020	MÁQUINA	X	
		COMPONENTE	SISTEMA
		Área de máquinas	
			
		CÓDIGO	AM-CZH01
Hydraulic Press Brake Machine			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
AÑO:	2016	VOLTAJE:	220 V
MARCA:	UNIQUE	AMPERAJE:	25 A
PROCEDENCIA:	CHINA	POTENCIA:	6,6 KW
MODELO:	WC67Y	FRECUENCIA :	60 HZ
TONELAJE NOMINAL:	630 KN	COLOR:	MATE
SERIAL NO:	121205	FECHA DE PRODUCCIÓN:	13-ene

Figura 20.-Ficha técnica de Hydraulic Press Brake.

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FECHA: 29/04/2020	MÁQUINA	X	
		COMPONENTE	SISTEMA
		Área de máquinas	
			
		CÓDIGO	AM-PGH01
Hydraulic Plate Shearing Machine			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
AÑO:	2016	VOLTAJE:	220V
MARCA:	UNIQUE	AMPERAJE:	25 A
PROCEDENCIA:	CHINA	ESPEJOR DE TRABAJO:	6 mm
MODELO:	QC12Y	LONGITUD DE TRABAJO:	2500 mm
TONELAJE NOMINAL:	450 KN	COLOR :	MATE
SERIAL NO:	121207	FECHA DE PRODUCCIÓN:	13-ene

Figura 21.- Ficha técnica de Hydraulic Shearing Machine.

Fuente: Autor

3.1.6. Características de las máquinas

3.1.6.1. Características generales de la máquina Hydraulic Press Brake.

- Modelo: WC67Y-63/2500
- Fuerza: 630 KN
- Longitud de doblado: 2500 mm
- Ancho entre columnas: 2050 mm
- Profundidad de garganta: 250 mm
- Elevación 345 mm
- Motor: 5,5 KW
- Longitud: 2560 mm
- Ancho: 1725 mm
- Altura: 2280 mm
- Peso aproximado: 4400 Kg
- Sistema adaptable ESTUM E200



Figura 22.- Sistema eléctrico del sistema

Fuente: [17]



Figura 23.- Sistema del troquel superior e inferior

Fuente: [17]



Figura 24.- Sistema de elevación por cilindros hidráulicos

Fuente: [17]



Figura 25.- Sistema de bombeo

Fuente: [17]



Figura 26.- Sistema cubierta de acero

Fuente: [17]



Figura 27.- Sistema de ejes coordenados

Fuente: [17]

3.1.6.2. Características generales de la máquina Hydraulic Shearing Machine.

- Longitud de trabajo: 2500 mm
- Espesor nominal de trabajo: 3,15 mm
- Ángulos de preselección: 4 °
- Fuerza de corte 2500 KN
- Potencia motora: 5 Hp
- Largo: 3200 mm
- Ancho: 1850 mm
- Alto: 1950 mm
- Peso aproximado 3500 Kg
- Control principal del motor HCHCR
- Panel eléctrico HCSR
- Control Táctil
- Swith preseleccionado del Angulo de trabajo 2-25°

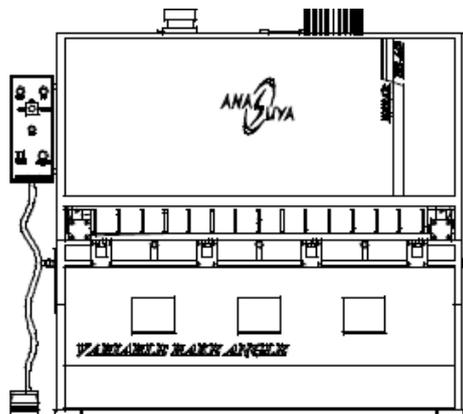


Figura 28.- Vista frontal de la máquina

Fuente: [17]

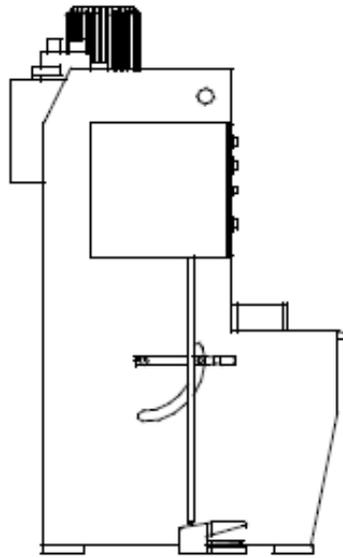


Figura 29.- Vista lateral de la máquina

Fuente: [17]

3.1.7. Listado de componentes principales Hydraulic Press Brake.

Tabla 12. Listado de componentes de la máquina.

Hydraulic Press Brake			
#	Componente	Cantidad	Característica y/o material
1	Electroválvula de Subida	1	Varios
2	Electroválvula de Bajada	1	Varios
3	Electroválvula de Presión	1	Varios
4	Electroválvula Lógica	1	Varios
5	Electroválvula de Retardo	1	Varios
6	Chapa Trasera Superior	1	Acero laminado en Frio
7	Refuerzo Plancha Trasera Superior	1	Acero laminado en Frio
8	Refuerzo Trasera Inferior	1	Acero laminado en Frio
9	Tornillo	12	DIN 6921-M8X20
10	Soporte Chapa Trasera Inferior	1	Acero laminado en Frio
11	Soporte Derecho Tope	1	Acero 1018
12	Soporte Inductivo Tope	1	Acero laminado en Frio
13	Tornillo	2	ISO 7380 M6X12
14	Chapa pasa Cables	2	Acero laminado en Frio
15	Grupo Hidráulico	1	130-05-05-00001
16	Tuerca	4	DIN 934 M10

Hydraulic Press Brake			
#	Componente	Cantidad	Característica y/o material
17	Arandela	4	DIN 125-B M10
18	Tornillo	4	DIN 933 M10X20
19	Tirante de Fijación	1	Acero 1045
20	Placa Roscada	1	Acero 1045
21	Tornillo	4	DIN 933 M12X20
22	Tubo de Refuerzo	3	120X120X3
23	Casquillo	14	90X95X40
24	Bulona Biela Triangular	4	MP3003
25	Espiga	14	DIN 913 M8X15
26	Eje Cromado	2	D 90X241
27	Engrasador	10	DIN 71412 M8
28	Tirante	2	MP3003
29	Eje Cromado	2	D 70X164
30	Cilindro Hidráulico	1	130-05-06
31	Tornillo	4	DIN 912 M5X20
32	Armado Eléctrico CNC	1	060-KIL-0503
33	Soporte fuente Alimentación	1	060-KIL-0503
34	Soporte Vertical Fuente	1	060-KIL-0503
35	Rotula	1	D 8 M8
36	Tuerca	2	DIN 934
37	Varilla Roscada	1	M8
38	Tornillo	2	DIN 912 M8X20
39	Tornillo	4	DIN 933 M6X 25
40	Tuerca	8	DIN 913
41	Mesa REGLE	1	MP 3003
42	Panel de Control	1	Varios
43	Caja de Control	1	Varios
44	Protector ante Corte	1	Acero laminado en Frio
45	Soporte de Placa	1	Acero
46	Pedal de Accionamiento	1	Acero
47	Cables	100	Plástico
48	Empaques	2	Caucho
49	Matriz	1	20.09X545
50	Matriz	1	20.09X835
51	Microprocesador	2	Varios 050-RL
52	Emisor Laser	1	Varios
53	Regla Biplast	1	30X295X2
54	Cilindro Delantero Trancha	1	Varios
55	Cilindro Delantero Trancha	1	Varios
56	Motor Eléctrico	1	1500 RPM-60 HZ-220 V
57	Tornillo	4	DIN 6921 M8X20
58	Bloque Hidráulico	1	040-BL-00001

Hydraulic Press Brake			
#	Componente	Cantidad	Característica y/o material
59	Junta Metal	1	Goma 1"1/4
59	Manguera Flexible	2	1" TG-TG 850 mm
60	Manguera Flexible	2	1" TG-TG 750 mm
61	Tapón de Vaciado	1	ALLEN 1/2"
62	Deposito Hidráulico	1	Acero 1018
63	Varilla de Nivel	1	120-05-05
64	Tapón de Llenado	1	1° con litro
65	Pomo Hembra Mate	1	D 40 alto 20
66	Bomba Hidráulica	1	22 litros
67	Motor Telemecanique	1	BSH0553P111A1A
68	Soporte Servomotor	1	120.05.06
69	Correa Dentada	1	HTD 500-5M-15
70	Anillo Exterior	2	DIN 472 D12
71	Polea Dentada	2	HTD 20-5M-25F72
72	Patín	2	HGW25CCZ0H
73	Espiga	2	DIN 913 M6X10
74	Receptor Laser	1	Varios

Fuente: Autor

3.1.8. Listado de componentes principales Hydraulic Shearing Machine.

Tabla 13. Listado de componentes de la máquina.

Hydraulic Shearing Machine			
#	Componente	Cantidad	Característica y/o material
1	Base	1	Acero 1045
2	Bastidor	1	Acero Cromado
3	Plato de Presión	1	Acero Cromado
4	Soporte Derecho	1	Acero laminado en Frio
5	Soporte Izquierdo	1	Acero laminado en Frio
6	Barra de Conexión	2	Acero Cromado
7	Tornillos de Ajuste	40	DIN 6921-M8X20
8	Resorte Principal	2	Cobre
9	Pestillo	1	Cobre
10	Tuerca de Ajuste	40	DIN 6921-M8X20
11	Arandelas de Ajuste	40	DIN 6921-M8X20
12	Placas Protectoras	1	Acero laminado en Frio
13	Topes de Carrera	8	Varios
14	Aspa Superior	1	AISI 3045
15	Aspa Inferior	1	AISI 3045

Hydraulic Shearing Machine			
#	Componente	Cantidad	Característica y/o material
16	Placa Variable	2	Acero Cromado
17	Farra de Refuerzo	1	Acero Cromado
18	Saeta Ajustable	1	Acero 1045
19	Resorte Soporte	2	Cobre
20	Acoplamiento de bloqueo Inferior	2	Acero 1018
21	Acoplamiento de bloqueo Superior	2	Acero 1018
22	Placa de Conexión	2	Acero 1018
23	Pin Superior	2	Varios
24	Pin Inferior	2	Varios
25	Espiga Inferior	2	DIN 913 M8X15
26	Bancada	1	Acero 1045
27	Cubierta	1	Acero laminado en Frio
28	Pin de Control	2	Varios
29	Chapa izquierda de Ajuste	1	Acero laminado en Frio
30	Chapa derecha de Ajuste	1	Acero laminado en Frio
31	Soporte Ajustable	1	Acero 1018
32	Tuerca de Ajuste	2	Acero 1018
33	Espiga de Recorrido	2	Cobre
34	Motor CHZE	1	Varios
35	Placa de Recogido	1	Acero 1018
36	Electroválvula de Purgado	1	Varios
37	Cojinetes de Fricción	2	Acero4045
38	Reductor de Velocidad	1	Varios
39	Estanque de Lubricante	1	Acero 1918
40	Cañerías de Drenado	10	Acero 1018
41	Cañerías de Transporta	8	Acero 1018
42	Panel de Control	1	Varios
43	Caja de Control	1	Varios
44	Protector ante Corte	1	Acero laminado en Frio
45	Soporte de Placa	1	Acero 1018
46	Pedal de Accionamiento	1	Acero 1018
47	Cables	100	Plástico
48	Empaques	2	Caucho
49	Rodamiento	4	Acero aleado
50	Acople	1	Acero 1018
51	Microprocesador	2	Varios
52	Guías	2	Acero cromado

Fuente: Autor

3.1.9. Distribución de componentes acorde a su sistema y su función respectiva.

Tabla 14. Listado de componentes basado en su sistema y función de la máquina Hydraulic Press Brake.

Hydraulic Press Brake		
#	Componente	Función
SISTEMA DE ELEVACIÓN		
1	Cilindro Delantero Trancha	Transmitir el movimiento vertical a la máquina, lo que permite subir y bajar mordazas.
2	Cilindro Delantero Trancha	
3	Cilindro Hidráulico	Generar el movimiento horizontal de la mesa.
4	Deposito Hidráulico	Almacenar el fluido hidráulico.
5	Eje Cromado	Transmitir el movimiento de cilindro hidráulico a la mesa.
6	Eje Cromado	
7	Electroválvula de Retardo	Recibir y asimilar la información del panel .
8	Electroválvula de Bajada	Generar movimiento respecto al eje "y".
9	Electroválvula de Presión	Genera presión acorde al espesor de placa.
10	Electroválvula de Subida	Generar movimiento respecto al eje "y".
11	Electroválvula Lógica	Recibir y distribuir información del panel.
12	Emisor Laser	Identificar la información en criterios de análisis.
13	Receptor Laser	Identificar la información en criterios de análisis.
EXTRUCTURAL		
14	Casquillo	Proteger las partes móviles superiores de la máquina.
15	Chapa pasa Cables	Alojar los cables de la máquina.
16	Chapa Trasera Superior	Proteger la parte posterior de la máquina.
17	Espiga	Alojar los ejes cromados.
18	Espiga	
19	Grupo Hidráulico	Alojar y proteger los componentes hidráulicos del sistema.
20	Junta Metal	Dividir partes móviles de elementos hidráulicos.
21	Manguera Flexible	Alojar los cables de alta tensión.
22	Manguera Flexible	Alojar los cables que transmiten la información a la mesa.
23	Matriz	Doblar espesores de 1.5 a 3 mm.
24	Matriz	Doblar espesores de 3 a 6 mm.

Hydraulic Press Brake		
#	Componente	Función
25	Pedal de Accionamiento	Ejecutar la función prioritaria de la máquina.
26	Placa Roscada	Absorber el movimiento de la polea.
27	Polea Dentada	Transmitir el movimiento oscilatorio del eje cromado.
28	Protector ante Corte	Evitar cortes o daños al operador.
29	Refuerzo Plancha Trasera	Soportar sobreesfuerzos generados durante el trabajo.
30	Refuerzo Trasera Inferior	Soportar sobreesfuerzos generados durante el trabajo.
31	Regla Biplast	Determinar el tamaño de la placa.
32	Rotula	Transmitir el movimiento oscilatorio de la mesa.
33	Soporte Chapa Trasera Inf.	Impedir la incrustación de elementos extraños.
34	Soporte de Placa	Proporcionar soporte a la placa de trabajo.
35	Soporte Derecho Tope	Alinear la placa de trabajo.
36	Soporte fuente Alimentación	Alojar los componentes de la fuente de alimentación.
37	Soporte Inductivo Tope	Alinear la placa de trabajo.
38	Soporte Servomotor	Alojar el servomotor y proporcionarle soporte.
39	Soporte Vertical Fuente	Proteger la fuente de alimentación.
40	Tirante	Generar dimensiones equivalentes entre columnas.
41	Tirante de Fijación	Fijar las dimensiones equivalentes de la columna.
42	Tornillo M10X20	Fijar los componentes que lo ameriten a la máquina.
43	Tornillo M6X20	
44	Tornillo M10X20	
45	Tornillo M6X20	
46	Tornillo M10X20	
47	Tornillo M6X20	
48	Tornillo M10X20	
49	Tornillo M6X20	
50	Tubo de Refuerzo	Soportar la placa de trabajo y eliminar los daños al operario
51	Tuerca M10X20	Sujetar el perno y evitar que este se desprenda antes, durante y después del trabajo.
52	Tuerca M6X20	
53	Tuerca M10X20	
54	Varilla Roscada	Permitir el libre movimiento de la mesa.
SISTEMA ELECTRICO		
55	Bulona Biela Triangular	Disminuir el amperaje para evitar daños

Hydraulic Press Brake		
#	Componente	Función
56	Cables	Transmitir la energía.
57	Caja de Control	Alojar los componentes de control.
58	Mesa REGLE	Asimilar información generada mediante el trabajo.
59	Microprocesador	Generar la información para las electroválvulas
60	Motor Eléctrico	Generar el movimiento primario de la máquina.
61	Motor Telemecanique	Transmitir y convertir el movimiento en un motor a pasos.
62	Panel de Control	Configurar las características del trabajo.
63	Patín	Transformar impulsos eléctricos en señales binarias.
64	Armado Eléctrico CNC	Transmitir los impulsos a toda la máquina
SISTEMA HIDRAULICO		
65	Anillo Exterior	Hermetizar el sellado entre acople y empaque.
66	Arandela	Eliminar la posibilidad de fugas de fluido.
67	Manómetro CNC	Visualizar la presión de trabajo .
68	Bloque Hidráulico	Alojar componentes hidráulicos de manera apropiada.
69	Bomba Hidráulica	Impulsar el fluido hidráulico hacia las cañerías.
70	Correa Dentada	Transmitir el movimiento de la bomba hidráulica.
71	Empaques	Sellar y eliminar el fluido excedente.
72	Engrasador	Suministrar fluido hacia el sistema.
73	Pomo Hembra Mate	Sellar el estaque de fluido.
74	Tapón de Llenado	Permitir el llenado del fluido.
75	Tapón de Vaciado	Permitir el vaciado del fluido.
76	Varilla de Nivel	Verificar el estado o nivel del fluido.
77	Cañerías	Transmitir el fluido de un sistema a otro.

Fuente: Autor

3.1.10. Distribución de componentes acorde a su sistema y su función respectiva.

Tabla 15. Listado de componentes basado en su sistema y función de la máquina Hydraulic Shearing Machine.

Hydraulic Shearing Machine		
#	Componente	Función
ESTRUCTURAL		
1	Bancada	Soportar el peso de toda la máquina y evitar que esta se balancee
2	Barra de Conexión	Mantener la conexión de entre columnas.
3	Base	Soportar los componentes de corte.
4	Bastidor	Absorber vibraciones generadas mediante el trabajo.
5	Chapa derecha de Ajuste	Mantener el conjunto armado.
6	Chapa Ajuste Izq..	
7	Cojinetes de Fricción	Absorber las vibraciones de movimiento.
8	Cubierta	Impedir el acceso de partículas externas hacia la máquina.
9	Espiga de Recorrido	Promover el recorrido del movimiento hacia la espiga inferior.
10	Espiga Inferior	Ajustar y mantener el movimiento de la máquina.
11	Estanque de Lubricante	Almacenar el lubricante.
12	Farra de Refuerzo	Impedir el desbalanceo de la máquina.
13	Guías	Permitir el corte de las placas.
14	Pestillo	Incrustar las espigar y finalizar el movimiento.
15	Placa de Conexión	Mantener unidas las dos aspas de corte.
16	Placa de Recogido	Alojar las placas cortadas.
17	Placa Variable	Medir las placas de manera genérica.
18	Placas Protectoras	Limitar el acceso del operario hacia las partes peligrosas.
19	Plato de Presión	Generar presión en las placas antes del corte.
20	Protector ante Corte	Eliminar el peligro de corte hacia el operario.
21	Resorte Principal	Permitir el ajuste de la placa de presión.
22	Rodamiento	Evitar que el contacto elemento-elemento.
23	Saeta Ajustable	Limitar la presión de ajuste.
24	Soporte Ajustable	Permitir la sujeción de la placa a cortar.
25	Soporte de Placa	
26	Soporte Derecho	
27	Soporte Izquierdo	

Hydraulic Shearing Machine		
#	Componente	Función
28	Tornillos de Ajuste	Sujetar los componentes en la máquina.
29	Tuerca de Ajuste	Evitar que los componentes se desprendan.
30	Tuerca de Ajuste	
SISTEMA DE CORTE		
31	Electroválvula de Retardo	Recibir y asimilar la información del panel generando fuerza.
32	Electroválvula de Bajada	Generar un movimiento respecto al eje "y".
33	Electroválvula de Presión	Generar presión acorde al espesor de placa.
34	Electroválvula de Subida	Generar un movimiento respecto al eje "y".
35	Acoplamiento de Bloq. 1	Evitar que la máquina realice cortes inesperados.
36	Acoplamiento de Bloq. 2	Evitar que la máquina realice movimientos respecto al eje "Y".
37	Acople	Permite el libre movimiento del aspa superior.
38	Aspa Inferior	Soportar la fuerza de corta generada por el aspa superior.
39	Aspa Superior	Cortar las placas de trabajo.
40	Pedal de Accionamiento	Accionar el sistema de corte.
41	Reductor de Velocidad	Disminuir la velocidad del corte de la máquina
42	Resorte Soporte	Soportar la caída de la placa cortada.
43	Topes de Carrera	Asimilar que la placa ya fue cortada.
43	Arandelas de Ajuste	Sujetar los componentes en la máquina.
SISTEMA DE CONTROL		
44	Cables	Transmitir la corriente eléctrica.
45	Caja de Control	Recibir y controlar impulsos hacia los pines.
46	Cañerías de Drenado	Drenar el fluido del motor CHZE.
47	Cañerías de Transporta	Transportar el fluido hacia los componentes que lo necesiten.
48	Electroválvula de Purgado	Purgar el fluido de la máquina.
49	Empaques	Hermetizar la junta entre motor y cañerías.
50	Microprocesador	Analizar y emitir señales de trabajo.
51	Motor CHZE	Generar movimiento de inicio.
52	Panel de Control	Ejecutar comandos y ordenes de trabajo.
53	Pin de Control	Emitir señales de trabajo hacia la máquina.
54	Pin Inferior	Transmitir señales de accionamiento de las aspas.
55	Pin Superior	

Fuente: Autor

3.2. Parámetros Utilizados

3.2.1. Matriz AMFE

Dado que la empresa carrocera en la actualidad no posee un plan de mantenimiento preventivo la estructuración del estadístico de máquinas se verá pospuesto. Por consiguiente, se estructurará la matriz AMFE en la cual se analizan detalles de posibles fallas, así como su acción correctiva. Una vez estructurada la mencionada matriz se procederá a establecer el estadístico de máquinas en el cual se detallarán tiempos de operación, tiempo de reparación, tiempo muerto y tiempo de paro con el objetivo de establecer la disponibilidad de las máquinas en análisis. El tiempo muerto se establecerá como el 15% del tiempo de reparación.

Tabla 16. Madia de NPR y disposición coloreada para la máquina Hydraulic Press Brake

NPR ALTO	> 34	
NPR MEDIO	34,28	
NPR BAJO	< 34	

Fuente: Autor

Tabla 17. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema de Elevación).

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 29/04/2020					
Sistema:	Elevación			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 07/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Cilindro Delantero Trancha	Transmitir el movimiento vertical a la máquina, lo que permite subir y bajar mordazas.	El vástago del cilindro no se despliega	El fluido hidráulico no está ingresando al cilindro	El doblado de la placa no se produce	Operacional	9	3	2	54	Inspección visual y manual de los pistones	Operador
Cilindro Delantero Trancha		El vástago del cilindro se despliega a una velocidad no controlada	Electroválvula de subida o bajada no se desempeña con normalidad	Las mordazas de la máquina se desplazan incontroladamente	Operacional	9	2	2	36	Inspección visual y análisis en pantalla de los pistones	Operador
Cilindro Hidráulico	Generar el movimiento horizontal de la mesa.	El vástago del cilindro no se despliega	El fluido hidráulico no está ingresando al cilindro	La mesa no se mueve en dirección eje z	Operacional	8	3	4	96	Inspección visual de cañerías	Operador
Deposito Hidráulico	Almacenar el fluido hidráulico.	Presencia de fugas del fluido	Existencia de orificios en el tanque	El fluido hidráulico de	Operacional	2	1	3	6	Inspección visual del deposito	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01		Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 29/04/2020						
Sistema:	Elevación		Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 07/06/2020		Autor: Quishpe Christian				
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Eje Cromado	Transmitir el movimiento de cilindro hidráulico a la mesa.	Eje atascado	Incrustación de material en los soportes	La mesa no se mueve en dirección eje z	Operacional	8	1	1	8	Limpieza de ejes cromados mediante uso de gasolina	Operador
Eje Cromado											
Electroválvula de Retardo	Recibir y asimilar la información del panel generando fuerza acorde al espesor de placa.	Electroválvula dañada	Incremento en el amperaje de trabajo	La velocidad de moviente de las mordazas no es controlada	Operacional	8	3	4	96	Medición de amperaje 3 a 3,5 (A)	Operador
Electroválvula de Bajada	Recibir y asimilar la información del panel generando un	Electroválvula dañada	Obstrucción de esta	Las mordazas de la máquina no se desplazan en dirección al eje y	Operacional	9	3	5	135	Desmontaje de esta y limpieza de vías	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 29/04/2020					
Sistema:	Elevación			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 07/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Electroválvula de Presión	Recibir y asimilar la información del panel generando presión acorde al espesor de placa.	Electroválvula dañada	Manómetro interior averiado	La presión ejercida sobre la placa de trabajo no es la adecuada	Operacional	9	1	7	63	Revisar que la presión de trabajo sea igual a 1,5 el valor del campo de presión	Personal de mantenimiento
Electroválvula de Subida	Recibir y asimilar la información del panel generando un movimiento respecto al eje "y".	Electroválvula dañada	Obstrucción de esta	Las mordazas de la máquina no se desplazan en dirección al eje y	Operacional	9	2	5	90	Desmontaje de esta y limpieza de vías	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE	Fecha Rea. 29/04/2020						
Sistema:	Elevación			Modelo: WC67Y	Fecha Rev. 07/06/2020	Autor: Quishpe Christian					
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Electroválvula Lógica	Recibir y distribuir información del panel.	Electroválvula dañada	Incremento del amperaje y/o voltaje	La máquina produce su acción primordial	Operacional	9	2	4	72	Medición de amperaje 3 a 3,5 (A)	Operador
Emisor Laser	Identificar la información en criterios de análisis.	Emisor no emite criterios de análisis	Golpes durante el trabajo	Las mordazas no se abren	Operacional	9	1	2	18	Inspección visual del emisor (Verificar el color del componente)	Operador
Receptor Laser	Identificar la información en criterios de análisis.	Receptor averiado	Sobrecarga de voltaje	Las mordazas no se cierran	Operacional	9	1	4	36	Revisar que la conexión trifásica este intacta	Operador

Fuente: Autor

Tabla 18. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema Estructural).

