



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A
CIZALLA Y PLEGADORA HIDRÁULICAS DE PERFILES METÁLICOS, CON CAPACIDAD
DE 125 TONELADAS UBICADAS EN EL ÁREA DE MAQUINADO**

Angel Daniel Narciso Arévalo

Asesorado por Mtro. Ing. Haroldo René Dardón Yón

Guatemala, junio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A
CIZALLA Y PLEGADORA HIDRÁULICAS DE PERFILES METÁLICOS, CON CAPACIDAD
DE 125 TONELADAS UBICADAS EN EL ÁREA DE MAQUINADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANGEL DANIEL NARCISO ARÉVALO

ASESORADO POR MTRO. ING. HAROLDO RENÉ DARDÓN YÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
EXAMINADOR	Ing. Saulo Moisés Méndez Garza
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A CIZALLA Y PLEGADORA HIDRÁULICAS DE PERFILES METÁLICOS, CON CAPACIDAD DE 125 TONELADAS UBICADAS EN EL ÁREA DE MAQUINADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de marzo de 2021.

Angel Daniel Narciso Arévalo

Ref. EEPFI-0458-2021
Guatemala, 10 de abril de 2021

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: **DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A CIZALLA Y PLEGADORA HIDRÁULICAS DE PERFILES METÁLICOS, CON CAPACIDAD DE 125 TONELADAS UBICADAS EN EL ÁREA DE MAQUINADO**, presentado por el estudiante **Angel Daniel Narciso Arévalo** carné número **200611549**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,



Haroldo René Dardón Yón
Ingeniero Mecánico
Maestro en Artes en Ingeniería
de Mantenimiento
Colegiado 15,185

Mtro. Haroldo René Dardón Yón
Asesor

"Id y Enseñad a Todos"



Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



EEP-EIMI-033-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A CIZALLA Y PLEGADORA HIDRÁULICAS DE PERFILES METÁLICOS, CON CAPACIDAD DE 125 TONELADAS UBICADAS EN EL ÁREA DE MAQUINADO**, presentado por el estudiante universitario **Angel Daniel Narciso Arévalo**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



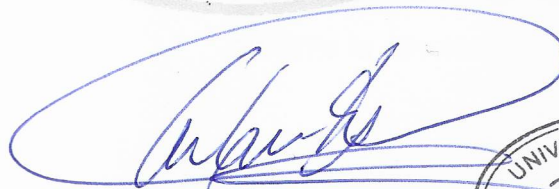
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2021

DTG. 235.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A CIZALLA Y PLEGADORA HIDRÁULICAS DE PERFILES METÁLICOS, CON CAPACIDAD DE 125 TONELADAS UBICADAS EN EL ÁREA DE MAQUINADO**, presentado por el estudiante universitario: **Angel Daniel Narciso Arévalo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, junio de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Sobre todas las cosas.

Mis padres

José Efraín Narciso y María Concepción Arévalo Corzantes de Narciso, por ser mi ejemplo, por su amor, comprensión y apoyo incondicional que me han brindado en cada una de las etapas de mi vida.

Mis hermanos

Brenda Virginia, Marvin Jose y Fredy Mauricio Narciso Arévalo, por su cariño y apoyo incondicional.

Mis amigos

Por su amistad, cariño y su invaluable apoyo durante la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por la casa de estudios que me permitió
nutrirme de conocimientos

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos y
herramientas que me han facilitado el camino a
alcanzar mis objetivos y metas.

Mi asesor

Mtro. Ing. Haroldo René Dardón Yón, por su
valiosa asesoría su apoyo y guía durante el
trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción y delimitación del problema	7
3.2. Pregunta central	8
3.3. Preguntas auxiliares de investigación	8
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. Conceptos de mantenimiento	17
7.1.1. Tipos de mantenimiento	18