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Casquillo	Proteger las partes móviles superiores de la máquina.	Grietas en la estructura	Golpes en la estructura debido al trabajo	Incrustaciones en las partes móviles de la máquina.	Operacional	2	1	4	8	Inspección visual minuciosa de la integridad	Operador
Chapa pasa Cables	Alojar los cables de la máquina.	Los cables no se mantienen en su lugar.	Los orificios de la placa se encuentran obstruidos.	Los cables pueden romperse parando la máquina.	Operacional	2	1	1	2	Limpieza de orificios	Operador
Chapa Trasera Superior	Proteger la parte posterior de la máquina.	Sonidos extraños emitidos de la máquina.	Los pernos de la chapa no están en su lugar	Incrustación de elementos externos a la máquina.	Operacional	4	1	3	12	Inspección visual y reemplazo de componentes	Operador
Espiga	Alojar los ejes cromados.	Caída de la espiga	Espiga no ajustada adecuadamente	Ejes mal colocados	Operacional	7	2	3	42	Inspección visual de la espiga	Operador
		Espiga Fisurada		Ejes cromados en desbalance.	Operacional	8	1	2	16	Análisis de integridad (M T P)	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Grupo Hidráulico	Alojar y proteger los componentes hidráulicos del sistema.	Grietas en el grupo hidráulico	Golpes en la estructura debido al trabajo	Incrustaciones de elementos y ruidos extraños.	Operacional	2	1	3	6	Inspección visual del conjunto	Operador
Junta Metal	Dividir partes móviles de elementos hidráulicos.	Grietas en la junta de metal	Golpes en la placa	Partes hidráulicas y móviles en contacto generando ruidos extraños.	Operacional	7	3	4	84	Inspección visual del conjunto	Operador
Manguera Flexible	Alojar los cables de alta tensión.	Manguera rota.	Cortes en la manguera	Cortes de los cables interiores.	Operacional	2	5	2	20	Inspección visual y reemplazo de componentes	Operador
Manguera Flexible	Alojar los cables que transmiten la información a la mesa.		Cables quemados por exceso de voltaje.	Mesa de trabajo inutilizada.	Operacional	3	2	2	12		

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Matriz	Doblar espesores de 1.5 a 3 mm.	Matriz agrietada	Excesivo calor al momento de trabajo	La placa se dobla a medias	Operacional	8	2	8	128	Inspección metódica mediante ensayos no destructivos (Tintas penetrantes)	Personal de mantenimiento
Matriz	Doblar espesores de 3 a 6 mm.		Golpes en la matriz								
Pedal de Accionamiento	Ejecutar la función prioritaria da la máquina.	Pedal oxidado o estancado.	Pedal expuesto a la intemperie.	Se puede ver interrumpido el trabajo de la máquina.	Operacional	2	1	1	2	Inspección visual	Operador
Placa Roscada	Absorber el movimiento de la polea.	Placa roscada agrietada.	Excesiva torción generada por la polea.	El trabajo de la polea se ve afectado.	Operacional	3	3	6	54	Inspección visual y END (Tintas penetrantes)	Operador
Polea Dentada	Transmitir el movimiento oscilatorio del eje cromado.	Pelea dentada fisurada.	Excesiva torción.	La transmisión de movimiento se vuelve inestable	Operacional	6	2	2	24	Inspección metódica mediante ensayos no destructivos (Tintas penetrantes)	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Protector ante Corte	Evitar cortes o daños al operador durante la utilización de la máquina.	Protector no sujetado.	Pernos mal ajustados o deslizados.	Cortes o lesiones hacia operadores.	Operacional y/o Seguridad	3	7	2	42	Inspección visual	Operador
Refuerzo Plancha Trasera Superior	Soportar sobreesfuerzos generados durante el trabajo.	Plancha mal sujetada.	Puntos de suelda inexistentes.	La placa principal no se mantiene en su lugar	Operacional	1	1	2	2	Inspección visual	Operador
Refuerzo Trasera Inferior	Soportar sobreesfuerzos generados durante el trabajo.	Plancha mal sujetada.	Puntos de suelda inexistentes.	La placa principal no se mantiene en su lugar	Operacional	1	1	2	2	Inspección visual	Operador
Regla Biplast	Determinar el tamaño de la placa de manera rudimentaria.	Regla rota.	Golpes inesperados por parte del personal.	Imposible la medición de la placa.	Operacional	2	5	2	20	Inspección visual y reemplazo de componentes	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Rotula	Transmitir el movimiento oscilatorio de la mesa.	Rotula rota.	Excesiva presión de trabajo.	La mesa no recibe moviente y tampoco lo transmite.	Operacional	7	2	3	42	Inspección visual y reemplazo de componentes	Operador
Soporte Chapa Trasera Inferior	Impedir la incrustación de elementos extraños a la máquina.	Soporte no ajustado ni en su respectivo sitio	Inexistencia de pernos.	Evidencia de cuerpos extraños en la máquina.	Operacional	1	2	1	2	Inspección visual y reemplazo de componentes	Operador
Soporte de Placa	Proporcionar soporte a la placa de trabajo.		Placa mal colocada.		Operacional	1	2	2	4	Inspección Visual	Operador
Soporte Derecho Tope	Alinear la placa de trabajo.		Golpes al momento del trabajo.		Operacional	1	2	1	2	Inspección Visual	Operador
Soporte fuente Alimentación	Alojar los componentes de la fuente de alimentación.	La fuente de alimentación se balancea en el trabajo	La placa se flexiona demasiado.	Se puede evidenciar cables por fuera	Operacional	2	3	2	12	Inspección Visual	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Soporte Inductivo Tope	Alinear la placa de trabajo con respecto a las dimensiones de plegado.	Soporte fisurado o picado.	Golpes por parte del personal.	Placas de trabajo no alineadas.	Operacional	2	1	3	6	Inspección por medio de END (Tintas Penetrantes)	Personal de mantenimiento
Soporte Servomotor	Alojar el servomotor y proporcionarle soporte.	Soporte con picaduras	Golpes al momento del trabajo	Servo en evidente desbalanceo.	Operacional	4	2	1	8	Analisis de recubrimiento (Ultrasonido)	Personal de mantenimiento
Soporte Vertical Fuente	Proteger la fuente de alimentación.	Soporte con picaduras	Golpes al momento del trabajo	Fuente en evidente desbalanceo.	Operacional	5	3	2	30	Inspección visual	Personal de mantenimiento
Tirante	Generar dimensiones equivalentes entre columnas de la máquina.	Tirante flexionado.	Presión excesiva debido a las columnas.	Las columnas no se mantienen equidistantes.	Operacional	8	1	1	8	Inspección Visual (Preparación del componente)	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Tornillo	Fijar los componentes que lo ameriten a la máquina.	Tornillos aislados, rotos o inexistentes.	Mal mantenimiento del producto.	Partes no sujetas en el lugar que deben estar.	Operacional y/o Seguridad	4	3	1	12	Inspección Visual (END Tintas Fluorescentes)	Personal de mantenimiento
Tubo de Refuerzo	Soportar la placa de trabajo y eliminar los daños al operario, evitando que este coloque sus manos al interior de la máquina.	La placa de trabajo se balancea.	Tubo de refuerzo no empotrado de manera adecuada.	Placa de trabajo mal doblada	Operacional	6	3	1	18	Inspección Visual	Operador
Tuerca	Sujetar el perno y evitar que este se desprenda durante el trabajo	Tuerca aislada	Sobre esfuerzo en el trabajo	Elementos sujetados no se mantienen de ese modo.	Operacional	4	3	1	12	Inspección Visual (END Tintas Fluorescentes)	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructural			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Varilla Roscada	Permitir el libre movimiento de la mesa.	Varilla roscada agrietada.	Excesiva fuerza de torción	La mesa se traba en ocasiones	Operacional	4	3	2	24	Inspección por medio de END (Tintas Penetrantes)	Personal de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 19. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema Eléctrico).

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Sistema Eléctrico			Modelo: WC67Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Bulona Biela Triangular	Disminuir el amperaje para evitar que los componentes sensibles se dañen.	Los componentes sensibles tales como pc, electroválvulas o el sistema táctil se ven averiados impidiendo el funcionamiento adecuado de la máquina.	Elevación de la tensión debido al transformador de corriente	La máquina no realiza su objetivo primordial	Operacional	9	1	6	54	Revisión de amperaje (3 A)	Personal de mantenimiento
Cables	Transmitir la energía.	Cables cortados, pelados o quemados	Caída de material sobre ellos o elevado amperaje (A)	Cortes en el trabajo o el cese de este	Operacional y/o Seguridad	7	8	3	168	Inspección visual y reemplazo de componentes	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE	Fecha Rea. 07/06/2020						
Sistema:	Sistema Eléctrico			Modelo: WC67Y	Fecha Rev. 10/06/2020	Autor: Quishpe Christian					
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Caja de Control	Alojar los componentes de control.	Aparición de elementos extraños en los componentes de control	Caja de control abierta o descuidada a la intemperie	Mal contacto entre componentes como contactores	Operacional y/o Seguridad	2	2	7	28	Limpieza de componente y adecuación del sistema	Operador
Mesa REGLE	Asimilar información generada mediante el trabajo.	No existen registros de trabajos anteriores	Mesa no encendida	Cada día es necesario setear la cantidad de plegado	Operacional	2	6	3	36	Inspección y calibración del componente	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

AM-CZH01	Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020							
Sistema Eléctrico	Modelo: WC67Y			Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian				
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Microprocesador	Generar la información que será analizada y enviada hacia electroválvulas.	Microprocesador no funciona	Elevado amperaje en la máquina	Las electroválvulas no desempeñan su trabajo	Operacional	8	2	7	112	Revisión de amperaje (3 A) o 24 (v)	Personal de mantenimiento
Motor Eléctrico	Generar el movimiento primario de la máquina.	Motor trabado	Bobinado quemado	Máquina en modo de paro	Operacional	9	2	3	54	Inspección visual mediante desmontaje	Operador
Motor Telemecanique	Transmitir y convertir el movimiento en un motor a pasos.	Motor en modo normal	Mala calibración del sistema	Sobrecalentamiento del motor	Operacional y/o Seguridad	9	3	1	27	Lectura del método de calibrado y recalibrado del mismo	Personal de mantenimiento
Panel de Control	Configurar las características del trabajo,	Panel de control inhabilitado	Golpes o uso no apropiado	Máquina en modo manual	Operacional	2	2	1	4	Inspección y limpieza del panel	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
AM-CZH01	Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020							
Sistema Eléctrico	Modelo: WC67Y			Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian				
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Patín	Transformar impulsos eléctricos en señales binarias.	Tiempo de reacción del sistema CNC muy lenta	Patín desconfigurado	Sistema electrónico lento	Operacional	9	1	3	27	Lectura del método de calibrado y recalibrado del mismo	Personal de mantenimiento
Armado Eléctrico CNC	Transmitir los impulsos a toda la máquina	Sistema CNC inhabilitado	Mala configuración del sistema CNC	El valor nominal del plegado no es el adecuado	Operacional	9	3	4	108	Análisis del sistema por parte de la máquina y reinserción del SET UP	Personal de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 20. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Press Brake (Sistema Hidráulico)

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020				
Sistema:	Sistema Hidráulico			Modelo: WC67Y			Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Anillo Exterior	Hermetizar el sellado entre acople y empaque.	Anillo roto o estropeado	Anillo no reemplazado en varias ocasiones	Perdida de presión en la máquina	Operacional	4	3	3	36	Inspección de la integridad y reemplazo del componente	Personal de mantenimiento
Arandela	Eliminar la posibilidad de fugas de fluido.	Arandela inexistente	Debido a su tamaño y espesor es sumamente fácil extraviarla o romperla	Fugas del fluido	Operacional y/o seguridad	2	5	1	10	Inspección de la integridad y reemplazo del componente	Personal de mantenimiento
Manómetro CNC	Visualizar la presión de trabajo con el objetivo de evitar fugas de fluido.	Manómetro no muestra la presión de trabajo	Manómetro estropeado	Trabajo de la máquina a ciegas	Operacional	8	2	3	48	Inspección de la integridad y reemplazo del componente	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01		Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Sistema Hidráulico		Modelo: WC67Y			Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Bloque Hidráulico	Alojar componentes hidráulicos de manera apropiada.	Componentes hidráulicos al ambiente	Golpes en el bloque hidráulico	Aparición de elementos extraños en los componentes hidráulicos	Operacional	7	3	2	42	Inspección y prueba de recubrimiento por medio de END (Ultrasonido)	Personal de mantenimiento
Bomba Hidráulica	Impulsar el fluido hidráulico hacia las cañerías.	Bomba dañada	Bobinado quemado	Elevado voltaje de trabajo	Operacional	8	1	1	8	Desmontaje e inspección	Operador
Correa Dentada	Transmitir el movimiento de la bomba hidráulica.	Correa rota	Exceso de carga de trabajo	Sistema Hidráulico Inhabilitado	Operacional	8	1	7	56	Inspección visual y reemplazo del componente	Operador
Empaques	Sellar y eliminar el fluido excedente.	Empaque roto	No existe cambio de empaques en ningún punto del mantenimiento	Fugas de fluido	Operacional	2	2	3	12	Inspección visual y reemplazo del componente	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020				
Sistema:	Sistema Hidráulico			Modelo: WC67Y			Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Engrasador	Suministrar grasa que permite el contacto directo entre componentes móviles.	Engrasador obstruido	Partículas de trabajo mezcladas con la grasa	Componentes no se engrasan	Operacional	4	2	7	56	Inspección visual, desmontaje y limpieza	Operador
Pomo Hembra Mate	Sellar el estaque de fluido.	Pomo mal ajustado	Al momento del reemplazo el operador no lo ajusto adecuadamente	Fugas del fluido	Operacional	1	3	2	6	Inspección visual y ajuste	Operador
Tapón de Llenado	Permitir el llenado del fluido.	Tapón Aislado	Inadecuada manipulación de los taponos	Fugas del fluido	Operacional	2	2	1	4	Inspección visual y reemplazo del componente	Operador
Tapón de Vaciado	Permitir el vaciado del fluido.				Seguridad						

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-CZH01			Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020				
Sistema:	Sistema Hidráulico			Modelo: WC67Y			Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian	
Componente	Función	Modo de fallo	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Varilla de Nivel	Verificar el estado o nivel del fluido en caso de que este se termine.	Varilla rota	Manipulación errónea del componente	No se identifica el nivel del fluido	Operacional	1	2	1	2	Inspección del componente y arreglo de esta mediante proceso de soldadura	Operador
Cañerías	Transmitir el fluido de un sistema a otro.	Cañería rota	Golpes durante el trabajo	Fugas del fluido y pérdidas de presión	Operacional	7	3	2	42	Inspección visual y reemplazo del componente	Operador

Fuente: Autor

Tabla 21. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Sistema Estructural)

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructura			Modelo: QC12Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Bancada	Soportar el peso de toda la máquina y evitar que esta se balancee	Bancada fisurada	Golpes o vibraciones excesivas durante el trabajo	Inestabilidad de la máquina	Operacional y/o Seguridad	8	1	9	72	Inspección por END (Tintas penetrantes)	Personal de mantenimiento
Barra de Conexión	Mantener la conexión de entre columnas.	Barra agrietada	Golpes en el componente	Columnas inestables	Operacional	9	1	9	81	Inspección por END (Tintas penetrantes)	Personal de mantenimiento
Base	Soportar los componentes de corte.	Base agrietada	Golpes en el componente	Lamina de trabajo no equilibrada	Operacional y/o Seguridad	7	2	5	70	Inspección por END (Tintas penetrantes)	Personal de mantenimiento
Bastidor	Absorber vibraciones generadas mediante el trabajo.	Bastidor agrietado	Bancada en mal estado	Máquina no equilibrada	Operacional y/o Seguridad	9	1	6	54	Inspección por END (Tintas penetrantes)	Personal de mantenimiento
Chapa derecha de Ajuste	Mantener el conjunto armado.	Máquina no centrada	Barra de conexión agrietada	Vibración excesiva en la máquina	Operacional	7	1	2	14	Inspección por END (Tintas penetrantes)	Personal de mantenimiento
Chapa izquierda de Ajuste		Componentes internos inestables		Caída de componentes	Operacional y/o Seguridad	7	1	2	14	Reemplazo de componentes	

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructura			Modelo: QC12Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Cojinetes de Fricción	Absorber las vibraciones de movimiento.	Cojinetes desgastados	No reemplazo de los cojinetes y excesivo trabajo	Desgaste de componentes metálicos	Operacional	7	4	5	140	Inspección visual y reemplazo de componentes	Operador
Cubierta	Impedir el acceso de partículas externas hacia la máquina.	Cubierta rota	Golpes debido al trabajo	Presencia de componentes extraños en el interior de la máquina	Operacional	7	1	3	21	Inspección visual y limpieza de componentes	Operador
Espiga de Recorrido	Promover el recorrido del movimiento hacia la espiga inferior.	Espiga Rota	Cojinetes de fricción inutilizados	Espiga inferior bloqueada	Operacional	6	1	2	12	Reemplazo de componentes (Cojinetes y espiga)	Personal de mantenimiento
Espiga Inferior	Ajustar y mantener el movimiento de la máquina.	Espiga gastada	No reemplazo de la espiga	Máquina en modo de paro	Operacional	8	2	6	96	Reemplazo de componentes	Operador
Estanque de Lubricante	Almacenar el lubricante.	Estanque de lubricante con grietas	Golpes durante el trabajo	Fugas fluido del	Operacional y/o Seguridad	5	2	6	60	Inspección visual y END (Tintas fluorescentes)	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha 07/06/2020		Rea.			
Sistema:	Estructura			Modelo: QC12Y		Fecha 10/06/2020		Rev.		Autor: Quishpe Christian	
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Farra de Refuerzo	Impedir el desbalanceo de la máquina.	Barra de refuerzo doblada	Excesiva torsión en el trabajo	Ruido característico (golpeteo)	Operacional y/o Seguridad	9	1	4	36	Inspección visual	Operador
Guías	Permitir el corte de las placas.	Guías no apuntaladas	Pernos aislados	Corte de las placas no es homogéneo	Operacional	7	2	2	28	Reemplazo de componentes	Operador
Pestillo	Incrustar las espigas y finalizar el movimiento.	Pestillo roto	Mal selección del material del pestillo	Espiga inferior inutilizada	Operacional	7	2	6	84	Inspección y reemplazo del componente	Personal de mantenimiento
Placa de Conexión	Mantener unidas las dos aspas de corte.	Placa rota	Aspas de corte colocadas erróneamente	Caída de las aspas	Operacional y/o Seguridad	6	3	3	54	Recolocación del componente	Personal de mantenimiento
Placa de Recogido	Alojar las placas cortadas.	Placa no sujeta	Pernos no colocados	Placas cortadas son golpeadas contra el suelo	Operacional	4	2	2	16	Recolocación y reemplazo de componentes	Operador
Placa Variable	Medir las placas de manera genérica evitando un corte no homogéneo.	Placa variable no ajustada	Perno de ajuste no colocado	Daños en la materia prima de trabajo	Operacional	6	2	2	24	Inspección y ajuste de placa	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020				
Sistema:	Estructura			Modelo: QC12Y			Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian	
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Placas Protectoras	Limitar el acceso del operario hacía las partes peligrosas.	Placa no sujeta	Remaches rotos	Cortes y heridas hacia el operario	Seguridad	8	3	1	24	Inspección y reemplazo del componente	Operador
Plato de Presión	Generar presión en las placas antes del corte.	Plato de presión no ajustado	Resorte en mal estado	Daños en el material de trabajo	Operacional y/o Seguridad	7	2	5	70	Inspección y reemplazo del componente	Operador
Protector ante Corte	Eliminar el peligro de corte hacia el operario.	Protector no sujeta	Remaches rotos	Daños al operario	Seguridad	8	1	5	40	Inspección y reemplazo del componente (remache)	Operador
Resorte Principal	Permitir el ajuste de la placa de presión.	Resorte deformado	Mal selección del resorte	Plato de presión no funciona	Operacional	7	3	7	147	Inspección y reemplazo del componente (Resorte)	Operador
Rodamiento	Evitar que el contacto elemento-elemento.	Rodamiento roto	Mala selección del rodamiento	Ruidos característicos (golpeteo)	Operacional	7	2	7	98	Inspección y reemplazo del componente (Rodamiento)	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE			Fecha Rea. 07/06/2020				
Sistema:	Estructura			Modelo: QC12Y			Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian	
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Saeta Ajustable	Limitar la presión de ajuste.	Saeta aislada	Elementos extraños hacen que la saeta se friccionen	Presión de ajuste no regulada	Operacional	3	3	2	18	Inspección visual, puesta en marcha de la máquina y calibración	Personal de mantenimiento
Soporte Ajustable	Permitir la sujeción de la placa a cortar.	Placas no sujetadas	Pernos no colocados	Placa de materia prima mal cortada	Operacional y/o Seguridad	5	3	2	30	Inspección y de sujeción elementos	Operador
Soporte de Placa			Punto de suelda sueltos								
Soporte Derecho											
Soporte Izquierdo											

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Estructura			Modelo: QC12Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Tornillos de Ajuste	Sujetar los componentes en la máquina.	Tornillos rotos o aislados	No existen revisiones periódicas	Caída de elementos	Operacional y/o Seguridad	5	2	5	50	Inspección y reemplazo de componentes	Operador
Tuerca de Ajuste	Evitar que los componentes se desprendan.	Tuercas rotas	No existen revisiones periódicas	Caída de elementos	Operacional y/o Seguridad	6	2	5	60	Inspección y reemplazo de componentes	Operador
Tuerca de Ajuste		Tuercas Aisladas	No existen revisiones periódicas	Caída de elementos	Operacional y/o Seguridad						

Fuente: Autor

Tabla 22. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Sistema de Corte)

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea.		07/06/2020			
Sistema:	Corte			Modelo: QC12Y		Fecha Rev.		10/06/2020		Autor: Quishpe Christian	
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Electroválvula de Retardo	Recibir y asimilar la información del panel generando fuerza acorde al espesor de placa.	Válvula de retardo obstruida	Residuos metálicos en cañerías	Válvula inutilizada	Operacional	9	4	5	180	Inspección y desmontaje del componente	Personal de mantenimiento
Electroválvula de Bajada	Recibir y asimilar la información del panel generando un movimiento respecto al eje "y".	Daños internos	Golpe de ariete	Corrosión interior en la válvula	Operacional	8	4	7	224	Inspección y desmontaje del componente	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE	Fecha Rea. 07/06/2020						
Sistema:	Corte			Modelo: QC12Y	Fecha Rev. 10/06/2020	Autor: Quishpe Christian					
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Electroválvula de Presión	Recibir y asimilar la información del panel generando presión acorde al espesor de placa.	Servo piloto averiado	Golpes en el componente	Electroválvula no trabaja al 100 % de su capacidad	Operacional	8	2	6	96	Inspección y desmontaje del componente	Personal de mantenimiento
Electroválvula de Subida	Recibir y asimilar la información del panel generando un movimiento respecto al eje "y".	Membrana rota	Presión de trabajo alta	Perdida de presión y fluido	Operacional	7	2	8	112	Inspección y desmontaje del componente	Personal de mantenimiento

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE	Fecha Rea. 07/06/2020						
Sistema:	Corte			Modelo: QC12Y	Fecha Rev. 10/06/2020	Autor: Quishpe Christian					
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Acoplamiento de bloqueo Inferior	Evitar que la máquina realice cortes inesperados.	Rasgaduras y/o grietas	Golpes en el componente	Cortes innecesarios o imprevistos	Operacional y/o Seguridad	6	4	7	168	Inspección y END (Ultrasonido)	Personal de mantenimiento
Acoplamiento de bloqueo Superior	Evitar que la máquina realice movimientos respecto al eje "Y".		Fricción entre componentes	Desbalance de componentes		4	5	6	120		
Acople	Permite el libre movimiento del aspa superior.	Acople inestable	Inestabilidad debido a golpes o acciones bruscas	Aspa bloqueada	Operacional y/o Seguridad	7	3	3	63	Inspección visual y sustitución	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Corte			Modelo: QC12Y		Fecha Rev. 10/06/2020		Autor: Quishpe Christian			
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Aspa Inferior	Soportar la fuerza de corte generada por el aspa superior.	Aspa agrietada	Mantenimiento Inexistente	Rotura del aspa soporte	Operacional y/o Seguridad	5	1	9	45	Análisis, inspección por END (Ultrasonido)	Personal de mantenimiento y/o propuesto
Aspa Superior	Cortar las placas de trabajo.	Aspa rota	Mala selección del material	Daños para el material como para el operador	Operacional y/o Seguridad	7	1	7	49		
Pedal de Accionamiento	Accionar el sistema de corte.	Pedal inactivo	Mala conexión de energía	Máquina en modo de paro	Operacional	8	2	2	32	Inspección visual y sustitución	Personal de mantenimiento
Reductor de Velocidad	Disminuir la velocidad del corte de la máquina, sirviendo como motor a pasos.	Reductor dañado	Elementos ajenos en el interior	Velocidad desproporcionada en el corte	Operacional y/o Seguridad	6	2	8	96	Desmontaje y reemplazar el componente	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE	Fecha Rea. 07/06/2020						
Sistema:	Corte			Modelo: QC12Y	Fecha Rev. 10/06/2020	Autor: Quishpe Christian					
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Resorte Soporte	Soportar la caída de la placa cortada.	Resorte deformado	Excesiva carga sobre el resorte	Placa cortada sobre daños	Operacional	5	3	9	135	Analisis, inspección y/o reemplazo de componente	Personal de mantenimiento
Topes de Carrera	Asimilar que la placa ya fue cortada.	Topes de carrera dañados	Electroválvulas poseen daños leves	Máquina en modo de paro	Operacional	8	1	7	56	Desmontaje y reemplazo de componente	Operador
Arandelas de Ajuste	Sujetar los componentes en la máquina.	Arandelas Inexistentes	Mantenimiento Inexistente	Caída de elementos	Operación y/o Seguridad	6	2	2	24	Inspección y reemplazo de componentes	Operador