	7.1.1.1.	Mantenimiento preventivo	19
7.2.		Plan de mantenimiento	20
	7.2.1.	Necesidades implementar un plan de mantenimiento	21
	7.2.2.	Ventajas y desventajas.....	21
	7.2.2.1.	Ventajas	21
	7.2.2.2.	Desventajas	21
7.3.		Plegadora industrial	22
	7.3.1.	Funcionamiento	24
	7.3.2.	Riesgos específicos.....	24
	7.3.3.	Sistemas de protección	25
	7.3.4.	Tipos de plegadora industrial	26
	7.3.4.1.	Plegadora hidráulica	27
7.4.		Cizalla industrial.....	28
	7.4.1.	Funcionamiento	29
	7.4.2.	Riesgos específicos.....	30
	7.4.3.	Sistemas de protección	31
	7.4.4.	Tipos de cizalla industrial	31
	7.4.4.1.	Cizalla hidráulica.....	32
7.5.		Sistemas de los equipos cizalla y plegadora	33
	7.5.1.	Sistema eléctrico	33
	7.5.2.	Sistema mecánico	34
	7.5.3.	Sistema hidráulico	34
7.6.		Indicadores.....	35
	7.6.1.	Tipos de indicadores	35
	7.6.1.1.	Indicadores de productividad.....	36
	7.6.1.2.	Indicadores de calidad.....	36
	7.6.1.3.	Indicadores de mantenimiento	37

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	41
9.	METODOLOGÍA	43
9.1.	Ruta de Investigación.....	43
9.2.	Alcance de investigación	43
9.3.	Tipo de Investigación	43
9.4.	Variables	43
9.5.	Fases de investigación.....	44
9.6.	Población y muestra.....	45
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	47
11.	CRONOGRAMA.....	49
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	51
13.	REFERENCIAS.....	53
14.	APÉNDICES	59

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	14
2.	División clásica de tipos de mantenimiento.....	18
3.	Características de la división clásica de tipos de mantenimiento	19
4.	Plegadora hidráulica	27
5.	Guillotina industrial.....	33
6.	Estructura general del sistema de evaluación y control	38
7.	Cronograma	49

TABLAS

I.	Operativización de variables.....	44
II.	Presupuesto de la investigación	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
PM	Mantenimiento preventivo
MPP	Mantenimiento preventivo planificado
PSI	Pulgada por pulgada cuadrada. Medida de presión de trabajo
TF	Tonelada fuerza. Medida de fuerza ejercida en el material
V	Voltios. Medida de tensión eléctrica de trabajo

GLOSARIO

Cizalla	Equipo utilizado para realizar cortes en láminas de diferentes tipos de metales y espesores.
Componente	Partes en las que puede subdividirse un elemento.
Mantenimiento	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
Parámetro	Elemento o dato importante desde el que se examina un tema, cuestión o asunto.
Perfil	También llamadas vigas, son un tipo de productos que se crean por laminación en proceso caliente o frío.
Plegadora	Equipo utilizado para realizar pliegues en láminas de diferentes tipos de metales y espesores.
Sistema	Conjunto de elementos que conforman un sistema eléctrico, sistema mecánico o sistema hidráulico.

RESUMEN

La planificación de mantenimiento en las industrias se ha vuelto cada día más importante, ya que es la responsable de garantizar el correcto funcionamiento, la disponibilidad y también encargada de incrementar la vida útil de cada uno de los equipos, las empresas tienen el conocimiento de que una mejor planificación llevara a hacerla más productiva y exitosa.

Para la implementación de un adecuado plan de mantenimiento es necesario considerar todos aquellos equipos que están inmersos en el proceso productivo de cualquier empresa o industria. Para el caso específico de la industria de metalmecánica, los equipos cizalla y plegadora hidráulica, que son utilizados para transformar la materia prima en perfiles, son de vital importancia, por ser equipos que demandan alta disponibilidad, por ende, se debe garantizar su buen funcionamiento y evitar paradas en toda la línea de producción.

En el diseño de investigación presente se tiene la finalidad de resolver el problema de paros no programados en los equipos de alta disponibilidad, a través de adecuadas intervenciones al realizar un mantenimiento preventivo, esto minimizara los costos de compra temprana de repuestos y aún más importante los costos por paros de producción. Se garantizará el buen funcionamiento de los equipos cizalla y plegadora hidráulica, manteniendo su disponibilidad y a su vez incrementando su tiempo de vida, para esto se analizarán todos los parámetros de los equipos y se dará la mejor solución.

1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento se ha convertido en parte fundamental del éxito de las industrias, que cada día se encuentran en un ambiente más competitivo, donde cada mejora en los distintos departamentos que la componen refleja la buena organización de cada una, con el éxito en el mercado en el que compiten.

La falta de mantenimiento preventivo en equipos críticos puede llevar al fracaso de la empresa, para efectos de esta investigación la industria será, la metalmecánica, enfocada a la fabricación de estructuras metálicas utilizadas para el transporte de productos entre el fabricante y el cliente final.