Fuente: Autor

Tabla 23. Matriz AMFE de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Sistema de Control)

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha 07/06/2020		Rea.			
Sistema:	Control			Modelo: QC12Y		Fecha 10/06/2020		Rev.		Autor: Quishpe Christian	
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Cables	Transmitir la corriente eléctrica.	Cables rotos, cortados o quemados	Golpes, subidas de voltaje	Máquina en modo de paro	Operacional	7	2	9	126	Inspección y sustitución de componente	Operador
Caja de Control	Recibir y controlar impulsos hacia los pines.	Caja expuesta	Inexistencia de pernos de acople	Aparición de elementos extraños	Operacional y/o Seguridad	7	3	1	21	Inspección visual y reemplazo de elementos	Operador
Cañerías de Drenado	Drenar el fluido del motor CHZE.	Cañería obstruida	Aglomeración de elementos ajenos al fluido	No se puede realizar el drenado	Operacional	6	4	2	48	Desmontaje y limpieza del componente	Operador
Cañerías de Transporte	Transportar el fluido hacia los componentes	Cañería Agujerada	Golpes, corrosión en paredes	Fugas de fluido	Operacional y/o Seguridad	5	3	3	45	Desmontaje y sustitución del componente	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake

Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Control			Modelo: QC12Y		Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Electroválvula de Purgado	Purgar el fluido de la máquina.	Electroválvula obstruida	Existencia de elementos ajenos al sistema	Imposible purgado del sistema	Operacional	6	2	8	96	Desmontaje y limpieza del componente	Personal de mantenimiento
Empaques	Hermetizar la junta entre motor y cañerías.	Empaques rotos	Empaques no reemplazados en mucho tiempo	Fugas de fluido	Operacional	7	2	3	42	Inspección y sustitución de componentes	Personal de mantenimiento
Microprocesador	Analizar y emitir señales de trabajo.	Microprocesador averiado	Variación en el amperaje de trabajo	Máquina en modo de paro	Operacional	9	2	5	90	Revisión de amperaje (24 v o 3,5 A) y reemplazo	Personal de mantenimiento
Motor CHZE	Transmitir el inicio del trabajo	Motor dañado	Bobinado interno quemado	Máquina en modo de paro	Operacional	9	2	6	108	Inspección, desmontaje y reemplazo	Operador

Análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) Hydraulic Press Brake											
Código del equipo:	AM-PGH01			Marca: UNIQUE		Fecha Rea. 07/06/2020					
Sistema:	Control			Modelo: QC12Y		Fecha Rev. 10/06/2020			Autor: Quishpe Christian		
Componente	Función	Modo de Falla	Causa de fallo	Efecto de la falla	Consecuencia	G	F	D	NPR	Acciones correctivas	Responsable
Panel de Control	Ejecutar comandos y ordenes de trabajo.	Panel quemado	Excesivo amperaje o golpes	Máquina en modo manual	Operacional	7	5	2	70	Desmontaje y reemplazo	Personal de mantenimiento
Pin de Control	Emitir señales de trabajo hacia la máquina.	Pin dañado	Cambios en el amperaje	Máquina en modo de paro	Operacional	7	4	3	84	Inspección, desmontaje y reemplazo	Personal de mantenimiento
Pin Inferior	Transmitir señales de accionamiento de las aspas.	Pin dañado	Cambios en el amperaje	Máquina en modo de paro	Operacional y/o Seguridad	6	5	3	90		
Pin Superior		Pin dañado	Cambios en el amperaje	Máquina en modo de paro	Operacional y/o Seguridad	6	5	4	120		

Fuente: Autor

Tabla 24. Media de NPR y disposición coloreada para la máquina Hydraulic Shearing Machine

NPR ALTO	> 72	
NPR MEDIO	72,17	
NPR BAJO	< 72	

Fuente: Autor

3.2.2. Estadístico de máquinas

Realizada la matriz AMFE, las actividades correctivas formaran parte del estadístico de máquinas. El estadístico de las máquinas será estructurado para el año enero 2020 a enero 2021 teniendo en cuenta las siguientes consideraciones. La fecha para las actividades será los lunes para la máquina dobladora y los sábados para la cortadora. El tiempo de operación (TO) será establecido como 4 horas diarias para la dobladora y 3 para la cortadora generando 120 y 90 horas respectivamente, establecidas por un mes de trabajo. El tiempo de reparación (TR) será determinado mediante trabajos y mantenimiento anteriores a máquinas similares. El tiempo muerto (TM) será determinado como el 15% del tiempo de reparación.

Parámetros

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{T_{o1} + T_{o2} + T_{on}}{\sum n} \quad \text{Ec. (17)}$$

MTTR: Tiempo medio entre reparaciones

$$MTTR = \frac{R_{o1} + R_{o2} + R_{on}}{\sum n} \quad \text{Ec. (18)}$$

λ : Tasa de fallos

$$\lambda = \left(\frac{1}{MTBF} \right) \quad \text{Ec. (19)}$$

μ : Tasa de reparación

$$\mu = \left(\frac{1}{\text{MTTR}} \right) \quad \text{Ec. (20)}$$

D: disponibilidad (%)

$$D = \left(\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \right) \quad \text{Ec. (21)}$$

TP: Tiempo de paro

$$\text{TP} = \text{TR} + \text{TM} \quad \text{Ec. (22)}$$

R(t): Fiabilidad (Porcentaje en el cual la máquina desempeña su función de manera apropiada)

$$R(t) = e^{-\lambda * t} \quad \text{Ec. (23)}$$

F(t): Infiabilidad (Porcentaje en el cual la máquina no desempeña su función de manera apropiada)

$$R(t) = 1 - e^{-\lambda * T} \quad \text{Ec. (24)}$$

Nota: La fiabilidad descrita en la ecuación 23 está basada tomando en consideración que λ es constante y T es igual al tiempo de operación.

Tabla 25. Estadístico de la máquina Hydraulic Press Brake.

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Sistema de Elevación											
Enero	Inspeccionar visualmente y analizar en pantalla de los pistones	02/01/2020	120	1,2	0,18	1,38	104,25	0,010	1,4	0,714	98,675%
	Inspeccionar visualmente las cañerías	09/01/2020	110	1	0,15	1,15					
	Inspeccionar visualmente el deposito	16/01/2020	113	0,5	0,075	0,575					
	Limpiar ejes cromados mediante uso de gasolina	23/01/2020	80	0,5	0,075	0,575					
	Medir que el amperaje de la electroválvula de retorno oscile entre 3 a 3,5 (A)	30/01/2020	112,5	0,2	0,03	0,23					
	Desmontar la electroválvula de bajada y limpiar de vías	31/01/2020	90	5	0,75	5,75					

Hydraulic Press Brake

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Febrero	Revisar que la presión de trabajo en la electroválvula de presión sea igual a 1,5 el valor del campo de presión	04/02/2020	78,5	0,5	0,075	0,575	80,52	0,012	1,24	0,806	98,483%
	Desmontar la electroválvula de subida y limpiar de vías	05/02/2020	78,5	5	0,75	5,75					
	Medir que el amperaje de la electroválvula lógica oscile entre 3 a 3,5 (A)	11/02/2020	120	0,25	0,0375	0,2875					
	Inspeccionar visualmente el emisor laser (Verificar el color del componente)	18/02/2020	67	0,25	0,0375	0,2875					
	Revisar que la conexión trifásica este intacta hacia el receptor laser	25/02/2020	58,6	0,2	0,03	0,23					

Hydraulic Press Brake

H. Trabajo

Estructural

Marzo	Inspeccionar visualmente de manera minuciosa de la integridad del casquillo	02/03/2020	76	0,5	0,075	0,575	110,786	0,009	0,886	1,129	99,207%
	Limpiar los orificios de la chapa para cables y sujetar los mismo con correas	03/03/2020	120	1	0,15	1,15					
	Inspeccionar visualmente y reemplazar de componentes inexistente en la chapa trasera posterior	09/03/2020	99,5	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar visualmente la espiga	10/03/2020	120	0,3	0,045	0,345					
	Analizar la integridad de la espiga (Método de tintas penetrantes)	16/03/2020	120	2	0,3	2,3					
	Inspeccionar visualmente el conjunto hidráulico	23/03/2020	120	0,5	0,075	0,575					
	Inspeccionar visualmente la junta	30/03/2020	120	0,4	0,06	0,46					

Hydraulic Press Brake

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Abril	Inspección visual y reemplazo de la manguera en caso de ser necesario	01/04/2020	108	1,5	0,225	1,725	70,071	0,014	1,286	0,778	98,198%
	Inspeccionar metódicamente las matrices de trabajo mediante ensayos no destructivos (Tintas penetrantes)	02/04/2020	93	2,5	0,375	2,875					
	Inspeccionar visualmente el pedal de accionamiento	08/04/2020	78	1	0,15	1,15					
	Inspeccionar visualmente y realizar END (Tintas penetrantes) a la placa roscada	09/04/2020	54	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar metódicamente mediante ensayos no destructivos (Tintas penetrantes) a la polea roscada	15/04/2020	67	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar visualmente la protección ante corte	22/04/2020	45,5	0,5	0,075	0,575					
	Inspeccionar visualmente el refuerzo plancha superior	29/04/2020	45	0,5	0,075	0,575					

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Mayo	Inspeccionar visualmente el refuerzo plancha inferior	04/05/2020	120	0,5	0,075	0,575	119,375	0,0084	0,95	1,053	99,210%
	Inspeccionar visualmente y reemplazar la regla Biplast en caso de ser necesario	05/05/2020	120	1	0,15	1,15					
	Inspeccionar visualmente y reemplazar la rotula	11/05/2020	120	2	0,3	2,3					
	Inspeccionar visualmente y reemplazar el soporte chapa trasera inferior	12/05/2020	120	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar visualmente el soporte de placa	18/05/2020	120	0,2	0,03	0,23					
	Inspeccionar visualmente el soporte derecho tope	19/05/2020	120	0,2	0,03	0,23					
	Inspeccionar visualmente el soporte fuente de alimentación	25/05/2020	120	0,2	0,03	0,23					
	Inspeccionar por medio de END (Tintas Penetrantes) el soporte inductivo	26/05/2020	115	2	0,3	2,3					

Hydraulic Press Brake

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Junio	Analizar el recubrimiento del servomotor por Ultrasonido	01/06/2020	73	2	0,3	2,3	69,643	0,014	1,5	0,667	97,892%
	Inspeccionar visualmente el soporte vertical fuente	02/06/2020	45	0,5	0,075	0,575					
	Nivelar el tirante de fijación	08/06/2020	46	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar Visual por END Tintas Fluorescentes	09/06/2020	23	2	0,3	2,3					
	Inspeccionar visualmente el tubo de refuerzo	15/06/2020	100,5	0,5	0,075	0,575					
	Inspección por medio END Tintas Fluorescentes las tuercas interiores	22/06/2020	120	2	0,3	2,3					
	Inspeccionar por medio de END (Tintas Penetrantes) la varilla roscada	29/06/2020	80	2	0,3	2,3					

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Sistema Eléctrico											
Julio	Revisar que el amperaje de la Bulona biela triangular sea de 3 A	06/07/2020	95	0,5	0,075	0,575	85,750	0,012	1,25	0,8	98,563%
	Inspeccionar visualmente y reemplazar los cables del sistema	13/07/2020	120	1	0,15	1,15					
	Limpiar los componentes y adecuar el sistema en la caja de control	20/07/2020	68	1	0,15	1,15					
	Inspeccionar y calibrar la mesa regle en caso de ser necesario	27/07/2020	60	2,5	0,375	2,875					
Agosto	Revisar el amperaje del microprocesador (3 A) o 24 (v)	10/08/2020	105	0,2	0,03	0,23	115	0,009	1,15	0,870	99,010%
	Inspeccionar visualmente mediante el desmontaje del motor eléctrico	17/08/2020	120	3	0,45	3,45					
	Leer el método de calibrado y recalibrar el motor Telemecanique en caso de ser necesario	24/08/2020	120	0,25	0,0375	0,2875					

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Septiembre	Inspeccionar y limpiar el panel de control	14/09/2020	90	0,25	0,0375	0,2875	75,167	0,013	0,917	1,091	98,795%
	Leer el método de calibrado y realizar el recalibrado del patín	21/09/2020	35,5	1	0,15	1,15					
	Analizar el sistema mediante el sistema de la máquina y reinsertar el SET UP del armado eléctrico	28/09/2020	100	1,5	0,225	1,725					
Sistema Hidráulico											
Octubre	Inspeccionar la integridad y reemplazar el anillo exterior en caso de ser necesario	05/10/2020	120	2,5	0,375	2,875	119,75	0,008	2,5	0,4	97,955%
	Inspeccionar la integridad y reemplazo de las arandelas en el sistema eléctrico	12/10/2020	120	3	0,45	3,45					
	Inspeccionar la integridad y reemplazar el manómetro	19/10/2020	120	2,5	0,375	2,875					
	Inspección ar y realizar prueba de recubrimiento por medio de END (Ultrasonido) del bloque hidráulico	26/10/2020	119	2	0,3	2,3					

Hydraulic Press Brake											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Noviembre	Desmontar e inspeccionar la bomba hidráulica	09/11/2020	120	4	0,6	4,6	120	0,008	2,833	0,353	97,693%
	Inspeccionar visualmente y reemplazar la correa dentada en caso de ser necesario	16/11/2020	120	3	0,45	3,45					
	Reemplazar los empaques en la bomba hidráulica	23/11/2020	120	1,5	0,225	1,725					
Diciembre	Inspeccionar visualmente, desmigajar y limpiar el engrasador	14/12/2020	48	0,2	0,03	0,23	20	0,05	0,2	5	99,010%
	Inspeccionar visualmente y ajustar el pomo hembra	21/12/2020	7	0,2	0,03	0,23					
	Inspeccionar la integridad de los tapones de llenado y vaciado	28/12/2020	5	0,2	0,03	0,23					
Enero	Inspeccionar la integridad de la barrilla de nivel de fluido	02/01/2021	25	0,5	0,075	0,575	25	0,04	0,5	2	98,039%

Fuente: Autor

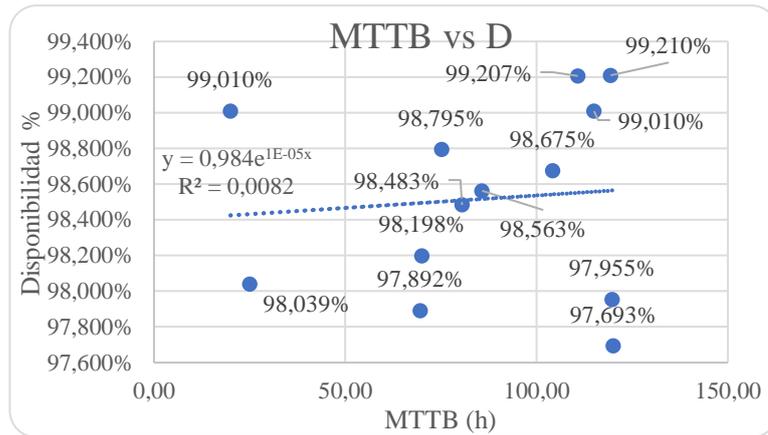


Figura 30.- Representación de datos MTTB vs Disponibilidad (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

En la figura 30. se muestra claramente que la mayor disponibilidad en la máquina siendo esta del 99,21 % se produce cuando el MTBF (tiempo medio entre fallos) es igual a 119,37 horas. A su vez la menor disponibilidad 97,69 % cuando el MTBF es igual a 120 horas. Los datos analizados no se encuentran correlacionados entre sí en consecuencia, el factor de correlación se aleja de la unidad.

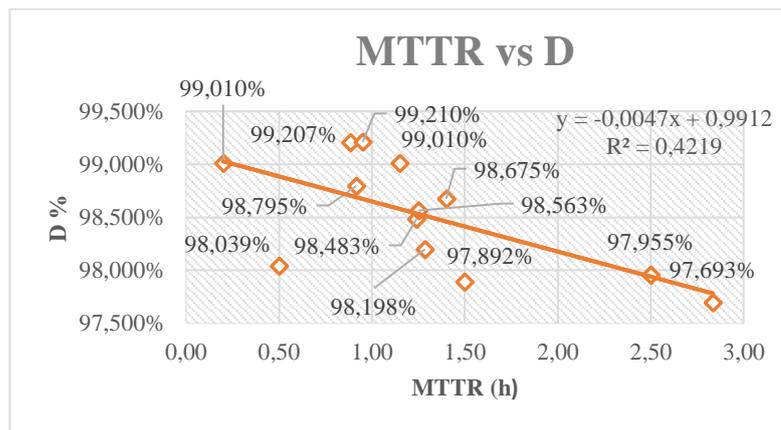


Figura 31.- Representación de datos MTTR vs Disponibilidad (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

En la figura 31. se puede evidenciar que la mayor disponibilidad en la máquina siendo esta del 99,210 % se produce cuando el MTTR (tiempo medio entre reparaciones) es igual a 0,95 horas. A su vez la menor disponibilidad 97,693% cuando el MTTR es igual a 2,833 horas. Los datos analizados no se encuentran correlacionados entre sí en consecuencia, el factor de correlación se aleja de la unidad.

Tabla 26. Estadístico de la máquina Hydraulic Shearing Machine

Hydraulic Shearing Machine											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Sistema Estructural											
Enero	Inspeccionar por END la bancada (Tintas penetrantes)	04/01/2020	90	1,5	0,225	1,725	87,5	0,0114	1,5	0,667	98,315%
	Inspeccionar por END (Tintas penetrantes) la barra de conexión	11/01/2020	80	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar por END (Tintas penetrantes) la base	18/01/2020	90	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar por END (Tintas penetrantes) la chapa izquierda	25/01/2020	90	1,5	0,225	1,725					
Febrero	Inspeccionar por END (Tintas penetrantes) la chapa derecha	08/02/2020	90	1,5	0,225	1,725	77,75	0,0129	1,625	0,615	97,953%
	Reemplazar los cojinetes de fricción	15/02/2020	75	2,5	0,375	2,875					
	Inspeccionar visualmente y reemplazar componentes de la cubierta	22/02/2020	90	2	0,3	2,3					
	Inspeccionar visualmente y limpiar la espiga de recorrido	29/02/2020	56	0,5	0,075	0,575					

Hydraulic Shearing Machine											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Marzo	Reemplazar componentes (Cojinetes y espiga inferior)	07/03/2020	90	3,5	0,525	4,025	83,6	0,012	2,32	0,431	97,300%
	Reemplazar la espiga inferior	07/03/2020	80	1,8	0,27	2,07					
	Inspeccionar visualmente y END (Tintas fluorescentes) el estanque de lubricante	14/03/2020	90	1,5	0,225	1,725					
	Inspeccionar visualmente la barra de refuerzo	21/03/2020	88	0,3	0,045	0,345					
	Reemplazar las guías en caso de daños	28/03/2020	70	4,5	0,675	5,175					
Abril	Inspección y reemplazo del componente	04/04/2020	40	2	0,3	2,3	57,5	0,0174	1,675	0,597	97,169%
	Recolocar el componente (pestillo)	11/04/2020	45	3,2	0,48	3,68					
	Recolocar y reemplazar la placa de conexión	18/04/2020	67	1,2	0,18	1,38					
	Inspeccionar y ajustar placa de recogido	25/04/2020	78	0,3	0,045	0,345					

Hydraulic Shearing Machine											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Mayo	Inspeccionar y reemplazar la placa variable	01/05/2020	50	0,3	0,045	0,345	82	0,0122	1,48	0,676	98,227%
	Inspeccionar y reemplazar la placa protectora	08/05/2020	90	0,1	0,015	0,115					
	Inspeccionar y reemplazar el componente (remache) en la placa ante corte	15/05/2020	90	0,5	0,075	0,575					
	Inspeccionar y reemplazar el componente (resorte principal)	22/05/2020	90	3,5	0,525	4,025					
	Inspeccionar y reemplazar el componente (rodamiento)	29/05/2020	90	3	0,45	3,45					

Hydraulic Shearing Machine

Hydraulic Shearing Machine											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Junio	Inspeccionar visualmente, puesta en marcha de la máquina y calibración de la saeta ajustable	05/06/2020	70	2,6	0,39	2,99	85	0,0118	2,8	0,357	96,811%
	Inspeccionar y sujetar los elementos (soporte ajustable; soporte derecho y/o izquierdo)	12/06/2020	90	2,2	0,33	2,53					
	Inspeccionar y reemplazar los componentes (tornillos de ajuste)	19/06/2020	90	3,4	0,51	3,91					
	Inspeccionar y reemplazar los componentes (Tuerca de ajuste)	26/06/2020	90	3	0,45	3,45					
Sistema de Corte											

Hydraulic Shearing Machine											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Julio	Inspeccionar y desmontaje el componente (Electroválvula de retardo)	06/07/2020	40	2,5	0,375	2,875	45,25	0,0221	2,5	0,4	94,764%
	Inspeccionar y desmontaje el componente (Electroválvula de bajada)	13/07/2020	36	2,5	0,375	2,875					
	Inspeccionar y desmontaje el componente (Electroválvula de presión)	20/07/2020	50	2,5	0,375	2,875					
	Inspeccionar y desmontaje el componente (Electroválvula de subida)	27/07/2020	55	2,5	0,375	2,875					
Agosto	Inspeccionar y realizar END (Ultrasonido) en el acople superior e inferior	08/08/2020	70	3	0,45	3,45	65	0,0154	1,663	0,602	97,506%
	Inspeccionar visualmente y sustituir el acople	15/08/2020	90	1,4	0,21	1,61					
	Analizar e inspeccionar por END (Ultrasonido) las aspa inferior y superior	22/08/2020	75	1,25	0,1875	1,4375					
	Inspeccionar visualmente y sustituir el pedal de accionamiento	29/08/2020	25	1	0,15	1,15					

Hydraulic Shearing Machine

Hydraulic Shearing Machine											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Septiembre	Desmontaje y reemplazar el componente (reductor de velocidad)	05/09/2020	68	1,5	0,225	1,725	76	0,0132	2,4	0,417	96,939%
	Analizar, inspeccionar y/o reemplazar el resorte soporte	12/09/2020	56	0,5	0,075	0,575					
	Desmontar y reemplazar topes de carrera	19/09/2020	90	5	0,75	5,75					
	Inspeccionar y reemplazar componentes (arandelas de ajuste)	26/09/2020	90	2,6	0,39	2,99					
Sistema de Control											
Octubre	Inspeccionar y sustituir los cables	10/10/2020	90	1	0,15	1,15	88,333	0,0113	1,9	0,526	97,894%
	Inspeccionar visualmente y reemplazar elementos de la caja de control	17/10/2020	85	1,5	0,225	1,725					
	Desmontaje y limpiar cañerías de drenado	24/10/2020	90	3,2	0,48	3,68					

Hydraulic Shearing Machine											
H. Trabajo											
Periodo: enero 2020 - enero 2021	Actividades	Fecha	TO (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	MTBF (h)	λ	MTTR (h)	μ	D (%)
Noviembre	Desmontaje y limpiar cañerías de transporte	07/11/2020	90	3,2	0,48	3,68	71,667	0,0140	2,567	0,390	96,542%
	Desmontaje y limpiar electroválvula de purgado	14/11/2020	45	2	0,3	2,3					
	Inspeccionar visualmente y reemplazar los empaques	21/11/2020	80	2,5	0,375	2,875					
Diciembre	Revisar el amperaje de trabajo del microprocesador (24 v o 3,5 A)	12/12/2020	80	0,25	0,0375	0,2875	81,667	0,0122	0,817	1,224	99,010%
	Inspeccionar, desmontaje y reemplazar componentes en el motor	17/12/2020	90	1	0,15	1,15					
	Desmontar y reemplazar elementos del panel de control	26/12/2020	75	1,2	0,18	1,38					
Enero	Inspeccionar, desmontaje y reemplazar los pines de contacto	02/01/2021	90	4,5	0,675	5,175	90	0,0111	4,5	0,222	95,238%

Fuente: Autor

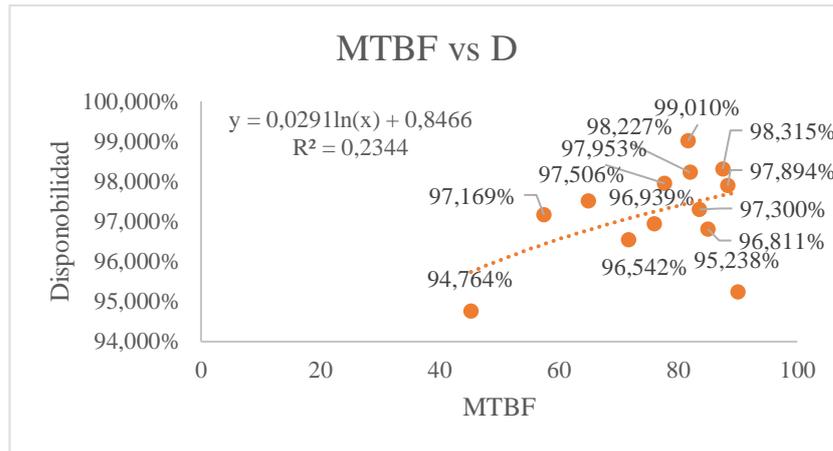


Figura 32.- Representación de datos MTBF vs Disponibilidad (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

En la figura 32. se muestra claramente que la mayor disponibilidad en la máquina siendo esta del 99,01 % se produce cuando el MTBF (tiempo medio entre fallos) es igual a 81,67 horas. A su vez la menor disponibilidad 94,76 % cuando el MTBF es igual a 45,25 horas. Los datos analizados no se encuentran correlacionados entre sí en consecuencia, el factor de correlación se aleja de la unidad.

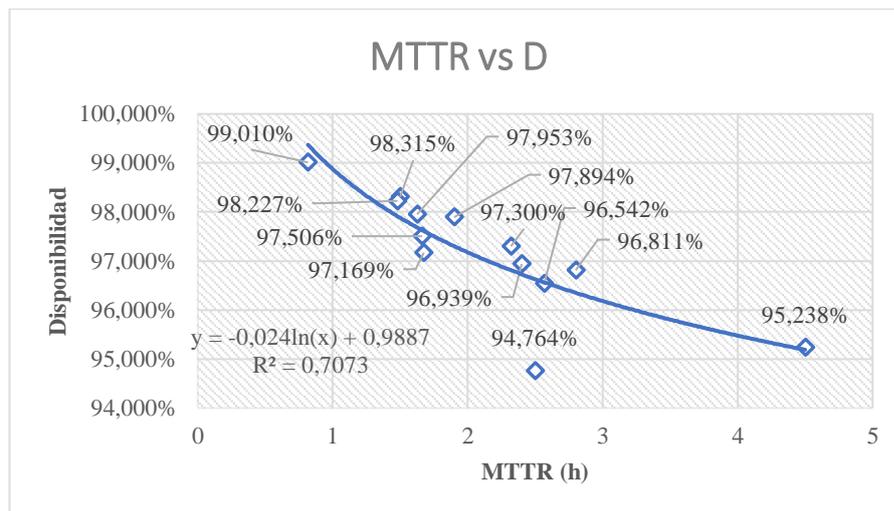


Figura 33.- Representación de datos MTTR vs Disponibilidad (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

En la figura 31. se puede evidenciar que la mayor disponibilidad en la máquina siendo esta del 99,01 % se produce cuando el MTTR (tiempo medio entre reparaciones) es igual a 0,817 horas. A su vez la menor disponibilidad 94,74% cuando el MTTR es igual a 2,5 horas. Los datos analizados no se encuentran correlacionados entre sí en consecuencia, el factor de correlación se aleja de la unidad.

3.3. Fiabilidad de las máquinas

3.3.1. Fiabilidad tasa de fallos constante (λ cte.)

Tabla 27. Fiabilidad e Infiabilidad de la máquina Hydraulic Press Brake (Tasa de fallos constante).

Hydraulic Press Brake				
MES	To(h)	λ Constante	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
Sistema de Elevación				
ENERO	120	0,0096	31,60%	68,40%
	110	0,0096	34,80%	65,20%
	113	0,0096	33,80%	66,20%
	80	0,0096	46,40%	53,60%
	112,5	0,0096	34,00%	66,00%
	90	0,0096	42,10%	57,90%
FEBRERO	78,5	0,0124	37,80%	62,20%
	78,5	0,0124	37,80%	62,20%
	120	0,0124	22,60%	77,40%
	67	0,0124	43,60%	56,40%
	58,6	0,0124	48,40%	51,60%
Sistema Estructural				
MARZO	76	0,0090	50,50%	49,50%
	120	0,0090	34,00%	66,00%
	99,5	0,0090	40,80%	59,20%
	120	0,0090	34,00%	66,00%
	120	0,0090	34,00%	66,00%
	120	0,0090	34,00%	66,00%
	120	0,0090	34,00%	66,00%
ABRIL	108	0,0143	21,30%	78,70%
	93	0,0143	26,50%	73,50%
	78	0,0143	32,80%	67,20%
	54	0,0143	46,20%	53,80%
	67	0,0143	38,40%	61,60%
	45,5	0,0143	52,20%	47,80%
	45	0,0143	52,50%	47,50%

Hydraulic Press Brake				
MES	To(h)	λ Constante	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
MAYO	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	115	0,0084	38,10%	61,90%
JUNIO	73	0,0144	35,00%	65,00%
	45	0,0144	52,30%	47,70%
	46	0,0144	51,60%	48,40%
	23	0,0144	71,80%	28,20%
	100,5	0,0144	23,50%	76,50%
	120	0,0144	17,80%	82,20%
	80	0,0144	31,60%	68,40%
Sistema Eléctrico				
JULIO	95	0,0117	32,90%	67,10%
	120	0,0117	24,60%	75,40%
	68	0,0117	45,10%	54,90%
	60	0,0117	49,60%	50,40%
AGOSTO	105	0,0087	40,10%	59,90%
	120	0,0087	35,20%	64,80%
	120	0,0087	35,20%	64,80%
	90	0,0087	45,70%	54,30%
SEPTIEMBRE	90	0,0133	30,20%	69,80%
	35,5	0,0133	62,40%	37,60%
	100	0,0133	26,40%	73,60%
Sistema Hidráulico				
OCTUBRE	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	120	0,0084	36,50%	63,50%
	119	0,0084	36,80%	63,20%
NOVIEMBRE	120	0,0083	36,90%	63,10%
	120	0,0083	36,90%	63,10%
	120	0,0083	36,90%	63,10%

Hydraulic Press Brake				
MES	To(h)	λ Constante	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
DICIEMBRE	48	0,05	9,10%	90,90%
	7	0,05	70,50%	29,50%
	5	0,05	77,90%	22,10%
ENERO	25	0,04	36,80%	63,20%

Fuente: Autor

Tabla 28. Fiabilidad e Infiabilidad de la máquina Hydraulic Shearing Machine (Tasa de fallos constante).

Hydraulic Shearing Machine				
MES	To(h)	λ Constante	Fiabilidad	Infiabilidad
Sistema Estructural				
ENERO	90	0,0114	35,80%	64,20%
	80	0,0114	40,20%	59,80%
	90	0,0114	35,80%	64,20%
	90	0,0114	35,80%	64,20%
FEBRERO	90	0,0129	31,30%	68,70%
	75	0,0129	38,00%	62,00%
	90	0,0129	31,30%	68,70%
	56	0,0129	48,60%	51,40%
MARZO	90	0,012	34,00%	66,00%
	80	0,012	38,30%	61,70%
	90	0,012	34,00%	66,00%
	88	0,012	34,80%	65,20%
ABRIL	40	0,0174	49,90%	50,10%
	45	0,0174	45,70%	54,30%
	67	0,0174	31,20%	68,80%
	78	0,0174	25,70%	74,30%
MAYO	50	0,0122	54,30%	45,70%
	90	0,0122	33,40%	66,60%
	90	0,0122	33,40%	66,60%
	90	0,0122	33,40%	66,60%
	90	0,0122	33,40%	66,60%
JUNIO	70	0,0118	43,80%	56,20%
	90	0,0118	34,60%	65,40%
	90	0,0118	34,60%	65,40%
	90	0,0118	34,60%	65,40%

Sistema de Corte				
Hydraulic Shearing Machine				
MES	To(h)	λ Constante	Fiabilidad	Infiabilidad
JULIO	40	0,0221	41,30%	58,70%
	36	0,0221	45,10%	54,90%
	50	0,0221	33,10%	66,90%
	55	0,0221	29,70%	70,30%
AGOSTO	70	0,0154	34,00%	66,00%
	90	0,0154	25,00%	75,00%
	75	0,0154	31,50%	68,50%
	25	0,0154	68,00%	32,00%
SEPTIEMBRE	68	0,0132	40,80%	59,20%
	56	0,0132	47,70%	52,30%
	90	0,0132	30,50%	69,50%
	90	0,0132	30,50%	69,50%
Sistema de Control				
OCTUBRE	90	0,0113	36,20%	63,80%
	85	0,0113	38,30%	61,70%
	90	0,0113	36,20%	63,80%
NOVIEMBRE	90	0,014	28,40%	71,60%
	45	0,014	53,30%	46,70%
	80	0,014	32,60%	67,40%
DICIEMBRE	80	0,0122	37,70%	62,30%
	90	0,0122	33,40%	66,60%
	75	0,0122	40,10%	59,90%
ENERO	90	0,0111	36,80%	63,20%

Fuente: Autor

3.3.2. Modelo matemático de Weibull (Hydraulic Press Brake)

Basándonos en el estadístico de la máquina se tomarán los siguientes puntos para la realización de este modelo. Como primer punto se tomará el número de actividades a realizarse en el año calendario, además del tiempo de operación en la máquina. De ahí partiremos con la utilización de ecuaciones 6,7,8,9,10 anteriormente descritas.

Tabla 29. Datos estadísticos de la máquina Hydraulic Press Brake.

Probabilidad de Fallo Hydraulic Press Brake			
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln (t)
1	1	120	4,787
2	1	110	4,7
3	1	113	4,727
4	1	80	4,382
5	1	112,5	4,723
6	1	90	4,5
7	1	78,5	4,363
8	1	78,5	4,363
9	1	120	4,787
10	1	67	4,205
11	1	58,6	4,071
12	1	76	4,331
13	1	120	4,787
14	1	99,5	4,6
15	1	120	4,787
16	1	120	4,787
17	1	120	4,787
18	1	120	4,787
19	1	108	4,682
20	1	93	4,533
21	1	78	4,357
22	1	54	3,989
23	1	67	4,205
24	1	45,5	3,818
25	1	45	3,807
26	1	120	4,787
27	1	120	4,787
28	1	120	4,787
29	1	120	4,787
30	1	120	4,787
31	1	120	4,787
32	1	120	4,787
33	1	115	4,745
34	1	73	4,29
35	1	45	3,807
36	1	46	3,829
37	1	23	3,135
38	1	100,5	4,61
39	1	120	4,787

Probabilidad de Fallo Hydraulic Press Brake			
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln (t)
40	1	80	4,382
41	1	95	4,554
42	1	120	4,787
43	1	68	4,22
44	1	60	4,094
45	1	105	4,654
46	1	120	4,787
47	1	120	4,787
48	1	90	4,5
49	1	90	4,5
50	1	35,5	3,57
51	1	100	4,605
52	1	120	4,787
53	1	120	4,787
54	1	120	4,787
55	1	119	4,779
56	1	120	4,787
57	1	120	4,787
58	1	120	4,787
59	1	48	3,871
60	1	7	1,946
61	1	5	1,609
62	1	25	3,219
Sumatoria	$\Sigma=62$		$\Sigma=272,16$

Fuente: Autor

Con los valores anteriores encontrados procedemos a encontrar el valor de la media.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_o)}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{272,16}{62}$$

$$\bar{x} = \mathbf{4,3896}$$

Obtenida la media, procedemos a encontrar la varianza. Esta formara parte importante en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 30. Parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Press Brake.

Probabilidad de Fallo Hydraulic Press Brake				
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2
1	1	120	4,787	0,1579
2	1	110	4,7	0,0963
3	1	113	4,727	0,1138
4	1	80	4,382	0,0001
5	1	112,5	4,723	0,1112
6	1	90	4,5	0,0122
7	1	78,5	4,363	0,0007
8	1	78,5	4,363	0,0007
9	1	120	4,787	0,1579
10	1	67	4,205	0,0341
11	1	58,6	4,071	0,1015
12	1	76	4,331	0,0034
13	1	120	4,787	0,1579
14	1	99,5	4,6	0,0443
15	1	120	4,787	0,1579
16	1	120	4,787	0,1579
17	1	120	4,787	0,1579
18	1	120	4,787	0,1579
19	1	108	4,682	0,0855
20	1	93	4,533	0,0206
21	1	78	4,357	0,0011
22	1	54	3,989	0,1605
23	1	67	4,205	0,0341
24	1	45,5	3,818	0,3267
25	1	45	3,807	0,3394
26	1	120	4,787	0,1579
27	1	120	4,787	0,1579
28	1	120	4,787	0,1579
29	1	120	4,787	0,1579
30	1	120	4,787	0,1579
31	1	120	4,787	0,1579
32	1	120	4,787	0,1579
33	1	115	4,745	0,1263
34	1	73	4,29	0,0099
35	1	45	3,807	0,3394
36	1	46	3,829	0,3143
37	1	23	3,135	1,574
38	1	100,5	4,61	0,0486
39	1	120	4,787	0,1579
40	1	80	4,382	0,0001

Probabilidad de Fallo Hydraulic Press Brake				
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2
41	1	95	4,554	0,027
42	1	120	4,787	0,1579
43	1	68	4,22	0,0288
44	1	60	4,094	0,0874
45	1	105	4,654	0,0699
46	1	120	4,787	0,1579
47	1	120	4,787	0,1579
48	1	90	4,5	0,0122
49	1	90	4,5	0,0122
50	1	35,5	3,57	0,6717
51	1	100	4,605	0,0464
52	1	120	4,787	0,1579
53	1	120	4,787	0,1579
54	1	120	4,787	0,1579
55	1	119	4,779	0,1516
56	1	120	4,787	0,1579
57	1	120	4,787	0,1579
58	1	120	4,787	0,1579
59	1	48	3,871	0,2689
60	1	7	1,946	5,9712
61	1	5	1,609	7,7317
62	1	25	3,219	1,3703
Sumatoria	$\Sigma=62$		$\Sigma=272,16$	$\Sigma=24,138$

Fuente: Autor

$$S^2 = \frac{(\Sigma \ln(t_0) - \bar{x})^2}{(n - 1)}$$

$$S^2 = \frac{24,138}{(62 - 1)}$$

$$S^2 = 0,3957$$

Con el valor de la varianza procedemos a obtener la desviación.

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = 0,6290$$

Anteriormente obtuvimos el parámetro esencial para el cálculo de los parámetros de Weibull.

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

$$\beta = 2,0390$$

$$\alpha = e^{\left(\bar{x} + \left(\frac{0.5772}{\beta} \right) \right)}$$

$$\alpha = e^{\left(4,3896 + \left(\frac{0.5772}{2,0390} \right) \right)}$$

$$\alpha = 106,9841$$

Con los anteriores parámetros procedemos a encontrar la fiabilidad e Infiabilidad.

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{t_0 - Y}{\alpha} \right)^{1/\beta} \right]}$$

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{120 - 0}{106,9841} \right)^{1/2,0390} \right]}$$

$$R(t) = 0,3472$$

$$R(t) = 34,72\%$$

Infiabilidad

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

$$F(t) = 1 - 0,3472$$

$$F(t) = 0,6528$$

$$F(t) = 65,28\%$$

En la tabla que se muestra a continuación se muestra la fiabilidad e Infiabilidad de la máquina a manera de cuadro resumen.

Tabla 31. Fiabilidad e Infiabilidad según parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Press Brake.

Fiabilidad e Infiabilidad Hydraulic Press Brake						
Actividad	Nº de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2	R(t)	F(t)
1	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
2	1	110	4,7	0,0963	36,29%	63,71%
3	1	113	4,727	0,1138	35,80%	64,20%
4	1	80	4,382	0,0001	42,01%	57,99%
5	1	112,5	4,723	0,1112	35,88%	64,12%
6	1	90	4,5	0,0122	39,90%	60,10%
7	1	78,5	4,363	0,0007	42,35%	57,65%
8	1	78,5	4,363	0,0007	42,35%	57,65%
9	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
10	1	67	4,205	0,0341	45,16%	54,84%
11	1	58,6	4,071	0,1015	47,50%	52,50%
12	1	76	4,331	0,0034	42,93%	57,07%
13	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
14	1	99,5	4,6	0,0443	38,10%	61,90%
15	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
16	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
17	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
18	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
19	1	108	4,682	0,0855	36,62%	63,38%
20	1	93	4,533	0,0206	39,31%	60,69%
21	1	78	4,357	0,0011	42,47%	57,53%
22	1	54	3,989	0,1605	48,91%	51,09%
23	1	67	4,205	0,0341	45,16%	54,84%
24	1	45,5	3,818	0,3267	51,81%	48,19%
25	1	45	3,807	0,3394	52,00%	48,00%
26	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
27	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
28	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
29	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
30	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
31	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
32	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
33	1	115	4,745	0,1263	35,48%	64,52%
34	1	73	4,29	0,0099	43,65%	56,35%
35	1	45	3,807	0,3394	52,00%	48,00%
36	1	46	3,829	0,3143	51,63%	48,37%
37	1	23	3,135	1,574	62,47%	37,53%
38	1	100,5	4,61	0,0486	37,92%	62,08%
39	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
40	1	80	4,382	0,0001	42,01%	57,99%

Fiabilidad e Infiabilidad Hydraulic Press Brake						
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2	R(t)	F(t)
41	1	95	4,554	0,027	38,93%	61,07%
42	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
43	1	68	4,22	0,0288	44,90%	55,10%
44	1	60	4,094	0,0874	47,09%	52,91%
45	1	105	4,654	0,0699	37,13%	62,87%
46	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
47	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
48	1	90	4,5	0,0122	39,90%	60,10%
49	1	90	4,5	0,0122	39,90%	60,10%
50	1	35,5	3,57	0,6717	55,87%	44,13%
51	1	100	4,605	0,0464	38,01%	61,99%
52	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
53	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
54	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
55	1	119	4,779	0,1516	34,87%	65,13%
56	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
57	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
58	1	120	4,787	0,1579	34,72%	65,28%
59	1	48	3,871	0,2689	50,92%	49,08%
60	1	7	1,946	5,9712	76,91%	23,09%
61	1	5	1,609	7,7317	80,04%	19,96%
62	1	25	3,219	1,3703	61,25%	38,75%

Fuente: Autor

Basándonos en los parámetros de la metodología Weibull se puede notar una clara diferencia entre la fiabilidad obtenida mediante una tasa de fallos constante y la fiabilidad basada en media, varianza y desviación (Weibull). Se tomará como claro ejemplo el tiempo de operación de la máquina Hydraulic Press Brake $T_{o1} = 120$ h para el cual mediante una tasa de fallos constante se obtuvo que la fiabilidad es de 31,60 % con una tasa de fallos igual a 0,0096 mientras que con Weibull la Fiabilidad para el mismo valor de T_{o1} fue igual a 34,72 %.

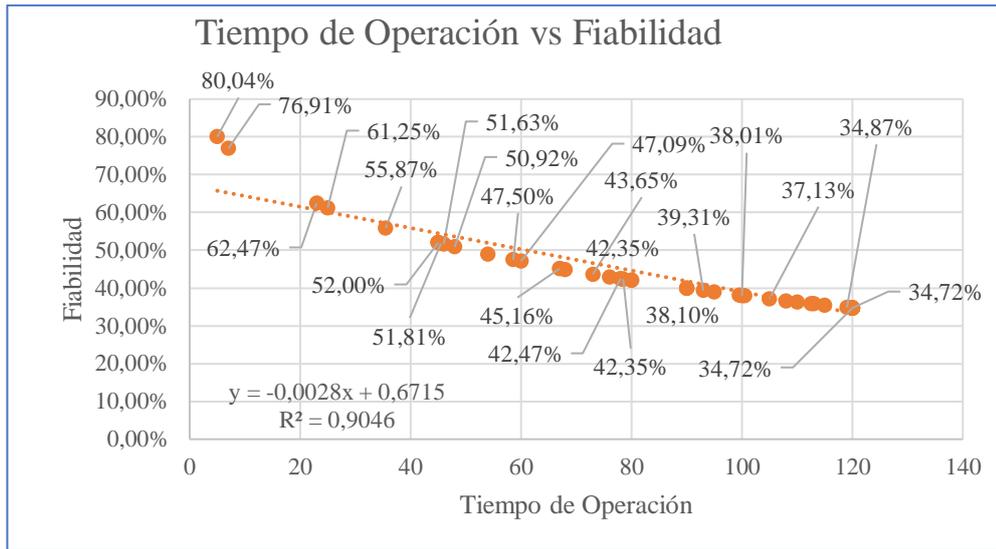


Figura 34.- Fiabilidad de Weibull (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

En la figura 34. se puede observar que a medida que el tiempo de operación de la máquina se incrementa la fiabilidad disminuye. Enunciado el cual es sumamente adecuado y racional dado que el factor de correlación claramente se ve incrementado de manera sustancial a la unidad siendo este igual a 0,9046. El valor de mayor fiabilidad es de 80,04 % para un tiempo de operación igual a 5 horas. Al realizar el análisis de la misma cantidad de horas sin Weibull se pudo observar que la disponibilidad fue del 77,90% con una tasa de fallos igual 0,05. Analizados los valores se muestra una diferencia de 2,14 puntos entre las dos fiabilidades.

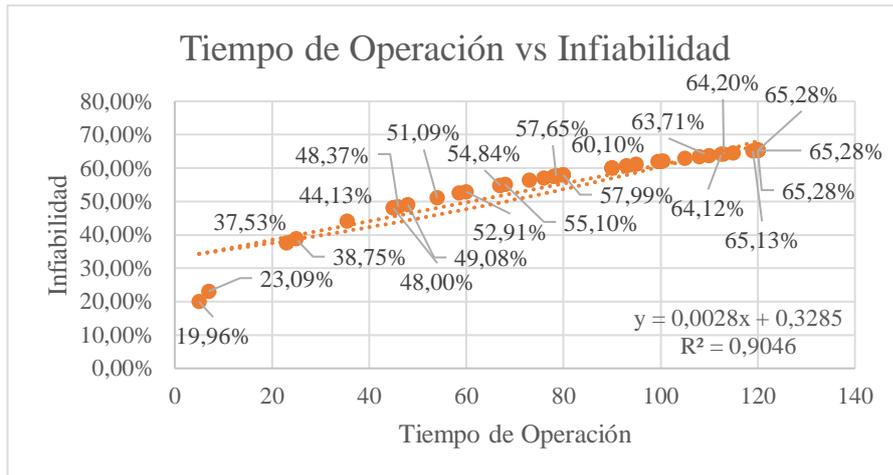


Figura 35.- Infiabilidad de Weibull (Hydraulic Press Brake).

Fuente: Autor

En la figura 35. se puede observar que a medida que el To de la máquina se incrementa la Infiabilidad aumenta también. El factor de correlación claramente se ve incrementado de manera sustancial a la unidad siendo este igual a 0,9046. El valor de mayor Infiabilidad es de 65,28% % para un tiempo de operación igual a 120 horas. Al realizar el análisis de la misma cantidad de horas sin Weibull se pudo observar que la disponibilidad fue del 75,40% con una tasa de fallos igual 0,0117. Analizados los valores se muestra una diferencia de 10,12 puntos entre las dos infiabilidades.

3.3.3. Modulo matemático de Weibull (Hydraulic Shearing Machine)

Para el análisis de la segunda máquina se utilizarán las características y ecuaciones utilizadas con anterioridad.

Tabla 32. Datos estadísticos de la máquina Hydraulic Shearing Machine.

Probabilidad de Fallo Hydraulic Shearing Machine			
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)
1	1	90	4,5
2	1	80	4,382
3	1	90	4,5
4	1	90	4,5
5	1	90	4,5

Probabilidad de Fallo Hydraulic Shearing Machine			
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)
6	1	75	4,31
7	1	90	4,5
8	1	56	4,025
9	1	90	4,5
10	1	80	4,382
11	1	90	4,5
12	1	88	4,477
13	1	40	3,689
14	1	45	3,807
15	1	67	4,205
16	1	78	4,357
17	1	50	3,912
18	1	90	4,5
19	1	90	4,5
20	1	90	4,5
21	1	90	4,5
22	1	70	4,248
23	1	90	4,5
24	1	90	4,5
25	1	90	4,5
26	1	40	3,689
27	1	36	3,584
28	1	50	3,912
29	1	55	4,007
30	1	70	4,248
31	1	90	4,5
32	1	75	4,317
33	1	25	3,219
34	1	68	4,22
35	1	56	4,025
36	1	90	4,5
37	1	90	4,5
38	1	90	4,5
39	1	85	4,443
40	1	90	4,5
41	1	90	4,5
42	1	45	3,807
43	1	80	4,382
44	1	80	4,382
45	1	90	4,5
46	1	75	4,317
47	1	90	4,5

Probabilidad de Fallo Hydraulic Shearing Machine			
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)
Sumatoria	$\Sigma=47$		$\Sigma=201,353$

Fuente: Autor

Con los valores anteriores encontrados procedemos a encontrar el valor de la media.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_o)}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{201,353}{47}$$

$$\bar{x} = 4,284$$

Procedemos a calcular la varianza

Tabla 33. Parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Shearing Machine.

Probabilidad de Fallo Hydraulic Shearing Machine				
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2
1	1	90	4,5	0,0467
2	1	80	4,382	0,0096
3	1	90	4,5	0,0467
4	1	90	4,5	0,0467
5	1	90	4,5	0,0467
6	1	75	4,317	0,0011
7	1	90	4,5	0,0467
8	1	56	4,025	0,0671
9	1	90	4,5	0,0467
10	1	80	4,382	0,0096
11	1	90	4,5	0,0467
12	1	88	4,477	0,0372
13	1	40	3,689	0,354
14	1	45	3,807	0,2275
15	1	67	4,205	0,0062
16	1	78	4,357	0,0053
17	1	50	3,912	0,1384
18	1	90	4,5	0,0467
19	1	90	4,5	0,0467

Probabilidad de Fallo Hydraulic Shearing Machine				
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2
20	1	90	4,5	0,0467
21	1	90	4,5	0,0467
22	1	70	4,248	0,0013
23	1	90	4,5	0,0467
24	1	90	4,5	0,0467
25	1	90	4,5	0,0467
26	1	40	3,689	0,354
27	1	36	3,584	0,49
28	1	50	3,912	0,1384
29	1	55	4,007	0,0767
30	1	70	4,248	0,0013
31	1	90	4,5	0,0467
32	1	75	4,317	0,0011
33	1	25	3,219	1,1342
34	1	68	4,22	0,0041
35	1	56	4,025	0,0671
36	1	90	4,5	0,0467
37	1	90	4,5	0,0467
38	1	90	4,5	0,0467
39	1	85	4,443	0,0253
40	1	90	4,5	0,0467
41	1	90	4,5	0,0467
42	1	45	3,807	0,2275
43	1	80	4,382	0,0096
44	1	80	4,382	0,0096
45	1	90	4,5	0,0467
46	1	75	4,317	0,0011
47	1	90	4,5	0,0467
Sumatoria	Σ=47		Σ=201,353	Σ=4,4247

Fuente: Autor

$$S^2 = \frac{(\sum \ln(t_0) - \bar{x})^2}{(n - 1)}$$

$$S^2 = \frac{4,4247}{(47 - 1)}$$

$$S^2 = 0,09618$$

Con el valor de la varianza procedemos a obtener la desviación.