A la fecha de investigación no se cuenta con un adecuado plan de mantenimiento preventivo para los equipos cizalla y plegadora, los cuales son equipos críticos, si bien se tienen manuales de fabricante estos son para ser utilizados en óptimas condiciones y muy superficiales. Un paro en los equipos por falta de mantenimiento preventivo para este caso detiene la producción de ensamble de estructuras, esto genera grandes consecuencias que afectan la proyección de entregas a los clientes, provocando no solo dejar de percibir la venta proyectada, sino también, tercerizar para poder producir o también realizar el mantenimiento de los equipos, por falta de mano calificada para intervenir en los equipos.

La investigación sobre el diseño de un plan de mantenimiento preventivo tiene el objetivo de solucionar el problema de los paros no programados, manteniendo su disponibilidad e incrementar el tiempo funcionamiento adecuado

de los equipos, haciendo que estos operen con parámetros recomendados por el fabricante.

De la investigación se obtendrán los datos, estos datos serán transformados a un formato para ser utilizados tanto por el departamento o área de mantenimiento quien es el encargado principal de su buen funcionamiento, así como también para el departamento o área de producción, quienes son los que operan los equipos, el fin es poder detectar fácilmente una anomalía en los equipos e intervenir antes de un paro completo.

El trabajo que se realizara aportara no solo a la industria específica para la cual se realiza, sino para cualquier equipo similar, para este caso equipos hidráulicos CNC, los cuales contienen sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos.

Entre los beneficios de la implementación de la investigación a realizar, es la generación de personal capacitado para la intervención de los equipos, los cuales a la fecha son intervenidos por personal externo, generando altos gastos de mantenimiento. Al tener al personal capacitado se dejará de depender de la disponibilidad de personal externos que por ende conlleva a una reducción de costos en el mantenimiento, los cuales se pueden dirigir a la implementación de mejoras en ese departamento.

La investigación se desarrollará conforme al esquema de solución, donde inicialmente se evalúa la situación en la que se encuentran los equipos, se procede a definir el problema, se analiza su posible solución, se recopila toda la información importante mediante visitas y entrevistas al lugar de operación de los equipos para luego transformar la información e implementar la solución.

El capítulo I de la investigación, será el desarrollo de este, haciendo mención sobre todos los datos importantes recolectados de manuales, entrevistas y tablas de verificación. En el capítulo II se presentarán los resultados obtenidos, los cuales se tiene contemplado sean satisfactorios para los departamentos o áreas de mantenimiento y producción, por ende, para la industria en general y por último en el capítulo III se tendrá la discusión de los resultados obtenidos.

2. ANTECEDENTES

Aragon, Rosero y Montoya (2020) Publicaron una investigación en la cual un sistema de mantenimiento preventivo (PM) programado por tiempo presenta la necesidad de mejorar el uso de recursos del departamento de mantenimiento, para ello proponen un algoritmo el cual tiene como función objetivo minimizar el tiempo de mantenimiento semanal, cumpliendo con las condiciones establecidas para cada uno de los equipos. Utilizaron técnicas de programación de actividades las cuales permiten generar esquemas de asignación de tareas y secuencias de operaciones que hacen eficiente el uso de los recursos. Se concluye con que el resultado de estas técnicas logra encontrar un equilibrio a lo largo del periodo de planificación. Se logra conseguir un equilibrado y eficiente programa, el cual mejora el uso de recursos.

Dimitroff, Pontelli, Zanazzi, Conforte y Zanazzi (2016) Realizaron la publicación de un trabajo el cual presenta como herramienta una aplicación enfocada en el mantenimiento, esta se utiliza para la toma de decisiones en equipos, orientada a establecer prioridades de las tareas de mantenimiento preventivo. El método utilizado es llamado Procesos DRV, esta combina procedimientos de apoyo multicriterio a la decisión, probabilidad y estadística. Entre sus ventajas concluye la reducción del problema que afecta la decisión grupal. En general, el método que se utilizó permite que el nivel de conocimiento compartido mejore y contribuye a evitar conflictos dentro de los equipos de trabajo. A la fecha de investigación esta aplicación realiza una tarea muy importante en una planta productora de medicamentos. Según la experiencia se observa la reducción de problemas en un 20 % del valor original.