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$\mathbf{S = 0,3101}$$

Anteriormente obtuvimos el parámetro esencial para el cálculo de los parámetros de Weibull.

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

$$\mathbf{\beta = 4,1359}$$

$$\alpha = e^{\left(\bar{x} + \left(\frac{0.5772}{\beta} \right) \right)}$$

$$\alpha = e^{\left(4,284 + \left(\frac{0.5772}{4,1359} \right) \right)}$$

$$\mathbf{\alpha = 83,3925}$$

Con los anteriores parámetros procedemos a encontrar la fiabilidad e Infiabilidad.

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{t_0 - \gamma}{a} \right)^{1/\beta} \right]}$$

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{90 - 0}{83,3925} \right)^{1/4,1359} \right]}$$

$$R(t) = 0,3611$$

$$\mathbf{R(t) = 36,11\%}$$

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

$$F(t) = 1 - 0,3611$$

$$F(t) = 0,6389$$

$$\mathbf{F(t) = 63,89\%}$$

Tabla 34. Fiabilidad e Infiabilidad según parámetros de Weibull para la máquina Hydraulic Shearing Machine.

Probabilidad de Fallo Hydraulic Shearing Machine						
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2	R(t)	F(t)
1	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
2	1	80	4,382	0,0096	37,16%	62,84%
3	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
4	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
5	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
6	1	75	4,317	0,0011	37,73%	62,27%
7	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
8	1	56	4,025	0,0671	40,32%	59,68%
9	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
10	1	80	4,382	0,0096	37,16%	62,84%
11	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
12	1	88	4,477	0,0372	36,31%	63,69%
13	1	40	3,689	0,354	43,29%	56,71%
14	1	45	3,807	0,2275	42,26%	57,74%
15	1	67	4,205	0,0062	38,73%	61,27%
16	1	78	4,357	0,0053	37,38%	62,62%
17	1	50	3,912	0,1384	41,33%	58,67%
18	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
19	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
20	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
21	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
22	1	70	4,248	0,0013	38,34%	61,66%
23	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
24	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
25	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
26	1	40	3,689	0,354	43,29%	56,71%
27	1	36	3,584	0,49	44,21%	55,79%
28	1	50	3,912	0,1384	41,33%	58,67%
29	1	55	4,007	0,0767	40,48%	59,52%
30	1	70	4,248	0,0013	38,34%	61,66%
31	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
32	1	75	4,317	0,0011	37,73%	62,27%
33	1	25	3,219	1,1342	47,36%	52,64%
34	1	68	4,22	0,0041	38,60%	61,40%
35	1	56	4,025	0,0671	40,32%	59,68%
36	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
37	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
38	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%

Probabilidad de Fallo Hydraulic Shearing Machine						
Actividad	N° de Falla	To(h)	ln(t)	(ln(t)-x) ^2	R(t)	F(t)
39	1	85	4,443	0,0253	36,62%	63,38%
40	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
41	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
42	1	45	3,807	0,2275	42,26%	57,74%
43	1	80	4,382	0,0096	37,16%	62,84%
44	1	80	4,382	0,0096	37,16%	62,84%
45	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%
46	1	75	4,317	0,0011	37,73%	62,27%
47	1	90	4,5	0,0467	36,11%	63,89%

Fuente: Autor

Para diferenciar entre las dos fiabilidades se tomará como ejemplo el tiempo de operación de la máquina Hydraulic Shearing Machine $T_{o1} = 90$ h para el cual mediante una tasa de fallos constante se obtuvo que la fiabilidad es de 35,80 % con una tasa de fallos igual a 0,0114 mientras que con Weibull la Fiabilidad para el mismo valor de T_{o1} fue igual a 36,11 %.

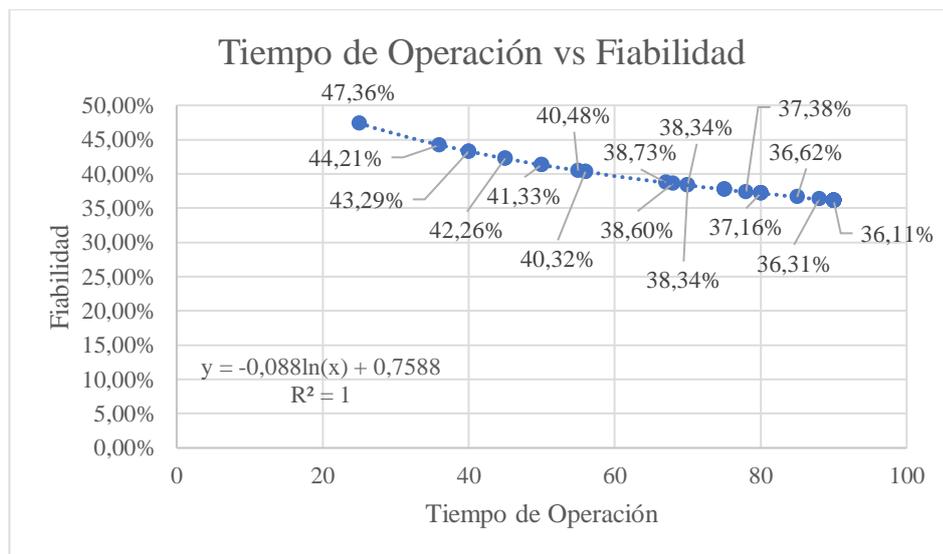


Figura 36.- Fiabilidad de Weibull (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

En la figura 36. se puede observar que a medida que el tiempo de operación de la máquina se incrementa la fiabilidad disminuye. Enunciado el cual es sumamente

adecuado y racional dado que el factor de correlación es igual a la unidad. El valor de mayor fiabilidad es de 47,36 % para un tiempo de operación igual a 25 horas. Al realizar el análisis de la misma cantidad de horas sin Weibull se pudo observar que la disponibilidad fue del 68% con una tasa de fallos igual 0,0154. Analizados los valores se muestra una gran diferencia de 20,64 puntos entre las dos fiabilidades.

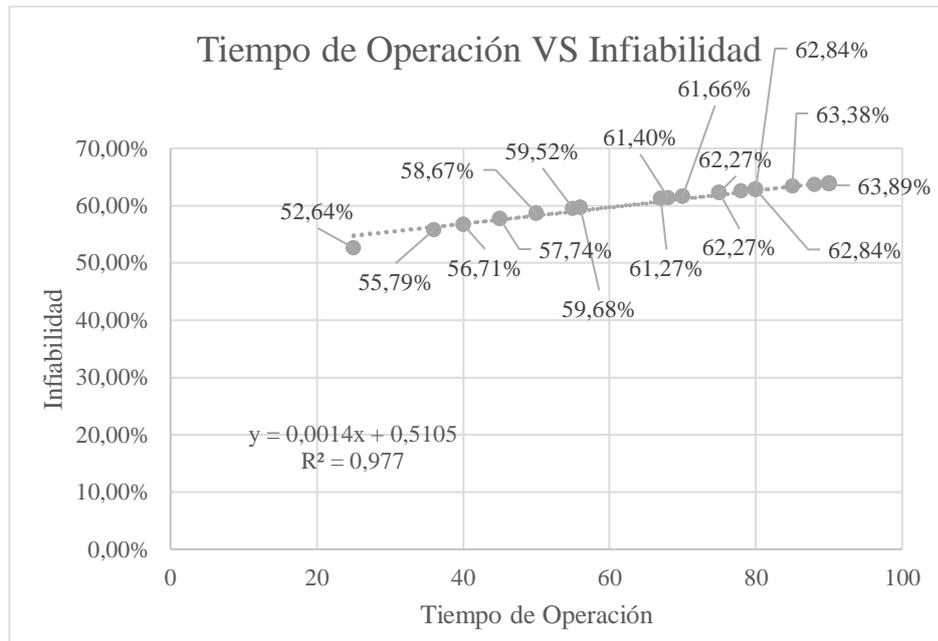


Figura 37.- Infiabilidad de Weibull (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

En la figura 37. se puede observar que El factor de correlación claramente es el apropiado siendo este igual a 0,977. El valor de mayor Infiabilidad es de 63,89% para un tiempo de operación igual a 90 horas. Al realizar el análisis de la misma cantidad de horas sin Weibull se pudo observar que la disponibilidad fue del 66,00% con una tasa de fallos igual 0,0122. Analizados los valores se muestra una diferencia de 2,11 puntos entre las dos infiabilidades.

3.3.4. Modelo gráfico de Weibull Hydraulic Press Brake.

Con el objetivo de establecer un criterio para el modelo del Weibull la segunda parte de la metodología será establecida la cual consiste en colocar los parámetros anteriormente encontrados en una hoja esquemática adecuada para este hecho.

Este modelo será realizado con la ecuación 13 denominada aproximación de rangos medios mencionada en capítulos anteriores. La ecuación utilizada será para un tamaño de muestra superior a 20 dado que la máquina establecida posee 62 elementos como muestra.

Tabla 35. Cálculo de falla acumulativa para la máquina Hydraulic Press Brake.

Falla Acumulativa			
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa
1	5	0,0112	1,12%
2	7	0,0272	2,72%
3	23	0,0433	4,33%
4	25	0,0593	5,93%
5	35,5	0,0753	7,53%
6	45	0,0913	9,13%
7	45	0,1074	10,74%
8	45,5	0,1234	12,34%
9	46	0,1394	13,94%
10	48	0,1554	15,54%
11	54	0,1715	17,15%
12	58,6	0,1875	18,75%
13	60	0,2035	20,35%
14	67	0,2196	21,96%
15	67	0,2356	23,56%
16	68	0,2516	25,16%
17	73	0,2676	26,76%
18	76	0,2837	28,37%
19	78	0,2997	29,97%
20	78,5	0,3157	31,57%
21	78,5	0,3317	33,17%
22	80	0,3478	34,78%
23	80	0,3638	36,38%
24	90	0,3798	37,98%
25	90	0,3958	39,58%
26	90	0,4119	41,19%

Falla Acumulativa			
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa
27	93	0,4279	42,79%
28	95	0,4439	44,39%
29	99,5	0,4599	45,99%
30	100	0,476	47,60%
31	100,5	0,492	49,20%
32	105	0,508	50,80%
33	108	0,524	52,40%
34	110	0,5401	54,01%
35	112,5	0,5561	55,61%
36	113	0,5721	57,21%
37	115	0,5881	58,81%
38	119	0,6042	60,42%
39	120	0,6202	62,02%
40	120	0,6362	63,62%
41	120	0,6522	65,22%
42	120	0,6683	66,83%
43	120	0,6843	68,43%
44	120	0,7003	70,03%
45	120	0,7163	71,63%
46	120	0,7324	73,24%
47	120	0,7484	74,84%
48	120	0,7644	76,44%
49	120	0,7804	78,04%
50	120	0,7965	79,65%
51	120	0,8125	81,25%
52	120	0,8285	82,85%
53	120	0,8446	84,46%
54	120	0,8606	86,06%
55	120	0,8766	87,66%
56	120	0,8926	89,26%
57	120	0,9087	90,87%
58	120	0,9247	92,47%
59	120	0,9407	94,07%
60	120	0,9567	95,67%
61	120	0,9728	97,28%
62	120	0,9888	98,88%

Fuente: Autor

Establecidos los pares ordenados se procede a colocarlos en la hoja de Weibull para determinar los demás parámetros. La cual será mostrada en los anexos.

Tabla 36. Parámetros de falla para la máquina Hydraulic Press Brake.

Parámetros de falla	
P_u	74
β	0,95
n	102

Fuente: Autor

Procedemos a encontrar la fiabilidad de Weibull con los parámetros encontrados anteriormente y descritos en la tabla 34.

$$R(t) = e^{\wedge} \left[- \left(\frac{t_0 - \gamma}{n} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = e^{\wedge} \left[- \left(\frac{5 - 0}{102} \right)^{0,95} \right]$$

$$R(t) = 0,9446$$

$$R(t) = 94,46 \%$$

Dado que la confiabilidad se la debe realizar para todos los 62 puntos, para evitar que la tarea se vuelva tediosa se utilizara una hoja de cálculo. La cual se muestra a continuación.

Tabla 37. Fiabilidad de Weibull para la máquina Hydraulic Press Brake.

Fiabilidad Weibull					
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa	R(t)	R(t) %
1	5	0,0112	1,12%	0,9446	94,46%
2	7	0,0272	2,72%	0,9245	92,45%
3	23	0,0433	4,33%	0,7843	78,43%
4	25	0,0593	5,93%	0,7688	76,88%
5	35,5	0,0753	7,53%	0,6929	69,29%
6	45	0,0913	9,13%	0,6315	63,15%
7	45	0,1074	10,74%	0,6315	63,15%
8	45,5	0,1234	12,34%	0,6285	62,85%

Fiabilidad Weibull					
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa	R(t)	R(t) %
9	46	0,1394	13,94%	0,6254	62,54%
10	48	0,1554	15,54%	0,6134	61,34%
11	54	0,1715	17,15%	0,579	57,90%
12	58,6	0,1875	18,75%	0,554	55,40%
13	60	0,2035	20,35%	0,5466	54,66%
14	67	0,2196	21,96%	0,5113	51,13%
15	67	0,2356	23,56%	0,5113	51,13%
16	68	0,2516	25,16%	0,5065	50,65%
17	73	0,2676	26,76%	0,483	48,30%
18	76	0,2837	28,37%	0,4695	46,95%
19	78	0,2997	29,97%	0,4607	46,07%
20	78,5	0,3157	31,57%	0,4585	45,85%
21	78,5	0,3317	33,17%	0,4585	45,85%
22	80	0,3478	34,78%	0,4521	45,21%
23	80	0,3638	36,38%	0,4521	45,21%
24	90	0,3798	37,98%	0,4115	41,15%
25	90	0,3958	39,58%	0,4115	41,15%
26	90	0,4119	41,19%	0,4115	41,15%
27	93	0,4279	42,79%	0,4001	40,01%
28	95	0,4439	44,39%	0,3927	39,27%
29	99,5	0,4599	45,99%	0,3766	37,66%
30	100	0,476	47,60%	0,3748	37,48%
31	100,5	0,492	49,20%	0,3731	37,31%
32	105	0,508	50,80%	0,3578	35,78%
33	108	0,524	52,40%	0,3479	34,79%
34	110	0,5401	54,01%	0,3415	34,15%
35	112,5	0,5561	55,61%	0,3337	33,37%
36	113	0,5721	57,21%	0,3321	33,21%
37	115	0,5881	58,81%	0,326	32,60%
38	119	0,6042	60,42%	0,3142	31,42%
39	120	0,6202	62,02%	0,3113	31,13%
40	120	0,6362	63,62%	0,3113	31,13%
41	120	0,6522	65,22%	0,3113	31,13%
42	120	0,6683	66,83%	0,3113	31,13%
43	120	0,6843	68,43%	0,3113	31,13%
44	120	0,7003	70,03%	0,3113	31,13%
45	120	0,7163	71,63%	0,3113	31,13%
46	120	0,7324	73,24%	0,3113	31,13%
47	120	0,7484	74,84%	0,3113	31,13%
48	120	0,7644	76,44%	0,3113	31,13%
49	120	0,7804	78,04%	0,3113	31,13%
50	120	0,7965	79,65%	0,3113	31,13%

Fiabilidad Weibull					
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa	R(t)	R(t) %
51	120	0,8125	81,25%	0,3113	31,13%
52	120	0,8285	82,85%	0,3113	31,13%
53	120	0,8446	84,46%	0,3113	31,13%
54	120	0,8606	86,06%	0,3113	31,13%
55	120	0,8766	87,66%	0,3113	31,13%
56	120	0,8926	89,26%	0,3113	31,13%
57	120	0,9087	90,87%	0,3113	31,13%
58	120	0,9247	92,47%	0,3113	31,13%
59	120	0,9407	94,07%	0,3113	31,13%
60	120	0,9567	95,67%	0,3113	31,13%
61	120	0,9728	97,28%	0,3113	31,13%
62	120	0,9888	98,88%	0,3113	31,13%

Fuente: Autor

Establecida la fiabilidad es necesario expresarla en un gráfico el cual pueda ser interpretado con facilidad.

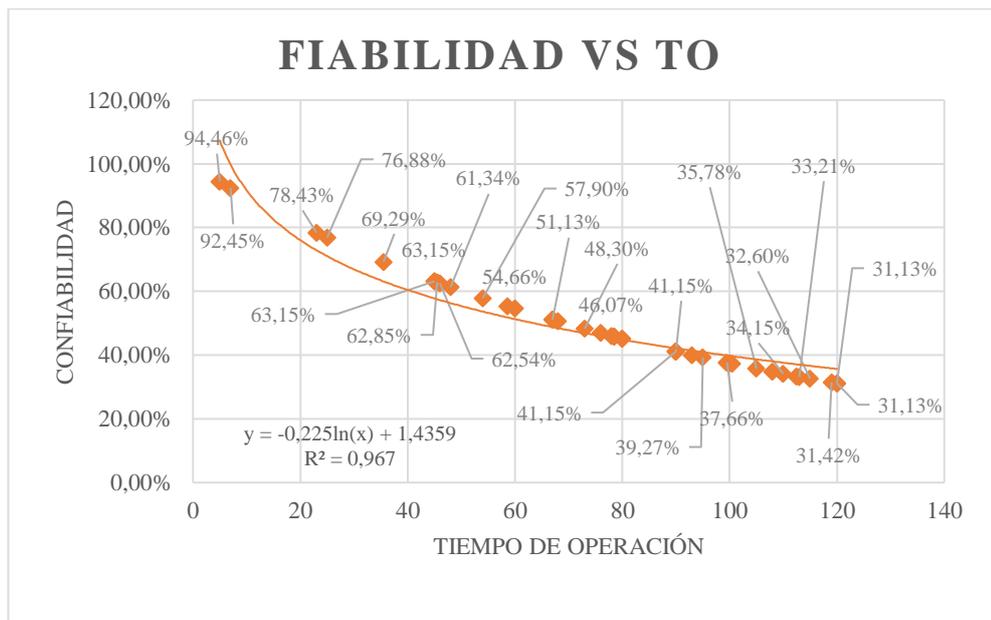


Figura 38.- Fiabilidad de Weibull vs Tiempo de Operación (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

En la gráfica se puede diferenciar claramente el valor de mayor confiabilidad siendo este igual a 94,46% para un tiempo de operación T_{o1} igual a 5 horas. La tendencia que muestra la gráfica es logarítmica mostrando que los puntos se relacionan entre sí. Como segundo punto de confirmación tenemos el valor de correlación cercano a la unidad siendo este igual a 0,967. El valor numérico como fiabilidad inferior es de 31,13 % para un tiempo de operación de 120 horas. Valor tope para la mencionada máquina dado que se trabajó con un valor de 4 horas por día, 120 al mes. La máquina se encuentra en un periodo de la curva de bañera denominado como infantil, además de mostrar una tasa de fallos decreciente aseverando que la máquina no tiene mucho tiempo de trabajo cosa que es verdad dado que esta máquina fue adquirida en el 2016.

3.3.5. Modelo gráfico de Weibull Hydraulic Shearing Machine.

Tabla 38. Cálculo de falla acumulativa para la máquina Hydraulic Shearing Machine.

Falla Acumulativa			
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa
1	25	0,0148	1,48%
2	36	0,0359	3,59%
3	40	0,057	5,70%
4	40	0,0781	7,81%
5	45	0,0992	9,92%
6	45	0,1203	12,03%
7	50	0,1414	14,14%
8	50	0,1624	16,24%
9	55	0,1835	18,35%
10	56	0,2046	20,46%
11	56	0,2257	22,57%
12	67	0,2468	24,68%
13	68	0,2679	26,79%
14	70	0,289	28,90%
15	70	0,3101	31,01%
16	75	0,3312	33,12%
17	75	0,3523	35,23%
18	75	0,3734	37,34%
19	78	0,3945	39,45%

Falla Acumulativa			
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa
20	80	0,4156	41,56%
21	80	0,4367	43,67%
22	80	0,4578	45,78%
23	80	0,4789	47,89%
24	85	0,5	50,00%
25	88	0,5211	52,11%
26	90	0,5422	54,22%
27	90	0,5633	56,33%
28	90	0,5844	58,44%
29	90	0,6055	60,55%
30	90	0,6266	62,66%
31	90	0,6477	64,77%
32	90	0,6688	66,88%
33	90	0,6899	68,99%
34	90	0,711	71,10%
35	90	0,7321	73,21%
36	90	0,7532	75,32%
37	90	0,7743	77,43%
38	90	0,7954	79,54%
39	90	0,8165	81,65%
40	90	0,8376	83,76%
41	90	0,8586	85,86%
42	90	0,8797	87,97%
43	90	0,9008	90,08%
44	90	0,9219	92,19%
45	90	0,943	94,30%
46	90	0,9641	96,41%
47	90	0,9852	98,52%

Fuente: Autor

Establecidos los pares ordenados se procede a colocarlos en la hoja de Weibull para determinar los demás parámetros. La cual será mostrada en los anexos.

Tabla 39. Parámetros de falla para la máquina Hydraulic Shearing Machine.

Parámetros de falla	
P_u	74
β	1
n	117

Fuente: Autor

Procedemos a encontrar la fiabilidad de Weibull con los parámetros encontrados anteriormente y descritos en la tabla 34.

$$R(t) = e^{\wedge} \left[- \left(\frac{t_0 - \gamma}{n} \right)^{\beta} \right]$$

$$R(t) = e^{\wedge} \left[- \left(\frac{25 - 0}{117} \right)^{1,0} \right]$$

$$R(t) = 0,8076$$

$$R(t) = 80,76 \%$$

La confiabilidad será realizada para todos los 47 puntos, para evitar que la tarea se vuelva tediosa se utilizara una hoja de cálculo. La cual se muestra a continuación.

Tabla 40. Fiabilidad de Weibull para la máquina Hydraulic Shearing Machine.

Falla Acumulativa					
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa	R(t)	R(t) %
1	25	0,0148	1,48%	0,5329	53,29%
2	36	0,0359	3,59%	0,4955	49,55%
3	40	0,057	5,70%	0,4845	48,45%
4	40	0,0781	7,81%	0,4845	48,45%
5	45	0,0992	9,92%	0,472	47,20%
6	45	0,1203	12,03%	0,472	47,20%
7	50	0,1414	14,14%	0,4608	46,08%
8	50	0,1624	16,24%	0,4608	46,08%
9	55	0,1835	18,35%	0,4505	45,05%
10	56	0,2046	20,46%	0,4486	44,86%
11	56	0,2257	22,57%	0,4486	44,86%
12	67	0,2468	24,68%	0,4291	42,91%
13	68	0,2679	26,79%	0,4275	42,75%
14	70	0,289	28,90%	0,4244	42,44%
15	70	0,3101	31,01%	0,4244	42,44%
16	75	0,3312	33,12%	0,4168	41,68%
17	75	0,3523	35,23%	0,4168	41,68%
18	75	0,3734	37,34%	0,4168	41,68%
19	78	0,3945	39,45%	0,4125	41,25%

Falla Acumulativa					
Actividad	To(h)	Rango medio	% Falla acumulativa	R(t)	R(t) %
20	80	0,4156	41,56%	0,4097	40,97%
21	80	0,4367	43,67%	0,4097	40,97%
22	80	0,4578	45,78%	0,4097	40,97%
23	80	0,4789	47,89%	0,4097	40,97%
24	85	0,5	50,00%	0,4031	40,31%
25	88	0,5211	52,11%	0,3993	39,93%
26	90	0,5422	54,22%	0,3968	39,68%
27	90	0,5633	56,33%	0,3968	39,68%
28	90	0,5844	58,44%	0,3968	39,68%
29	90	0,6055	60,55%	0,3968	39,68%
30	90	0,6266	62,66%	0,3968	39,68%
31	90	0,6477	64,77%	0,3968	39,68%
32	90	0,6688	66,88%	0,3968	39,68%
33	90	0,6899	68,99%	0,3968	39,68%
34	90	0,711	71,10%	0,3968	39,68%
35	90	0,7321	73,21%	0,3968	39,68%
36	90	0,7532	75,32%	0,3968	39,68%
37	90	0,7743	77,43%	0,3968	39,68%
38	90	0,7954	79,54%	0,3968	39,68%
39	90	0,8165	81,65%	0,3968	39,68%
40	90	0,8376	83,76%	0,3968	39,68%
41	90	0,8586	85,86%	0,3968	39,68%
42	90	0,8797	87,97%	0,3968	39,68%
43	90	0,9008	90,08%	0,3968	39,68%
44	90	0,9219	92,19%	0,3968	39,68%
45	90	0,943	94,30%	0,3968	39,68%
46	90	0,9641	96,41%	0,3968	39,68%
47	90	0,9852	98,52%	0,3968	39,68%

Fuente: Autor

Establecida la fiabilidad es necesario expresarla en un gráfico el cual pueda ser interpretado con facilidad.

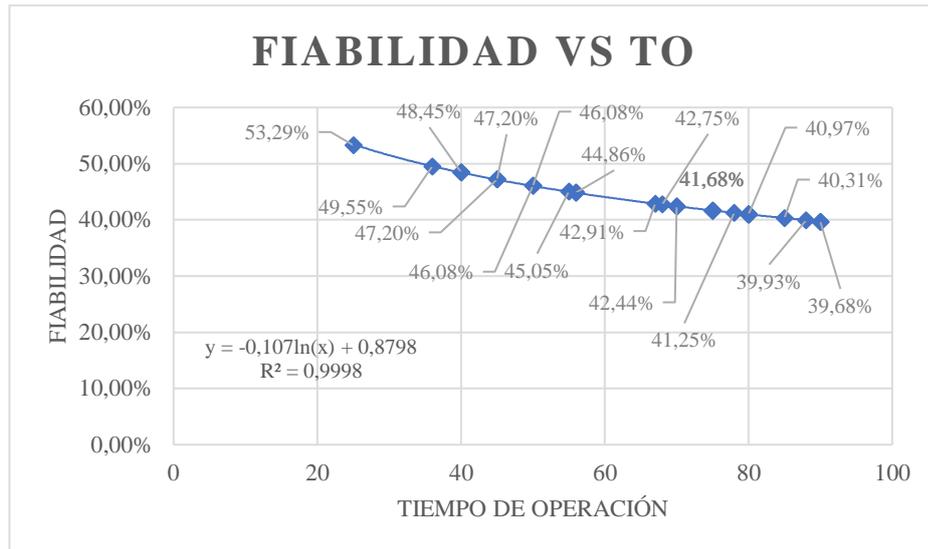


Figura 39.- Fiabilidad de Weibull vs Tiempo de Operación (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

El valor máximo de confiabilidad para esta máquina es igual a 53,29 % para un tiempo de operación T_{o1} igual a 25 horas. La tendencia que muestra la gráfica es logarítmica mostrando que los puntos se relacionan entre sí. Como segundo punto de confirmación tenemos el valor de correlación cercano a la unidad siendo este igual a 0,9998. El valor numérico como fiabilidad inferior es de 39,68 % para un tiempo de operación de 90 horas. Valor tope para la mencionada máquina dado que se trabajó con un valor de 3 horas por día, 90 al mes. La máquina se encuentra en un periodo de la curva de bañera denominado como infantil, además de mostrar una tasa de fallos decreciente aseverando que la máquina no tiene mucho tiempo de trabajo cosa que es verdad dado que esta máquina fue adquirida en el 2016.

3.4. Bitácora de Mantenimiento

3.4.1. Gama de mantenimiento Hydraulic Press Brake.

En este apartado a continuación se detallan las actividades y su respectivo día de realización. Las actividades por realizarse serán establecidas en un calendario determinado para el año 2020. Las actividades seleccionadas para este apartado son

tomadas prioritarias de la matriz AMFE, así como de la confiabilidad de Weibull. Dado que existen actividades complejas se proporcionará un instructivo de realización para las acciones preventivas correspondientes.

Tabla 41. Parámetros generales de identificación para la máquina Hydraulic Press Brake.

GAMA DE MANTENIMIENTO			
Máquina/equipo:	Hydraulic Press Brake	Serie:	121205
Marca:	UNIQUE	Modelo:	WC67Y
Procedencia:	CHINA	Código:	AM-CZH01
Área:	Producción y Corte	Fecha:	N/A

Fuente: Autor

Tabla 42. Identificación coloreada Gama de mantenimiento para la máquina Hydraulic Press Brake.

CENTRADO EN LOS SÁBADOS	
SIMBOLOGÍA	COLOR
DIARIO (Inicio de semana)	
SEMANAL (1er semana)	
MENSUAL (2da o 3er semana)	
TRIMESTRAL (1er semana)	
SEMESTRAL (10/01)	
ANUAL	

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	ENERO																														
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30	31				
Limpieza general de la máquina																															
Revisión de placas antes del plgado																															
Revisión del cableado Exterior																															
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																															
Inspección visual y manual de los pistones																															
Inspección visual de cañerías																															
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																															
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																															
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																															
Inspección visual de espiga																															
Inspección visual del conjunto hidráulico																															
Inspección visual de mangueras																															
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																															
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																															
Inspección visual de protectores ante corte				■																										■	
Inspección visual de la rótula de la máquina																															
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina									■																						
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																															
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																															
Inspección visual del motor																															
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)				■																										■	
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados				■																											
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																															
Limpieza e inspección del panel de control				■						■						■						■								■	
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																															
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																															
Inspección visual y reemplazo de fluidos																															
Engrasado de la cadena				■																										■	
Inspección del reductor				■						■						■						■								■	
Limpieza de la mesa																															
Purgado obligatorio del fluido																															
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														■	

Figura 40.- Gama de mantenimiento enero O (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	FEBRERO																													
	1	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	26	27	28	29							
Limpieza general de la máquina																														
Revisión de placas antes del plagado																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																														
Inspección visual y manual de los pistones																														
Inspección visual de cañerías																														
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																														
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																														
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																														
Inspección visual de espiga																														
Inspección visual del conjunto hidráulico																														
Inspección visual de mangueras																														
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección visual de protectores ante corte																														
Inspección visual de la rótula de la máquina																														
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																														
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																														
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																														
Inspección visual del motor																														
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																														
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																														
Limpieza e inspección del panel de control																														
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																														
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																														
Inspección visual y reemplazo de fluidos																														
Engrasado de la cadena																														
Inspección del reductor																														
Limpieza de la mesa																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 41.- Gama de mantenimiento febrero (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	ABRIL																													
	1	2	3	4	6	7	8	12	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30						
Limpieza general de la máquina																														
Revisión de placas antes del plagado																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la máquina)																														
Inspección visual y manual de los pistones																														
Inspección visual de cañerías																														
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																														
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																														
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																														
Inspección visual de espiga																														
Inspección visual del conjunto hidráulico																														
Inspección visual de mangueras																														
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección visual de protectores ante corte																														
Inspección visual de la rótula de la máquina																														
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																														
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																														
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																														
Inspección visual del motor																														
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																														
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																														
Limpieza e inspección del panel de control																														
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																														
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																														
Inspección visual y reemplazo de fluidos																														
Engrasado de la cadena																														
Inspección del reductor																														
Limpieza de la mesa																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 43.- Gama de mantenimiento abril (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	MAYO																													
	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30				
Limpieza general de la máquina	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Revisión de placas antes del plagado	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Revisión del cableado Exterior	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Inspección visual y manual de los pistones																														
Inspección visual de cañerías																														
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																														
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																														
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																														
Inspección visual de espiga																														
Inspección visual del conjunto hidráulico																														
Inspección visual de mangueras																														
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección visual de protectores ante corte		■																												
Inspección visual de la rótula de la máquina																														
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																														
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																														
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																														
Inspección visual del motor																														
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)		■																												
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados		■																												
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento		■																												
Limpieza e inspección del panel de control								■						■						■							■			
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																														
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																														
Inspección visual y reemplazo de fluidos																														
Engrasado de la cadena		■																												
Inspección del reductor									■					■						■							■			
Limpieza de la mesa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Purgado obligatorio del fluido																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																											■			

Figura 44.- Gama de mantenimiento mayo (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	JUNIO																													
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	29	30				
Limpieza general de la máquina																														
Revisión de placas antes del plagado																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																														
Inspección visual y manual de los pistones																														
Inspección visual de cañerías																														
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																														
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																														
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																														
Inspección visual de espiga																														
Inspección visual del conjunto hidráulico																														
Inspección visual de mangueras																														
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección visual de protectores ante corte																														
Inspección visual de la rótula de la máquina																														
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																														
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																														
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																														
Inspección visual del motor																														
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																														
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																														
Limpieza e inspección del panel de control																														
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																														
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																														
Inspección visual y reemplazo de fluidos																														
Engrasado de la cadena																														
Inspección del reductor																														
Limpieza de la mesa																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 45.- Gama de mantenimiento junio (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	JULIO																														
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30	31				
Limpieza general de la máquina																															
Revisión de placas antes del plagado																															
Revisión del cableado Exterior																															
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																															
Inspección visual y manual de los pistones																															
Inspección visual de cañerías																															
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																															
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																															
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																															
Inspección visual de espiga																															
Inspección visual del conjunto hidráulico																															
Inspección visual de mangueras																															
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																															
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																															
Inspección visual de protectores ante corte																															
Inspección visual de la rótula de la máquina																															
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																															
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																															
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																															
Inspección visual del motor																															
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																															
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																															
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																															
Limpieza e inspección del panel de control																															
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																															
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																															
Inspección visual y reemplazo de fluidos																															
Engrasado de la cadena																															
Inspección del reductor																															
Limpieza de la mesa																															
Purgado obligatorio del fluido																															
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																															

Figura 46.- Gama de mantenimiento julio (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																													
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	28	29	30				
Limpieza general de la máquina																														
Revisión de placas antes del plagado																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																														
Inspección visual y manual de los pistones																														
Inspección visual de cañerías																														
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																														
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																														
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																														
Inspección visual de espiga																														
Inspección visual del conjunto hidráulico																														
Inspección visual de mangueras																														
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección visual de protectores ante corte																														
Inspección visual de la rótula de la máquina																														
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																														
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																														
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																														
Inspección visual del motor																														
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																														
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																														
Limpieza e inspección del panel de control																														
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																														
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																														
Inspección visual y reemplazo de fluidos																														
Engrasado de la cadena																														
Inspección del reductor																														
Limpieza de la mesa																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 48.- Gama de mantenimiento septiembre (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	OCTUBRE																														
	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31				
Limpieza general de la máquina																															
Revisión de placas antes del plagado																															
Revisión del cableado Exterior																															
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																															
Inspección visual y manual de los pistones																															
Inspección visual de cañerías																															
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																															
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																															
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																															
Inspección visual de espiga																															
Inspección visual del conjunto hidráulico																															
Inspección visual de mangueras																															
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																															
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																															
Inspección visual de protectores ante corte																															
Inspección visual de la rótula de la máquina																															
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																															
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																															
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																															
Inspección visual del motor																															
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																															
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																															
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																															
Limpieza e inspección del panel de control																															
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																															
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																															
Inspección visual y reemplazo de fluidos																															
Engrasado de la cadena																															
Inspección del reductor																															
Limpieza de la mesa																															
Purgado obligatorio del fluido																															
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																															

Figura 49.- Gama de mantenimiento octubre (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	NOVIEMBRE																													
	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	30							
Limpieza general de la máquina																														
Revisión de placas antes del plagado																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																														
Inspección visual y manual de los pistones																														
Inspección visual de cañerías																														
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																														
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																														
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																														
Inspección visual de espiga																														
Inspección visual del conjunto hidráulico																														
Inspección visual de mangueras																														
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																														
Inspección visual de protectores ante corte																														
Inspección visual de la rótula de la máquina																														
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																														
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																														
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																														
Inspección visual del motor																														
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																														
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																														
Limpieza e inspección del panel de control																														
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																														
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																														
Inspección visual y reemplazo de fluidos																														
Engrasado de la cadena																														
Inspección del reductor																														
Limpieza de la mesa																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 50.- Gama de mantenimiento noviembre (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	DICIEMBRE																																				
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	26	28	29	30	31												
Limpieza general de la máquina																																					
Revisión de placas antes del plagado																																					
Revisión del cableado Exterior																																					
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																																					
Inspección visual y manual de los pistones																																					
Inspección visual de cañerías																																					
Medición de amperajes en las electroválvulas 3 a 3,5 A																																					
Desmontaje de electroválvulas y limpieza de vías																																					
Revisar presión de trabajo 1,5 veces el valor de campo de presión																																					
Inspección visual de espiga																																					
Inspección visual del conjunto hidráulico																																					
Inspección visual de mangueras																																					
Inspección metodológica de la matriz principal por medio de Tintas penetrantes																																					
Inspección metodológica de la placa roscada principal por medio de Tintas penetrantes																																					
Inspección visual de protectores ante corte																																					
Inspección visual de la rótula de la máquina																																					
Cambio de cables conexión trifásica hacia la máquina																																					
Inspección visual de la mesa de trabajo y soporte																																					
Inspección visual y desmontaje del microprocesador de trabajo																																					
Inspección visual del motor																																					
Limpieza de la caja de control (Revisión de contactores)																																					
Inspección visual y limpieza de los ejes cromados																																					
Inspección visual y limpieza del pedal de accionamiento																																					
Limpieza e inspección del panel de control																																					
Cambio de empaques de la bomba hidráulica																																					
Inspección, desmontaje y limpieza del manómetro																																					
Inspección visual y reemplazo de fluidos																																					
Engrasado de la cadena																																					
Inspección del reductor																																					
Limpieza de la mesa																																					
Purgado obligatorio del fluido																																					
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																																					

Figura 51.- Gama de mantenimiento diciembre (Hydraulic Press Brake)

Fuente: Autor

3.4.2. Gama de mantenimiento Hydraulic Shearing Machine.

Dado que una de las recomendaciones por parte de la empresa fue que los días de trabajo no se crucen, más bien se complemente se optó por los sábados para la máquina plegadora y los lunes para la cortadora. Generando así que el trabajo de mantenimiento no se obstruya, más bien este se complemente.

Tabla 43. Parámetros generales de identificación para la máquina Hydraulic Shearing Machine.

GAMA DE MANTENIMIENTO			
Máquina/equipo:	Hydraulic Shearing Machine	Serie:	121207
Marca:	UNIQUE	Modelo:	QC12Y
Procedencia:	CHINA	Código:	AM-PGH01
Área:	Producción y Corte	Fecha:	N/A

Fuente: Autor

Tabla 44. Identificación coloreada Gama de mantenimiento para la máquina Hydraulic Press Brake.

CENTRADO EN LOS LUNES	
SIMBOLOGÍA	COLOR
DIARIO (Inicio de semana)	
SEMANAL (1er semana)	
MENSUAL (2da o 3er semana)	
TRIMESTRAL (1er semana)	
SEMESTRAL (10/01)	
ANUAL	

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	ENERO																														
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30	31				
Limpieza general de la máquina																															
Revisión del cableado Exterior																															
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																															
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																															
Reemplazo de la espiga inferior																															
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo del pestillo																															
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																															
Reemplazo de rodamiento																															
Inspección y limpieza de electroválvulas																															
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																															
Inspección de los acoplamientos interior y exterior (Tintas penetrantes)																															
Inspección y engrase de la cadena																															
Análisis e inspección del plato de resortes																															
Inspección y reemplazo de cableado exterior																															
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																															
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																															
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																															
Limpieza, revisión del panel de control																															
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																															
Inspección y limpieza de cañerías																															
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																															
Análisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																															
Revisión del nivel de fluido																															
Revisión del pedal de accionamiento																															
Purgado obligatorio del fluido																															
Revisión de chapa protectora ante corte																															
Reemplazo de empaques																															
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																															
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																															

Figura 52.- Gama de mantenimiento enero (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	FEBRERO																													
	1	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	26	27	28	29							
Limpieza general de la máquina																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																														
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																														
Reemplazo de la espiga inferior																														
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo del pestillo																														
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																														
Reemplazo de rodamiento																														
Inspección y limpieza de electroválvulas																														
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																														
Inspección de los acoplamientos interior y exterior (Tintas penetrantes)																														
Inspección y engrase de la cadena																														
Análisis e inspección del plato de resortes																														
Inspección y reemplazo de cableado exterior																														
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																														
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																														
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																														
Limpieza, revisión del panel de control																														
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																														
Inspección y limpieza de cañerías																														
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Análisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																														
Revisión del nivel de fluido																														
Revisión del pedal de accionamiento																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Revisión de chapa protectora ante corte																														
Reemplazo de empaques																														
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 53.- Gama de mantenimiento febrero (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	MARZO																														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Limpieza general de la máquina																															
Revisión del cableado Exterior																															
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																															
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																															
Reemplazo de la espiga inferior																															
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo del pestillo																															
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																															
Reemplazo de rodamiento																															
Inspección y limpieza de electroválvulas																															
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																															
Inspección de los acoplamiento interior y exterior (Tintas penetrantes)																															
Inspección y engrase de la cadena																															
Análisis e inspección del plato de resortes																															
Inspección y reemplazo de cableado exterior																															
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																															
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																															
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																															
Limpieza, revisión del panel de control																															
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																															
Inspección y limpieza de cañerías																															
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																															
Análisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																															
Revisión del nivel de fluido																															
Revisión del pedal de accionamiento																															
Purgado obligatorio del fluido																															
Revisión de chapa protectora ante corte																															
Reemplazo de empaques																															
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																															
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																															

Figura 54.- Gama de mantenimiento marzo (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	MAYO																													
	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30				
Limpieza general de la máquina																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																														
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																														
Reemplazo de la espiga inferior																														
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo del pestillo																														
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																														
Reemplazo de rodamiento																														
Inspección y limpieza de electroválvulas																														
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																														
Inspección de los acoplamientos interior y exterior (Tintas penetrantes)																														
Inspección y engrase de la cadena																														
Analisis e inspección del plato de resortes																														
Inspección y reemplazo de cableado exterior																														
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																														
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																														
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																														
Limpieza, revisión del panel de control																														
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																														
Inspección y limpieza de cañerías																														
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Analisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																														
Revisión del nivel de fluido																														
Revisión del pedal de accionamiento																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Revisión de chapa protectora ante corte																														
Reemplazo de empaques																														
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 56.- Gama de mantenimiento mayo (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	JUNIO																													
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	29	30				
Limpieza general de la máquina																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la máquina)																														
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																														
Reemplazo de la espiga inferior																														
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo del pestillo																														
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																														
Reemplazo de rodamiento																														
Inspección y limpieza de electroválvulas																														
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																														
Inspección de los acoplamientos interior y exterior (Tintas penetrantes)																														
Inspección y engrase de la cadena																														
Análisis e inspección del plato de resortes																														
Inspección y reemplazo de cableado exterior																														
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																														
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																														
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																														
Limpieza, revisión del panel de control																														
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																														
Inspección y limpieza de cañerías																														
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Análisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																														
Revisión del nivel de fluido																														
Revisión del pedal de accionamiento																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Revisión de chapa protectora ante corte																														
Reemplazo de empaques																														
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 57.- Gama de mantenimiento junio (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	JULIO																														
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30	31				
Limpieza general de la máquina																															
Revisión del cableado Exterior																															
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																															
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																															
Reemplazo de la espiga inferior																															
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo del pestillo																															
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																															
Reemplazo de rodamiento																															
Inspección y limpieza de electroválvulas																															
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																															
Inspección de los acoplamientos interior y exterior (Tintas penetrantes)																															
Inspección y engrase de la cadena																															
Análisis e inspección del plato de resortes																															
Inspección y reemplazo de cableado exterior																															
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																															
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																															
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																															
Limpieza, revisión del panel de control																															
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																															
Inspección y limpieza de cañerías																															
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																															
Análisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																															
Revisión del nivel de fluido																															
Revisión del pedal de accionamiento																															
Purgado obligatorio del fluido																															
Revisión de chapa protectora ante corte																															
Reemplazo de empaques																															
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																															
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																															

Figura 58.- Gama de mantenimiento julio (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE																													
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	28	29	30				
Limpieza general de la máquina																														
Revisión del cableado Exterior																														
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																														
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																														
Reemplazo de la espiga inferior																														
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																														
Inspección y reemplazo del pestillo																														
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																														
Reemplazo de rodamiento																														
Inspección y limpieza de electroválvulas																														
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																														
Inspección de los acoplamientos interior y exterior (Tintas penetrantes)																														
Inspección y engrase de la cadena																														
Análisis e inspección del plato de resortes																														
Inspección y reemplazo de cableado exterior																														
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																														
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																														
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																														
Limpieza, revisión del panel de control																														
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																														
Inspección y limpieza de cañerías																														
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																														
Análisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																														
Revisión del nivel de fluido																														
Revisión del pedal de accionamiento																														
Purgado obligatorio del fluido																														
Revisión de chapa protectora ante corte																														
Reemplazo de empaques																														
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																														
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																														

Figura 60.- Gama de mantenimiento septiembre (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

ACTIVIDADES	OCTUBRE																														
	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31				
Limpieza general de la máquina																															
Revisión del cableado Exterior																															
Inspección general de la máquina (Revisar objetos sobre, dentro y alrededor de la maquina)																															
Inspección de la bancada por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección de la barra de conexión por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo de cojinetes de fricción																															
Reemplazo de la espiga inferior																															
Inspección de la espiga interior por medio de END (Tintas penetrantes)																															
Inspección y reemplazo del pestillo																															
Inspección y reemplazo del resorte principal del sistema de sujeción																															
Reemplazo de rodamiento																															
Inspección y limpieza de electroválvulas																															
Revisión de amperaje de trabajo 3 a 3,5 A																															
Inspección de los acoplamiento interior y exterior (Tintas penetrantes)																															
Inspección y engrase de la cadena																															
Análisis e inspección del plato de resortes																															
Inspección y reemplazo de cableado exterior																															
Desmontaje y limpieza de la electroválvula de purgado																															
Revisión de amperaje del microprocesador (24 V o 3,4 A)																															
Inspección, desmontaje y revisión del motor CHZE																															
Limpieza, revisión del panel de control																															
Inspección, desmontaje y reemplazo de pines de control																															
Inspección y limpieza de cañerías																															
Limpieza, revisión de la caja de control (Revisión de contactores)																															
Análisis de aspas de corte (Tintas fluorescentes)																															
Revisión del nivel de fluido																															
Revisión del pedal de accionamiento																															
Purgado obligatorio del fluido																															
Revisión de chapa protectora ante corte																															
Reemplazo de empaques																															
Engrase de la espiga del reductor de velocidad																															
Realizar un diagnóstico general por medio del procesador de la máquina																															

Figura 61.- Gama de mantenimiento octubre (Hydraulic Shearing Machine)

Fuente: Autor

3.5.Discusión.

Werner Ulrich (2018) [18] establece un criterio interesante al determinar los parámetros de Weibull. En su trabajo asevera que un bajo número de Weibull en combinación con un bajo factor de localización generan una baja fiabilidad en el modelo. Dicha mención fue tomada en consideración en el trabajo a la vez que el factor de localización fue considerado como cero dado que no se requiere de una predicción o distribución de Weibull modificada, es decir no se requiere de una predicción para un tiempo $T(x)_i$.

Por otra parte, Hanlin Liu (2019) [19] establece una combinación mediante la distribución de Poisson la cual puede ser de suma importancia cuando los datos están dispersados en la gráfica evitando establecer la misma. Punto el cual fue previamente identificado y evitado en el desarrollo de este documento para el matemático y el gráfico dado que la metodología gráfica no posee una confiabilidad mayor al 95%.

En las figuras.-38 y 39 mostrada con anterioridad es obviamente visible la línea de tendencia decreciente para el mencionado modelo lo que determina que a medida que el tiempo transcurre la fiabilidad de los componentes y/o máquinas decrementa, enunciado el cual tiene toda lógica. S. Rastayesh (2018) [20] es su trabajo titulado como Reliability assessment of power conditioner considering maintenance in a PEM fuel cell system utiliza la estimación de Weibull logrando denotar lo siguiente, si el parámetro de forma es igual o menor a la unidad la gráfica se convierte en una distribución exponencial además de agregar un parámetro de localización despreciable como es el caso de este trabajo. Si el factor de forma es mayor que la unidad la función de densidad probabilística tendrá el mayor valor. Para el caso que el factor de forma sea igual a la unidad, este se puede igualar creando una relación directa entre el parámetro de escala y el parámetro de falla también denominado tasa de fallos. Solo si y solo si el factor de forma es igual a 3,5 la distribución del método se convierte en una distribución normal.

David Maldonado Ayala y José Návar Chaidez (2002) [21] establecen que el método de criterios sin ponderar es altamente confiable al momento de establecer y ajustar

parámetros como es el caso de la metodología de Hahn y Shapiro (1967) en el cual relaciona el coeficiente y asimetría con el parámetro de forma. Ambos pueden ser ajustados mediante un método iterativo. Dejando en evidencia que de ser el caso los factores de Weibull pueden ser reajustados según la situación lo amerite.

CAPITULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Mediante población finita con un valor de 1,66 puntos se determinó que de la muestra total de 40 máquinas existentes en la Empresa “Carrocerías Jacome” se deberá tomar como una muestra representativa dos de ellas por lo que se optó por la opinión del ingeniero de planta principal de la Empresa. Persona la cual denotó que las máquinas más representativas son la plegadora y cortadora industrial. Para este cálculo se trabajó con una precisión genérica del 15 % dado que si consideramos el número total de población este es reducido, por consiguiente, no requiere de mucha precisión.
- Como primer parámetro esencial para la estructuración de un plan de manteniendo tenemos el despiece de la máquina o equipo, es decir, la división en sistemas, subsistemas y componentes. Para entender de mejor manera este parámetro se tomará como ejemplo a la plegadora industrial la que fue denotada como Hydraulic Press Brake, esta fue dividida en 4 subsistemas; sistema de elevación, sistema estructural, sistema eléctrico e hidráulico. La segunda máquina denotada como Hydraulic Shearing Machine fue dividida en 3 subsistemas; sistemas estructural, corte y control. El segundo parámetro abarca las características sobre las cuales se presenta el daño, dicho de otra manera, análisis del fallo. Este parámetro es ampliamente analizado y estructurado en la matriz AMFE. El tercer parámetro es la jerarquización de cada uno de los componentes dado que de esto dependerá a cuál de todos se le dará mayor atención. Como ultimo parámetro tenemos el detalle de tiempos como, por ejemplo: tiempo de operación, tiempo muerto y tiempo de paro.
- Con el propósito de conocer el estado de la maquinas fue indispensable partir por la realización de la matriz AMFE al establecer un número concreto de componentes. La Matriz AMFE para la máquina Hydraulic Press Brake fue

establecida con 77 componentes, de los cuales se pudo obtener un NPR medio de 34,28 unidades obviando el hecho que en la NTP 679 menciona que un valor numérico superior a 100 unidades será determinado como crítico. De esta manera se pudo obtener un valor mayor de elementos críticos anexando varios a la lista con un conteo final de 27 elementos críticos para los cuales la gama de mantenimiento deberá ser establecida. En cuanto a la Matriz AMFE para la máquina Hydraulic Shearing Machine esta fue establecida con 55 componentes, de los cuales se pudo obtener un NPR medio de 72,17. Con un conteo final de 21 elementos críticos. Llegando a la conclusión que la máquina se encuentra en un estado inicial de daños o también llamado período infantil.