Quintero, Zambrano, Alfonso, Niño y Quintero (2011) Presentan un artículo donde muestran el diseño de una herramienta inteligente que permite medir los parámetros de operación mediante señales asociadas a su movimiento. La herramienta es creada para que un operador pueda utilizarla y con esto aprovechar principalmente rutinas de limpieza. Esta herramienta recopila datos a bajo costo y aporta al operador datos para poder realizar un análisis sobre la evolución de los equipos. Se concluye que esta información puede integrarse al plan de mantenimiento de cualquier equipo, permitiendo toma de decisiones que ayudan a obtener un mejor panorama de los riesgos gracias al control de cambios que experimenta el equipo con el tiempo.

Perez, Arango y Aguledo (2009) Publicaron un artículo que expone el proceso de doblado de una empresa, el fin es determinar qué factores tienen efecto sobre la longitud y el ángulo de doblado. Se consideran cuatro factores (grosor de material, material, equipo y operario). Los experimentos se realizaron de forma aleatoria garantizando la ausencia de sesgo en la recolección de datos. En el estudio se realizaron 32 corridas experimentales de longitud y 32 de ángulos. Los resultados analizados muestran que las dimensiones de las piezas dobladas cambian. Se concluye que, para la longitud de doblado, se ha encontrado una variabilidad. En cuanto al ángulo de doblado se encuentran variaciones en la población de niveles de los factores operario y grosor.

Hernández, Carro, Montes de Oca, Garcia y Fernández (2008) Publicaron un trabajo en el cual la finalidad es introducir el mantenimiento basado en la codición (MBC) como una forma de mejoramiento o perfeccionamiento del mantenimiento preventivo planificado que se desarrolla para centrales termoeléctricas (CCTT). Dando como resultado una evaluación económica aceptable de la aplicación de la metodología que aporta el diagnóstico integral (DI).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de un proceso estandarizado de mantenimiento preventivo a equipos críticos en el proceso de fabricación de estructuras metálicas genera paros por fallas inesperadas dando como resultado pérdidas monetarias.

3.1. Descripción y delimitación del problema

La empresa se dedica a la fabricación de estructuras metálicas utilizadas para el transporte de productos. Tiene un área llamada área de máquinas, cuya función de transformar toda la materia prima.

La materia prima podemos encontrar: láminas de acero al carbono, acero galvanizado, acero inoxidable; las cuales se manufacturan en perfiles utilizados para la fabricación de las estructuras como producto final.

La cizalla y la plegadora no tienen un plan de mantenimiento, por lo que se sufre el riesgo de que estas fallen y salgan de operación, deteniendo toda la producción debido a que son máquinas principales debido a su capacidad de presión.

Dentro de las causas se pueden encontrar la falta de *stock* de repuestos que el fabricante recomienda, la falta de los procedimientos para el mantenimiento de equipos críticos, costos elevados de reparación, falta de clasificación de equipos críticos y muy importantes la falta de interés en el funcionamiento óptimo de los equipos.

Estos puntos llevan a que el funcionamiento de la máquina no eleve la productividad en el área y toda la planta funcione a su ritmo ya que es la que provee materia para el ensamble de las estructuras en áreas siguientes.

Es importante resolver el problema que se tiene en estos equipos, no solo en el área sino para todo el proceso de fabricación. Estas máquinas marcan el ritmo de trabajo para las áreas siguientes de ensamble, por lo que la demanda de material de estos equipos es alta. Una vez estas máquinas fallen llevan a que los demás procesos se detengan en cada una de las áreas siguientes.

Es de vital importancia mantener en óptimas condiciones la cizalla y plegadora para mantener la eficiencia en toda la planta, y para aumentar la capacidad de maquinado.

3.2. Pregunta central

¿Cuáles tareas de mantenimiento corresponde realizar a los equipos hidráulicos cizalla y plegadora utilizadas para maquinado de perfiles?

3.3. Preguntas auxiliares de investigación

- ¿En qué condiciones de operación se encuentran los equipos cizalla y plegadora de perfiles a la fecha de investigación?
- ¿Qué parámetros se deberán tomar en cuenta para determinar el funcionamiento de los equipos?
- ¿Cuál es el cuadro de control para los parámetros de operación al realizar de forma estandarizada las tareas de mantenimiento en los equipos?

4. JUSTIFICACIÓN

El trabajo que se presenta se enfoca en la línea de investigación de gestión de mantenimiento de la Maestría de Mantenimiento Industrial de la Escuela de estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Es importante mencionar lo anterior debido a que por medio de conocimientos y técnicas adquiridas en la carrera es posible realizar el diseño de un plan de mantenimiento.