- El estadístico para la máquina Hydraulic Press Brake con una tasa de fallos constante muestra que la mayor disponibilidad con un valor de 99,21 % se produce cuando el MTBF es igual a 119,37 horas. Además, que la menor disponibilidad con un valor de 97,69 % se produce cuando el MTBF es igual a 120 horas. La mayor disponibilidad en la máquina es del 99,210 % se produce cuando el MTTR (tiempo medio entre reparaciones) es igual a 0,95 horas.
- Para la máquina Hydraulic Shearing Machine la mayor disponibilidad es del 99,01 % cuando el MTBF es de 81,67 horas. La menor disponibilidad 94,76 % cuando el MTBF es igual a 45,25 horas. La mayor disponibilidad en la máquina es del 99,01 % se produce cuando el MTTR es igual a 0,817 horas. A su vez la menor disponibilidad 94,74% cuando el MTTR es igual a 2,5 horas.
- Mediante el modelo matemático se obtuvo la segunda fiabilidad del proyecto técnico con la cual se pudo evidenciar que para la máquina Hydraulic Press Brake con un tiempo de operación de 120 horas, con una tasa de fallos constante igual a 0,0096 unidades la fiabilidad fue 31,60 % a la vez que mediante Weibull la fiabilidad fue de 34,72 % con el mismo tiempo de operación. Para la máquina Hydraulic Shearing Machine los valores de fiabilidad con tasa de fallos constante de 0,0114 y Weibull fueron los siguientes 35,80 % y 36,11 % respectivamente.
- El modelo gráfico de Weibull para la máquina Hydraulic Press Brake mostro que los valores de los parámetros más importantes son 0,95 para el parámetro de forma (β), 0 para el parámetro de localización (γ) y 102 para el parámetro

de Weibull (n) generando una fiabilidad de 31,13% para el mismo tiempo de operación previamente establecido.

- El análisis de la máquina Hydraulic Shearing Machine que el valor de los parámetros de Weibull fueron los siguientes 1 para (β), 0 para (γ) y 117 para el parámetro de Weibull generando una fiabilidad de 46,34 %. Todos estos datos mostraron que las máquinas se encuentran en un periodo infantil en la curva de la bañera o también denominado estado de fallas tempranas.
- Las gamas de mantenimiento fueron establecidas acorde a los requerimientos puntuales de la empresa, los cuales fueron los siguientes, los días para la Hydraulic Press Brake mientras que los días lunes para la Hydraulic Shearing Machine. Los días de realización para las actividades fueron las primeras y segundas semanas de cada mes respectivamente.

4.2. Recomendaciones

- En cuanto a población finita es de suma importante recordar incrementar el valor de la precisión a medida el tamaño de la muestra también se incrementa.
- La asimilación de información por parte del autor del plan debe ser la más apropiada dado que los datos deber ser reales, ordenados y su tiempo no debe exceder los dos años.
- Con el objetivo de mejorar la fiabilidad se debe prestar mayor atención a la realización de los cálculos dado que la media, varianza y la mediana varían en decimales y estas deben jugar entre los 5 a 6 dígitos. Se recomienda la utilización de una hoja de cálculo Excel.
- Para el método grafico se recomienda que la hoja de Weibull debe estar en perfectas condiciones eso quiere decir que esta debe verse los más legible posible dado que los parámetros de forma, y el número de Weibull son parte primordial del cálculo de la fiabilidad.
- Se recomienda que las gamas de mantenimiento deben ser establecidas de manera que estas no comprometan los horarios de trabajo, así como poseer un instructivo en caso de que los trabajos sean complejos y la empresa no posea personal de mantenimiento apropiado destinado para este hecho.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Carlos, Elaboraciones de planes de mantenimiento para equipos de área de agua y vapor en plumrose, S.A.: Sartenejas, 2013.
- [2] J. Olivares Pacheco, H. Cornide Reyes y M. Monasterio, «Una extensión de la distribución Weibull de dos parámetros,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2010.
- [3] M. G. Mago, L. Vallés Defendine y J. J. Olaya Florez, «Determinación de la confiabilidad o tiempo promedio entre fallas (TPEF) en transformadores de distribución,» Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela, 2014.
- [4] F. Sgarbossa, I. Zennaro, E. Florian y A. Persona, «Impacts of Weibull parameters estimation on preventive maintenance cost,» IFAC, Londres, 2018.
- [5] H. Javanmard, *Optimizing the preventive maintenance scheduling by genetic algorithm based on cost and reliability in NAcional Iranian Drilling*, Iran: Wahhab Koraeizadeh, 2016.
- [6] A. M. Gutierrez, *Mantenimiento - planeación, ejecución y control*, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009.
- [7] D. G. Jaque Puca y A. F. Morales Lluman, «“Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías: interprovincial y bus-tipo en la empresa VARMA S.A. de la ciudad de Ambato.”,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2010.
- [8] *Mantenimiento Industrial. Tecnología de Máquinas*, Chile: Sigma, 2003.
- [9] E. M. Montero, *Estrategias de diseño de Mantenimiento*, Gran BRetaña: Grupo Electrotécnica, 2004.
- [10] T. F. Sánchez Marín, A. Pérez González, P. J. Rodríguez Cervantes y J. L. Sancho Bru, *Mantenimiento mecánico de máquinas*, Argentina: Publicacions de la Universitat Jaume, 2007.
- [11] L. Sigma, *TPM Mantenimiento Productivo Total*, Mexico: Sigma, 2010.
- [12] H. M. Olaya Vargas y R. D. Angel Gasca, *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel*, PEREIRA (RISARALDA): UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2014.

- [13] F. I. Freire Perez, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de Weibull para las inyectoras horizontales de polímeros en la empresa ingeniería diseño de suelas,» UTA, Ambato, 2019.
- [14] R. Orrlols Ramos, M. Belstraten Bellovi y C. Mata Paris, «Análisis modal de fallos y efectos. AMFE,» Ministerio de trabajo y asuntos sociales, Alocha, 2004.
- [15] Road, Trooper, *The Basics Of Predictive/Preventive Maintenance*, USA (Manhattan): Worcester, PA, 2012.
- [16] J. T. d. Pino, NTP 331. Fiabilidad: la distribución de Weibull, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1994.
- [17] World Group, *Introducción de WC67Y Series Hydraulic Press Brake*, Danyang: WORLD Industrial Park, 2016.
- [18] W. Ulrich, R. Nakadaib, T. Matthewsc y Y. Kubotaf, *The two-parameter Weibull distribution as a universal tool to model the variation in species relative abundances*, Toruń, Poland: Nicolaus Copernicus University, 2018.
- [19] L. Xu, C. Yueliang, W. Li y X. Liang, «Research Mechanical Test of Accelerated Aging Method for Carbon Fiber Reinforced Polymer Composites,» Qingdao, Yunnan, 2015.
- [20] I. Sidibe, A. Kathab y K. Adjallah, *Reliability and preventive maintenance analysis of Weibull distributed lifetime systems*, Laquenexy: Ecole national ingénieur de Metz, 2013.
- [21] D. Maldonado Ayala y J. Nívar Chaidez, *Ajuste y predicción de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de plantaciones de pino de Durango*, Durango: Xalapa, México, 2002.
- [22] J. Daz Navarro, *Técnicas de Mantenimiento Industrial*, Tihua: Calpe Institute of Technology, 2004.
- [23] S. Fritz , «Weibull Probability Paper,» Kriszts, Kroitzs, 2008.
- [24] W. W. B. Z. H. S. Guoqiang Ji, *Transient outage model considering corrective and preventive maintenance*, Beijing, China: Tsinghua University, 2016.
- [25] P. Hernández y M. Carro, «Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico- práctico,» Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba, 2008.
- [26] A. L. L. K. I. Frenkel, *corrective maintenance and reliability associated cost estimation of aging multi-state Systems*, Riga, Latvia: Transport and Telecommunication Institute, Lomonosov, 2009.

- [27] I. J. J. B. Jara, *Mantenimiento productivo total TPM*, Chile: Universidad Tecnológica de Chile, 2009.
- [28] C. F. Kemerer, *Effective Corrective Maintenance Strategies for Managing Applications*, Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2012.
- [29] P. j. m. e. M. s. m. n. c. L. Kristina Lindvall, *Primary weight maintenance: an observational study exploring candidate variables for intervention*, Sweden: BioMedCentral, 2013.
- [30] H. H. Y. Lee y D. Scott, *Overview of maintenance strategy, acceptable maintenance standard and resources from a building maintenance operation perspective*, Hong Kong: Journal of Building Appraisal, 2008.
- [31] I. J. M. D. A. J. T. N. C. J. J. B. Matthew Schmerer, *Challenges in predicting the evolutionary maintenance of a phage transgene*, Austin Texas: (jbe) Journal of Biological Engineering, 2014.
- [32] J. D. Navarro, *Técnicas de mantenimiento industrial*, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2004.
- [33] R. Bala y R. Govinda, *Reliability analysis and failure rate evaluation of load haul dump machines using Weibull distribution analysis*, India: Dept. of Mining Engineering, NITK Surathkal, 2018.
- [34] H. Liu, *Reliability and maintenance modeling for competing risk processes with Weibull inter-arrival shocks*, Hong Kong: University of Hong Kong, 2019.

ANEXOS

Instructivos para el mantenimiento preventivo de los componentes más críticos.

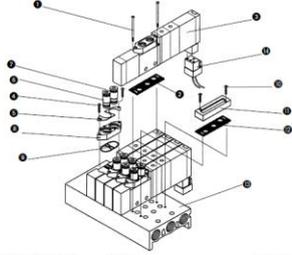
		INSTRUCTIVO DE MÁQUINAS		FE 100	
				Vigencia 12/30/2020	Hoja 1 de 6
COMPONENTE:	Electroválvula	CÓDIGO:	N/A		
MAQUINA:	N/A	AÑO DE FABRICACIÓN:	2020		
MODELO:	N/A	POTENCIA:	N/A		
SERIE:	N/A				
Actividades	Organigrama	Condición de Calidad			
Montaje, cambio de racores y desmontaje del componente	 <p> Valvula con salidas por el cuerpo 1 Tornillo de montaje de la valvula 2 Junta (retén) 3 Válvula 4 Tornillo del bloque de salidas 5 Placa de retención 6 Racor 7 Collet de apriete 8 Bloque de salidas 9 Junta 10 Tornillo de la placa ciega 11 Placa ciega 12 Junta 13 Colector de tierra 14 Conector (electrico) </p>	Manual de usuario para la electroválvulas			
1. Soltar tornillos de retención (4).	<p>INICIO</p> <p>Soltar tornillos de retención (4).</p>	No extraviar los tornillos			
2. Retirar la placa de retención (5) del bloque de salida (8) los racores (6) y la junta de retención (9).	<p>Retirar la placa de retención (5) del bloque de salida (8) los racores (6) y la</p>	No golpear la placa de retención			
3. Suelte los racores 6 del bloque de salida (8).	<p>Suelte los racores 6 del bloque de salida (8).</p> <p>FIN</p>	No extraviar los racores			
En caso de sustitución del racor	<p>INICIO</p>				
1. Coloque el nuevo racor de recambio (6) en el bloque de salida (8).	<p>Coloque el nuevo racor de recambio (6) en el bloque de salida (8).</p>	Una vez extraídos los anteriores racores, extraer los nuevos de su empaque			
2. Coloque el clip de retención (5).	<p>Coloque el clip de retención (5).</p>	No golpear el clip de retención			
3. Compruebe que la junta (9) este colocada idóneamente.	<p>Compruebe que la junta (9) este colocada idóneamente.</p>	Junta cubre el orificio sin necesidad de bordes visibles			
4. Colocar el bloque de salida (8) con el reten (5) y los racores (6).	<p>Colocar el bloque de salida (8) con el reten (5) y los racores</p>	Mantener el reten libre de impurezas			
5. Coloque los tornillos de retención (4) con un par de 0,09N/m	<p>Coloque los tornillos de retención (4) con un par de</p> <p>FIN</p>	Par de torque igual 0,09 N/m			

Figura 64.- Instructivo 1 Electroválvula.

Fuente: Autor

		INSTRUCTIVO DE MÁQUINAS		FE 100	
				Vigencia 12/30/2020	Hoja 2 de 6
COMPONENTE: Cilindro Hidráulico				CÓDIGO:	N/A
MAQUINA: N/A				AÑO DE FABRICACIÓN:	2020
MODELO: N/A				POTENCIA:	N/A
SERIE: N/A					
Actividades	Organigrama	Condición de Calidad			
Montaje y desmontaje del componente para la extracción del anillos interiores		Manual de usuario			
1. Extraer el pistón de la máquina mediante el desprendimiento de las mordazas interiores.	<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> B1[Extraer el pistón de la máquina mediante el desprendimiento de las mordazas interiores.] B1 --> B2[Extraer casquillo guía (1), si no se indicara otra cosa, no dispone de seguro para la rosca.] B2 --> B3[Extraer el casquillo guía (1) con ayuda de una llave de pernos adecuada.] B3 --> B4[Girar el casquillo guía (1) hacia afuera en contra del sentido de las agujas del reloj.] B4 --> B5[Extraer cuidadosamente el vástago del pistón evitando dañar la rosca interior del tubo] B5 --> B6[Reemplazar anillos] B6 --> B7[Introducir el vástago del pistón] B7 --> B8[Enroscar el casquillo guía (1) en el tubo del cilindro (2) girándolo en el sentido de las agujas del reloj con ayuda una llave de pernos adecuada.] B8 --> B9[Revisar la amortiguación final ajustable está disponible tanto para los cilindros diferenciales] B9 --> FIN([FIN]) </pre>	Las mordazas deben estar siempre sujetas			
2. Extraer casquillo guía (1), si no se indicara otra cosa, no dispone de seguro para la rosca.		No golpear el casquillo			
3. Extraer el casquillo guía (1) con ayuda de una llave de pernos adecuada.		Se realizara la extracción únicamente con una llave de pernos			
4. Girar el casquillo guía (1) hacia afuera en contra del sentido de las agujas del reloj.		Sentido de giro horario			
5. Extraer cuidadosamente el vástago del pistón evitando dañar la rosca interior del tubo del cilindro y el pistón.		Extraer y evitar golpes en el vástago			
6. Reemplazar anillos interiores		Los anillos nuevos no deben presentar impurezas (extraerlos de los empaque únicamente al momento del reemplazo)			
7. Introducir el vástago del pistón		Evitar golpes en el vástago			
8. Enroscar el casquillo guía (1) en el tubo del cilindro (2) girándolo en el sentido de las agujas del reloj con ayuda una llave de pernos adecuada.		Giro en sentido horario			
9. Revisar la amortiguación final ajustable está disponible tanto para los cilindros diferenciales como de marcha sincrónica.		Amortiguación basada en el trabajo de la máquina			

Figura 65.- Instructivo 2 Cilindro hidráulico.

Fuente: Autor

		INSTRUCTIVO DE MÁQUINAS		FE 100	
				Vigencia 12/30/2020	Hoja 3 de 6
COMPONENTE:	Rodamiento	CÓDIGO:	N/A		
MAQUINA:	N/A	AÑO DE FABRICACIÓN:	2020		
MODELO:	N/A	POTENCIA:	N/A		
SERIE:	N/A				
Actividades	Organigrama	Condición de Calidad			
Montaje y desmontaje de rodamientos		Manual de usuario SKF			
1. Extraer la tapa principal de eje cromado retirando 4 pares de pernos	<p>INICIO</p> <p>Extraer la tapa principal de eje cromado retirando 4 pares de pernos.</p>	No extraviar los pernos			
2. Retirar el protector del rodamiento	<p>Retirar el protector del rodamiento.</p>	Evitar cortes al retirar el protector			
3. Extraer la guía del ajuste del rodamiento.	<p>Extraer la guía del ajuste del rodamiento.</p>	No doblar la guía			
4. Extraer el rodamiento	<p>Extraer el rodamiento.</p>	En caso que el rodamiento este atascada no extraer el mismo mediante el uso de la fuerza			
5. Verificar que el rodamiento seleccionado tenga la siguiente característica dominante factor de fatiga no inferior a 3,88 unidades.	<p>Verificar que el rodamiento seleccionado tenga la siguiente característica dominante factor de fatiga no inferior a 3,88 unidades.</p>	Fn = 3,88			
6. Reemplazar el rodamiento nuevo	<p>Reemplazar el rodamiento</p>	Extraer el rodamiento del empaque al preciso momento del cambio			
7. Introducir el rodamiento en el eje cónico	<p>Introducir el rodamiento en el eje cónico</p>	Los rodamientos con agujero cónico se montan directamente en el eje cónico o en el eje cilíndrico usando un manguito de fijación o de desmontaje.			
8. Colocar la guía del rodamiento	<p>Colocar la guía del rodamiento.</p>	No doblar la guía			
9. Colocar la tapa principal y los 4 pares de pernos	<p>Colocar la tapa principal y los 4 pares de pernos.</p> <p>FIN</p>	Los tornillos van en el mismo lugar de su extracción			

Figura 66.- Instructivo 3 Rodamiento.

Fuente: Autor

		INSTRUCTIVO DE MÁQUINAS			FE 100	
					Vigencia 12/30/2020	Hoja 4 de 6
COMPONENTE:	Manómetro				CÓDIGO:	N/A
MAQUINA:	N/A				AÑO DE FABRICACIÓN:	2020
MODELO:	N/A				POTENCIA:	N/A
SERIE:	N/A					
Actividades	Organigrama	Condición de Calidad				
Montaje, cambio y desmontaje del manómetro		Manual de usuario Nota técnica Nro.: WSZ-014-VTA				
1. Extraer los 3 pernos principales del grafico	<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Extraer los 3 pernos principales del grafico .] A --> B[Retirar el conjunto armado.] B --> C[Extraer el anillo] C --> D[Extraer el manómetro (parte superior del)] D --> E[Verificar que el manómetro compra con los requerimientos del trabajo.] E --> F[Colocar el manómetro de reemplazo.] F --> G[Verificar el material del t] G --> H[Colocar el conjunto .] H --> I[Colocar el conjunto y los pernos anteriormente extraídos.] I --> FIN([FIN]) </pre>	No extraviar los pernos				
2. Retirar el conjunto armado		Evitar golpes del conjunto				
3. Extraer el anillo		Anillo de cr 15% evitar partículas innecesarias				
4. Extraer el manómetro (parte superior del conjunto)		Girar el manómetro en sentido de las agujas del reloj				
5. Verificar que el manómetro cumpla con los requerimientos del trabajo		Alcance máximo de la escala: 180 kg/cm2				
6. Colocar el manómetro de reemplazo						
7. Verificar el material del tubo		El material de construcción del tubo está especificado en el cuadrante. Si este no estuviera especificado el tubo bourdón está construido en bronce.				
8. Colocar el conjunto		El conjunto solo tiene una posición no olvidar el mismo				
9. Colocar el conjunto y los pernos anteriormente extraídos		Los tornillos van en el mismo lugar de su extracción. (recordar orden de extracción)				

Figura 67.- Instructivo 4 Manómetro.

Fuente: Autor

		INSTRUCTIVO DE MÁQUINAS				FE 100	
						Vigencia 12/30/2020	Hoja 5 de 6
COMPONENTE: Motor Asíncrono						CÓDIGO:	N/A
MAQUINA: N/A						AÑO DE FABRICACIÓN:	2020
MODELO: N/A						POTENCIA:	N/A
SERIE: N/A							
Actividades	Organigrama	Condición de Calidad					
Mantenimiento Preventivo del motor. Acciones a realizar		Manual de usuario Motores trifásicos asíncronos para baja tensión con rotor de jaula.					
1. Comprobación de los cimientos. No deben aparecer fisuras ni otros daños como p. ej. hundimientos o similares.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>Según las especificaciones se debe realizar una vez al año tras aprox. 10.000 horas de servicio una inspección principal del motor.</p> </div>	Motor debe estar estable					
2. Comprobación de la alineación del motor. La alineación del motor se debe encontrar dentro de las tolerancias especificadas.		Alinear el conjunto y controlar acoplamiento					
3. Comprobación de los tornillos de sujeción. Todos los tornillos utilizados en las uniones mecánicas y conexiones eléctricas deben estar firmemente apretados.		Existencia de todos los tornillos					
4. Comprobación de los cables y del material de aislamiento. Durante la comprobación se determina si los cables y los materiales de aislamiento utilizados se encuentran en estado correcto. No deben presentar descoloraciones o incluso señales de quemaduras y no deben estar rotos ni desgarrados ni presentar otros defectos		Los cables de conexión no deben poseer daños, cortes, quemaduras y o rasgaduras					
5. Comprobación de la resistencia de aislamiento.							
6. Comprobación de los parámetros eléctricos.		Voltaje de trabajo igual a 220 V					
7. Comprobación de las temperaturas de los cojinetes. Se comprueba si se superan durante el funcionamiento del motor las temperaturas permitidas de los cojinetes.		Temperatura igual a 40 grados centígrados					
8. Comprobación de los ruidos de funcionamiento. Durante el funcionamiento del motor se comprueba acústicamente si se ha alterado la suavidad de marcha del motor.		Motor acelera difícilmente hasta la velocidad de plan marcha					

Figura 68.- Instructivo 5 Motor Asíncrono.

Fuente: Autor

		INSTRUCTIVO DE MÁQUINAS		FE 100	
				Vigencia 12/30/2020	Hoja 6 de 6
COMPONENTE: END		CÓDIGO: N/A			
MAQUINA: N/A		AÑO DE FABRICACIÓN: 2020			
MODELO: N/A		POTENCIA: N/A			
SERIE: N/A					
Actividades	Organigrama	Condición de Calidad			
Procedimiento de líquidos penetrantes no fluorescentes		ASME V Artículo 6, manuales de END D1.1 y códigos de referencia como ASTM E 709			
1. Extraer los componentes a realizar el ensayo.	<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Extraer los componentes a realizar el ensayo..] A --> B[Limpieza de la pieza a ensayar.] B --> C[Limpieza con solvente..] C --> D[Aplicar el líquido numero 1] D --> E[Aplicar el líquido numero 2] E --> F[Eliminar el exceso del líquido penetrante.] F --> G[Limpiar el penetrante] G --> H[Aplicar el revelador sobre la parte expuesta al procedimiento.] H --> I[Esperar que el revelador actúe por un cierto tiempo.] I --> J[Realizar la inspección visual de la pieza ensayada..] J --> K[Se realiza el levantamiento de información.] K --> FIN([FIN]) </pre>	Extraer los componentes de manera idónea (Evitar golpes innecesarios).			
2. Limpieza de la pieza a ensayar.		Utilizar un cepillo de alambre suave.			
3. Limpieza con solvente		Utilizar un paño humedecido con tñer.			
4. Aplicar el líquido numero 1 (Cleaner)		No colocar mucho de este. Cubrir toda la superficie sin gotear el exceso.			
5. Aplicar el líquido numero 2 (penetrante)		Tiempo de exposición 5 minutos.			
6. Eliminar el exceso del líquido penetrante		Limpiar los excesos con un paño seco.			
7. Limpiar el penetrante		Remover el penetrante de toda la superficie con un paño húmedo.			
8. Aplicar el revelador sobre la parte expuesta al procedimiento.		Mantenerse a una distancia mínima de 25 cm de la pieza expuesta.			
9. Esperar que el revelador actúe por un cierto tiempo		Tiempo de espera 5 minutos.			
10. Realizar la inspección visual de la pieza ensayada.		Buscar fisuras internas o líneas no homogéneas.			
11. Se realiza el levantamiento de información.		Cada discontinuidad debe ser caracterizada y denotada.			

Figura 69.- Instructivo 6 END líquidos penetrantes no fluorescentes.

Fuente: Autor

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^a 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:

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

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

η - parámetro de escala o vida característica

β - 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) o vida mínima y define el punto de partida u origen de la distribución.
- η 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 β ya que como hemos visto su valor no influye en los cálculos realizados. Por esta razón también se le llama usualmente vida característica.
- β 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 β , están representados gráficamente en la Figura 1.