La empresa de estructuras metálicas para rubro de transporte de productos del fabricante hacia el consumidor final fue creada a mediados de los años 70, desde ese entonces ha venido mejorando sus productos, pasando por diferentes tipos de metales, de la mano de utilizar tecnologías nuevas para cada uno de los procesos que conforman la fabricación de los productos que saca al mercado.

La investigación tiene como objetivo mejorar la calidad y tiempos de entrega del producto, con esto aumentar la productividad del departamento de mantenimiento, producción y la empresa en general, realizando las tareas adecuadas en los equipos y así garantizar su funcionamiento e incremento del tiempo disponible de los equipos críticos en la fabricación, esto conllevará evitar intervenciones no programadas.

La investigación que se realizara tendrá impacto positivo en la productividad del departamento de mantenimiento y producción, reduciendo costos por paros imprevistos, así también una mejora en consumo energético, lo cual suma un impacto en el medio ambiente y también se tiene contemplado que impactara en el ámbito de salud y seguridad ocupacional al tener estandarizado los procesos

de mantenimiento y con esto mitigar accidentes. Estos impactos positivos conllevan a que la toda la corporación se vea beneficiada y marcar un antes y un después para implementar proyectos similares para cada equipo crítico que se tenga en las diferentes plantas de la corporación.

La importancia en el diseño de un plan de mantenimiento es la de incrementar no solo la disponibilidad y el funcionamiento adecuado funcionamiento, sino a esto se añade el aumento en la vida de funcionamiento de los equipos que son de un alto costo de inversión, adicional estos equipos son parte fundamental en el proceso de fabricación ya que un paro en estos equipos significa un paro en la línea de producción, esto implica costos adicionales y el incumplimiento de entregas al cliente, lo que conlleva a la no facturación de productos pronosticados en un determinado rango de tiempo. Basándonos en este gran problema es indispensable la elaboración del plan que se propone realizar.

Esta investigación hará que en la empresa los departamentos de la mantenimiento y producción sean más eficientes, al garantizar que los colaboradores realicen las tareas de una forma segura. Adicional de este trabajo se podrá beneficiar cualquier departamento de mantenimiento que necesite realizar mantenimientos a equipos hidráulicos estacionarios.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar cuáles son las tareas de mantenimiento que corresponde realizar a los equipos hidráulicos cizalla y plegadora utilizadas para maquinado de perfiles.

5.2. Específicos

- Identificar las condiciones de operación en las que se encuentran los equipos cizalla y plegadora de perfiles.
- Establecer los parámetros que se deberán tomar en cuenta para la determinación del funcionamiento de los equipos.
- Desarrollar un cuadro de control para los parámetros de operación al realizar la estandarización de tareas de mantenimiento de los equipos cizalla y plegadora.

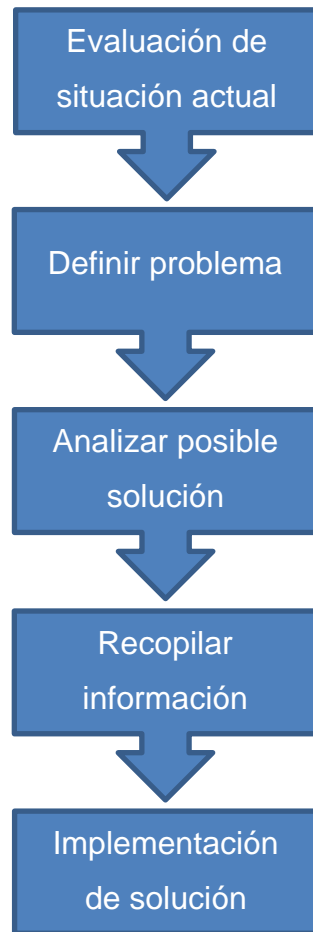
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El diseño de un plan de mantenimiento a cizalla y plegadora hidráulica de perfiles metálicos tiene como objetivo la reducción del riesgo laboral, a través la estandarización de tareas, las cuales no pongan en peligro la integridad física del personal de mantenimiento al momento de sus intervenciones, así como la del personal operativo de producción. Esto último garantizando que con las intervenciones de mantenimiento su funcionamiento sea el adecuado.

También es importante mencionar la reducción drástica de intervenciones de mantenimiento no programadas, esto va de la mano con la reducción de grandes costos que impactan en cada una de las intervenciones de mantenimiento no programadas de los equipos críticos. A los objetivos de la investigación también se les agrega el aumento en la vida de funcionamiento de los equipos, sumando los anteriormente por ende obtenemos un aumento en la productividad de la planta de producción, haciendo rentable la investigación que se realizara.