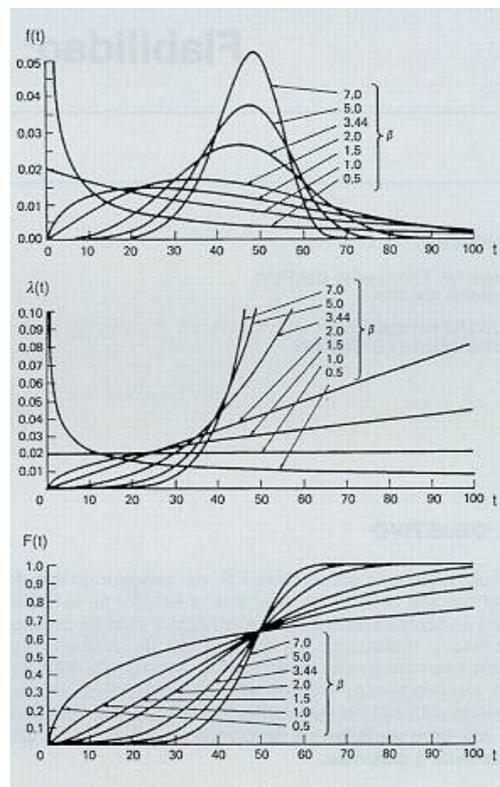


Fig. 1: Variación de la densidad de probabilidad $f(t)$, tasa de fallos $\lambda(t)$ y la función acumulativa de fallos $F(t)$ en función del tiempo para distintos valores del parámetro de forma β

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:
 - 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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:
 - 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 β bajos ($\sim 0,5$) pueden asociarse con ciclos de fatigas bajos y los valores de β más elevados ($\sim 0,8$) con ciclos más altos.
 - 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
 - si $\beta < 1$ podría tratarse de un fallo de juventud antes de su puesta en servicio, como resultado de un margen de seguridad bajo.
 - 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 , η , β) 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 Plait 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

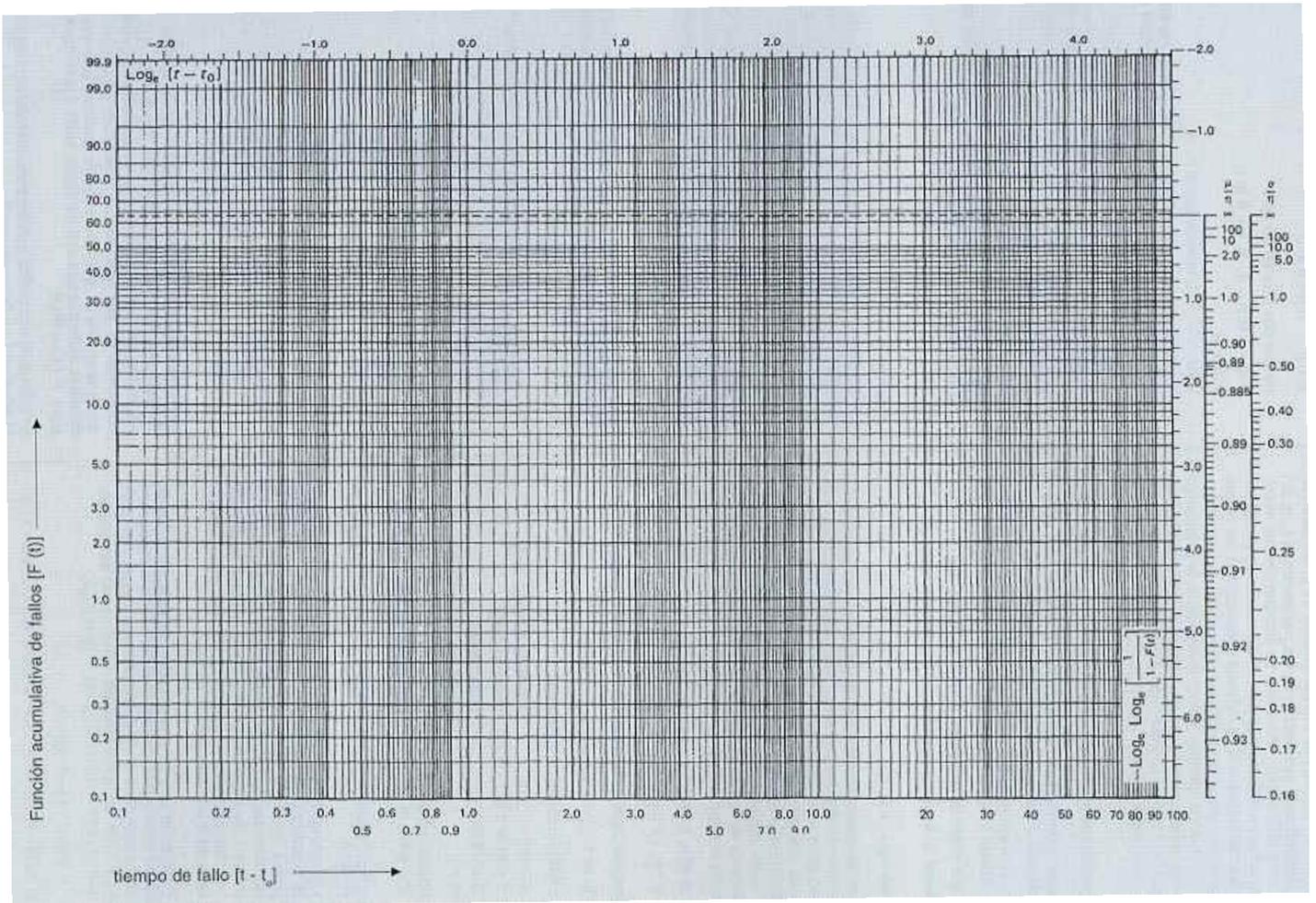


Fig. 2: Muestra del papel de Weibull

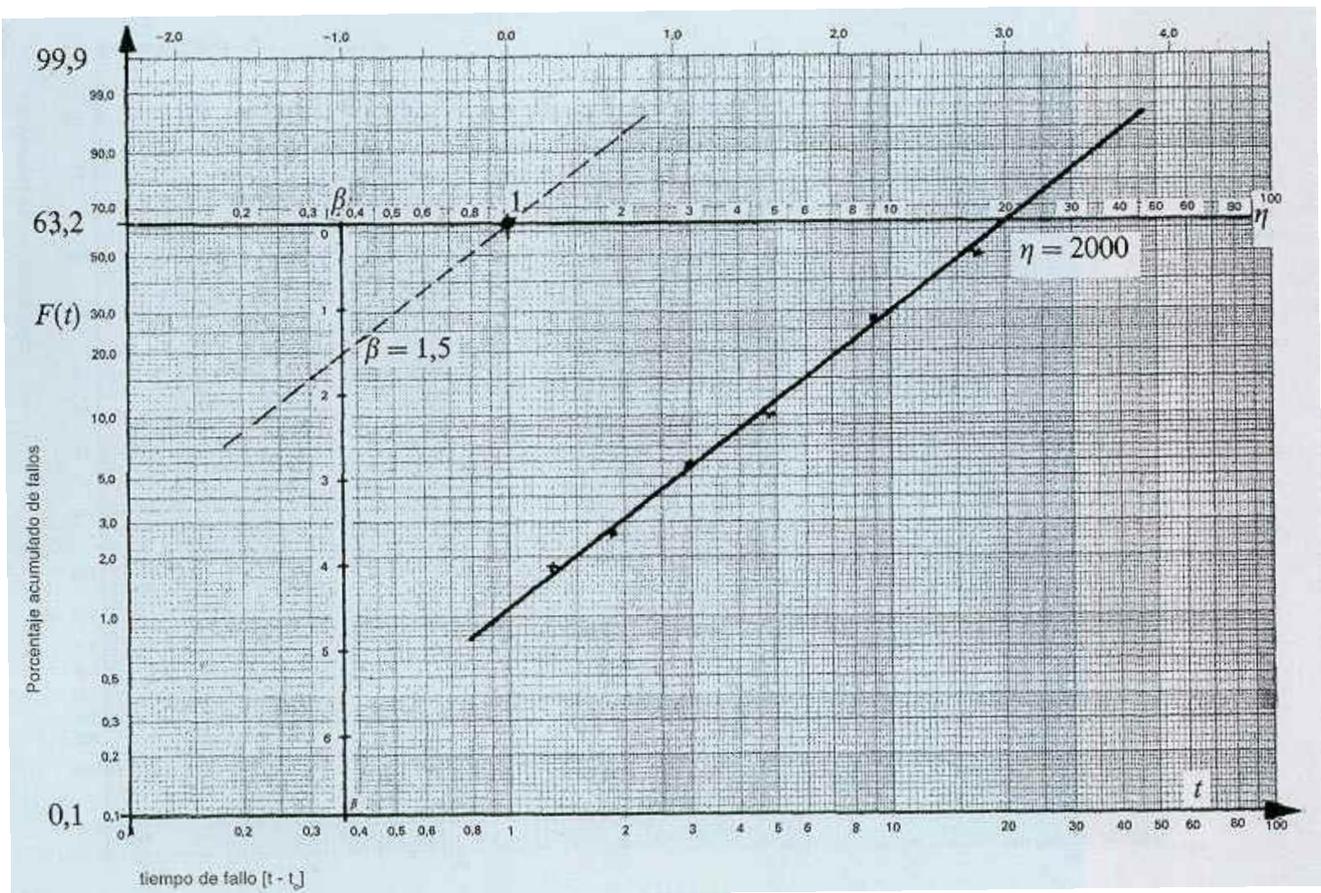


Fig. 3: Lectura de los parámetros h y β en el papel de Weibull

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):

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp - (t / \eta)^\beta$$

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

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 β y η se utiliza el papel de Weibull.

- Cálculo de β : β 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 β en una escala tabulada de 0 a 7. Ver gráfico en fig. 3.
- Cálculo de η : η 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:

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

tendremos que se cumple:

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

$$X = \ln \eta$$

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

η 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 variancia σ : 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:

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

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

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

β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η	β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η
0	∞	∞	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	0,8938	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	0,5000	0,2929	0,2063	0,1591	0,1294	0,1091	0,0943	0,0830	0,0741	0,0670	0,0611	0,0561	0,519	0,0483	0,0452	1
2		0,7071	0,5000	0,3864	0,3147	0,2655	0,2295	0,2021	0,1806	0,1632	0,1489	0,1368	0,1266	0,1178	0,1101	2
3			0,7937	0,6136	0,5000	0,4218	0,3648	0,3213	0,2871	0,2594	0,2366	0,2175	0,2013	0,1873	0,1751	3
4				0,8409	0,6853	0,5782	0,5000	0,4404	0,3935	0,3557	0,3244	0,2982	0,2760	0,2568	0,2401	4
5					0,8706	0,7345	0,6352	0,5596	0,5000	0,4519	0,4122	0,3789	0,3506	0,3263	0,3051	5
6						0,8909	0,7705	0,6787	0,6065	0,5481	0,5000	0,4596	0,4253	0,3958	0,3700	6
7							0,9057	0,7979	0,7129	0,6443	0,5878	0,5404	0,5000	0,4653	0,4350	7
8								0,9170	0,8194	0,7406	0,6756	0,6211	0,5747	0,5347	0,5000	8
9									0,9259	0,8368	0,7634	0,7018	0,6494	0,6042	0,5650	9
10										0,9330	0,8511	0,7825	0,7240	0,6737	0,6300	10
11											0,9389	0,8632	0,7987	0,7432	0,6949	11
12												0,9439	0,8743	0,8127	0,7599	12
13													0,9481	0,8822	0,8249	13
14														0,9517	0,8899	14
15															0,9548	15

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	0,0424	0,0400	0,0378	0,0358	0,0341	0,0330	0,0315	0,0301	0,0288	0,0277	0,0266	0,0256	0,0247	0,0239	0,0231	1
2	0,1034	0,09775	0,0922	0,0874	0,0831	0,0797	0,0761	0,0728	0,0698	0,0670	0,0645	0,0621	0,0599	0,0579	0,0559	2
3	0,1644	0,1550	0,1465	0,1390	0,1322	0,1264	0,1207	0,1155	0,1108	0,1064	0,1023	0,0986	0,0951	0,0919	0,0888	3
4	0,2234	0,2125	0,2009	0,1905	0,1812	0,1731	0,1653	0,1582	0,1517	0,1457	0,1402	0,1351	0,1303	0,1259	0,1217	4
5	0,2865	0,2700	0,2553	0,2421	0,2302	0,2198	0,2099	0,2009	0,1927	0,1851	0,1781	0,1716	0,1655	0,1599	0,1546	5
6	0,3475	0,3275	0,3097	0,2937	0,2793	0,2665	0,2545	0,2437	0,2337	0,2245	0,2159	0,2081	0,2007	0,1939	0,1875	6
7	0,4085	0,3850	0,3641	0,3453	0,3283	0,3132	0,2992	0,2864	0,2746	0,2638	0,2538	0,2445	0,2359	0,2279	0,2204	7
8	0,4695	0,4425	0,4184	0,3968	0,3774	0,3599	0,3438	0,3291	0,3156	0,3032	0,2917	0,2810	0,2711	0,2619	0,2533	8
9	0,5305	0,5000	0,4728	0,4484	0,4264	0,4066	0,3884	0,3718	0,3566	0,3425	0,3295	0,3175	0,3063	0,2959	0,2862	9
10	0,5915	0,5575	0,5272	0,5000	0,4755	0,4533	0,4330	0,4145	0,3975	0,3819	0,3674	0,3540	0,3415	0,3299	0,3191	10
11	0,6525	0,6150	0,5816	0,5516	0,5245	0,5000	0,4776	0,4572	0,4385	0,4212	0,4053	0,3905	0,3767	0,3639	0,3519	11
12	0,7135	0,6725	0,6359	0,6032	0,5736	0,5466	0,5223	0,5000	0,4795	0,4606	0,4431	0,4270	0,4119	0,3979	0,3848	12
13	0,7746	0,7300	0,6903	0,6547	0,6226	0,5933	0,5669	0,5427	0,5204	0,5000	0,4810	0,4635	0,4471	0,4319	0,4177	13
14	0,8356	0,7875	0,7447	0,7063	0,6717	0,6400	0,6115	0,5854	0,5614	0,5393	0,5189	0,5000	0,4823	0,4659	0,4506	14
15	0,8966	0,8450	0,7991	0,7579	0,7207	0,6867	0,6561	0,6281	0,6024	0,5787	0,5568	0,5364	0,5176	0,5000	0,4835	15
16	0,9576	0,9025	0,8535	0,8095	0,7698	0,7334	0,7007	0,6708	0,6433	0,6180	0,5946	0,5729	0,5528	0,5340	0,5164	16
17		0,9600	0,9078	0,8610	0,8188	0,7801	0,7454	0,7135	0,6843	0,6574	0,6325	0,6094	0,5880	0,5680	0,5493	17
18			0,9622	0,9126	0,8678	0,8268	0,7900	0,7562	0,7253	0,6967	0,6704	0,6459	0,6232	0,6020	0,5822	18
19				0,9642	0,9169	0,8735	0,8346	0,7990	0,7662	0,7361	0,7082	0,6824	0,6584	0,6360	0,6151	19
20					0,9659	0,9202	0,8792	0,8417	0,8072	0,7754	0,7461	0,7189	0,6936	0,6700	0,6480	20
21						0,9669	0,9238	0,8844	0,8482	0,8148	0,7840	0,7554	0,7288	0,7040	0,6808	21
22							0,9684	0,9271	0,8891	0,8542	0,8218	0,7918	0,7640	0,7380	0,7137	22
23								0,9698	0,9301	0,8935	0,8597	0,8283	0,7992	0,7720	0,7466	23
24									0,9711	0,9329	0,8976	0,8648	0,8344	0,8060	0,7795	24
25										0,9722	0,9354	0,9013	0,8696	0,8400	0,8124	25
26											0,9733	0,9378	0,9048	0,8740	0,8453	26
27												0,9743	0,9400	0,9080	0,8782	27
28													0,9752	0,9420	0,9111	28
29														0,9760	0,9440	29
30															0,9768	30

La representación de estos puntos en el gráfico de Weibull nos clá prácticamente una recta (fig. 4). La pendiente de esta recta es 1,5 valor que corresponde al parámetro β ; por otro lado se puede ver gráficamente que η 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 $F(t) = 63.2$.

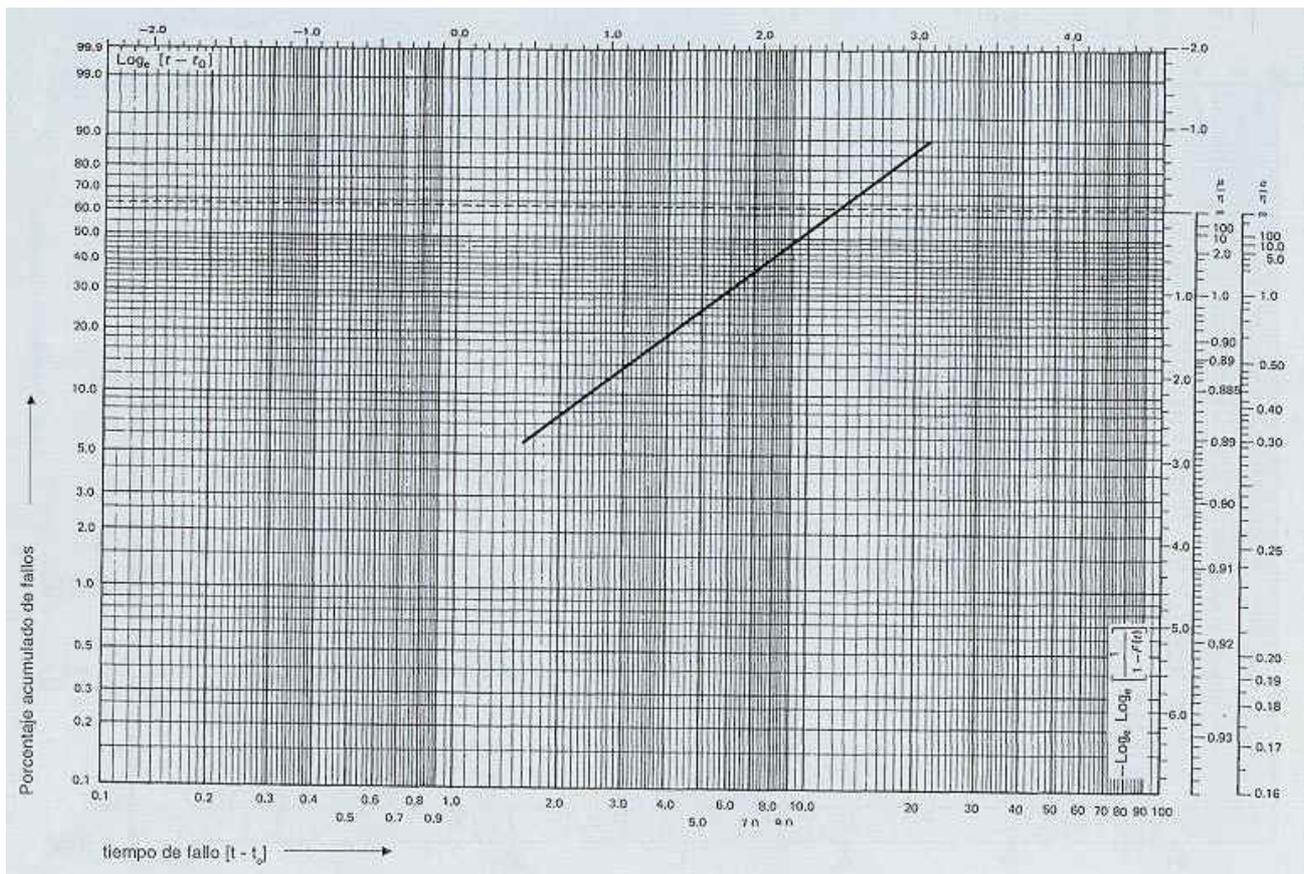


Fig. 4: Resolución gráfica del ejemplo

El valor de β 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 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 abcisa 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 $1 = \exp - \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta$

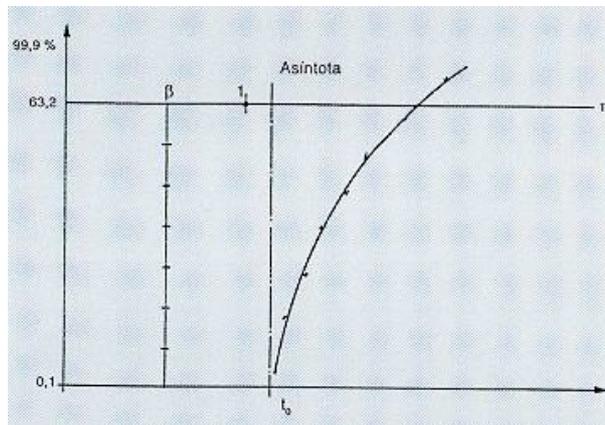


Fig. 5: Representación gráfica para el caso de $t_0 > 0$

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.

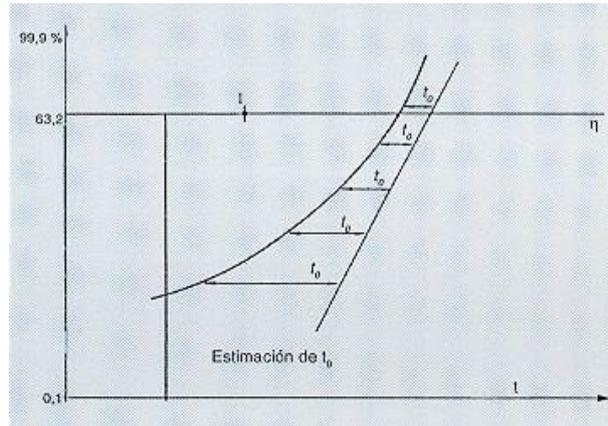


Fig. 6: Representación gráfica para el caso de $t_0 > 0$

Otro método de cálculo cuando $t_0 \neq 0$

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 .

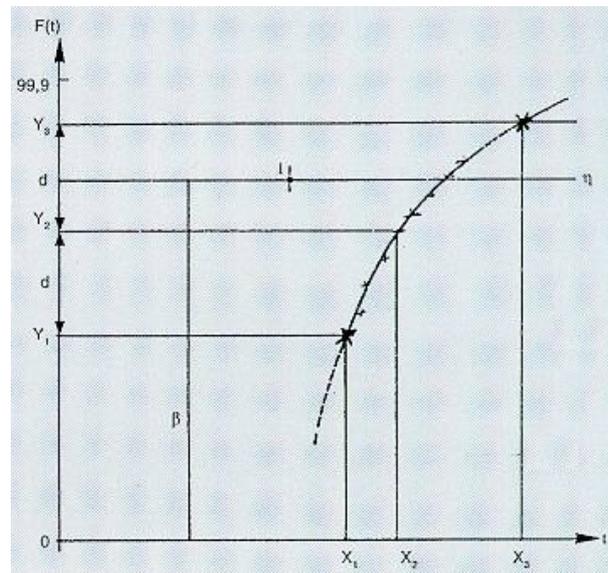


Fig. 7: Cálculo de t_0 por medio de transformaciones funcionales

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

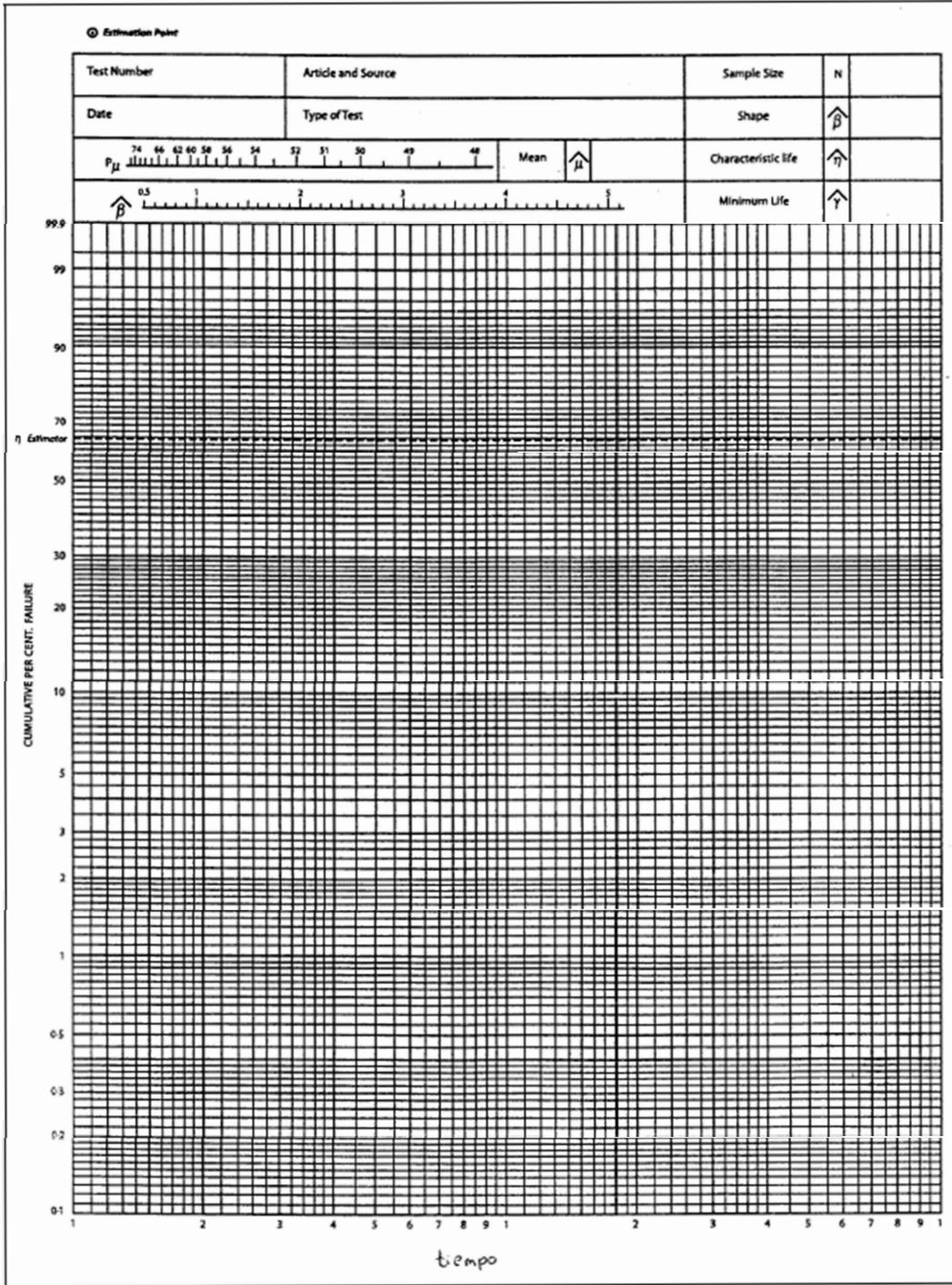
Los métodos de la calidad total

Ediciones Diaz de Santos, S.A. Madrid (1989)

(5) A.D.S. CARTER

Mechanical Reliability

Macmillan Education Ltd. London (1986)



NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE

Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

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

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

Rosa M^a Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carles Mata París
Ingeniero Técnico

SEAT, S.A.

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

1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

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

Cliente o usuario

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

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

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

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

Producto

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

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

Seguridad de funcionamiento

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

Detectabilidad

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

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

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

Frecuencia

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

Gravedad

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

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

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

$$IPR = D.G.F$$

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

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

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

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

Denominación del componente e identificación

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

Parte del componente. Operación o función

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

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

Fallo o Modo de fallo

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

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

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

Efecto/s del fallo

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

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

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

Causas del modo de fallo

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

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

Ejemplo de AMFE de diseño:

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

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

Ejemplo AMFE de proceso:

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

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

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

Medidas de ensayo y control previstas

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

Gravedad

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

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

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

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

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

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

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

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

Frecuencia

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

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

La única forma de reducir el índice de frecuencia es:

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

Controles actuales

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

Detectabilidad

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

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

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

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

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

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

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

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

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

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

Acción correctora

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

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

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

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

Responsable y plazo

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

Acciones implantadas

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

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

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

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

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

plantadas que a veces puede ser que no coincidan exactamente con las propuestas inicialmente. En tales situaciones habría que recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido.

A modo de resumen los puntos más importantes para llevar a cabo el procedimiento de actuación de un AMFE son los descritos en la tabla 4.

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

BIBLIOGRAFÍA

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

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