La solución que se va a ensayar para resolver el problema de la falta de un diseño de un plan de mantenimiento a cizalla y plegadora hidráulica de perfiles metálicos es la siguiente:

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

Según el esquema se evaluara la situación a la fecha en la que se realiza la investigación, esto mediante visitas o indicadores existentes tanto en el departamento o área de mantenimiento y el de producción, el cual se obtiene monitoreando como la falta de un plan de mantenimiento bien establecido afecta el proceso de fabricación, en seguida se define la solución del problema, que para este punto específico es que se realiza la investigación del diseño de un plan de mantenimiento a cizalla y plegadora hidráulica de perfiles metálicos.

Para poder realizar la solución se recopilará información de distintas fuentes, como realizar comparaciones con equipos similares dentro de la misma área, para posteriormente realizarlo a nivel de la empresa y por último a nivel de la corporación. A esta técnica se le sumara la revisión de documentos del fabricante, así como documentos de equipos similares, en estos documentos se podrá encontrar información importante para la implementación de la solución y por último se procede a realizar entrevistas con el personal de mantenimiento y el personal de producción, colaboradores que estén directamente con los equipos para tener de primera mano información sobre el funcionamiento de los equipos.

Por último, se procede a la implementación de la solución la cual es el diseño de un plan de mantenimiento a cizalla y plegadora hidráulica de perfiles metálicos. Con esto se pretende aumentar la productividad del área, empresa y corporación, esto será medido a través de indicadores de productividad, tiempo medio de mantenimiento, aumento en la calidad del producto, minimizar costos de mantenimiento, así como de producción por paros no programados.

7. MARCO TEÓRICO

Este capítulo contiene información que se ha recopilado para realizar el trabajo de investigación; tipos de mantenimiento, sus ventajas y desventajas, descripción de función de los equipos, componentes y su funcionamiento. Son temas que se describen a continuación.

7.1. Conceptos de mantenimiento

Cuando se habla de mantenimiento en la industria Prando (1996) menciona que tiene como finalidad prevenir fallas en los equipos de un proceso continuo, asegurando la disponibilidad con la máxima calidad al más bajo costo, cumpliendo con las recomendaciones de fabricante, garantía, seguridad y medio ambiente.

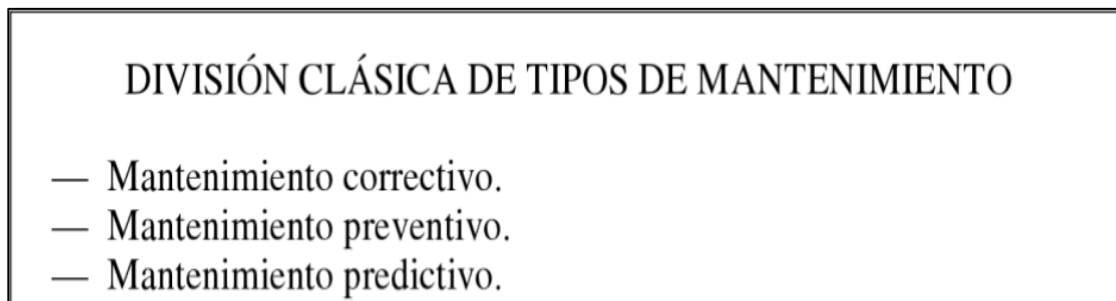
El mantenimiento “Comprende todas aquellas actividades necesarias para mantener los equipos e instalaciones en una condición particular o volverlos a dicha condición” (Prando, 1996, p. 19).

Prando (1996) publica que el mantenimiento tiene como objetivo conservar los equipos, edificios y servicios para ejecutar su función con capacidad y calidad específicas, también deben cumplir normas de seguridad y bajo costo, cumpliendo los requerimientos del departamento de producción.

7.1.1. Tipos de mantenimiento

Existen distintos tipos de mantenimiento, Gómez (1998) habla que estos tipos se clasifican según su función, así como la forma en la que se desempeña, cada uno de estos tipos admite más de un enfoque. Estos se dividen en:

Figura 2. División clásica de tipos de mantenimiento



Fuente: García. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*.

De la división clásica de tipos de mantenimiento “Ninguno de los tipos anteriores se utiliza de forma exclusiva, sino que, en aras de la rentabilidad de la explotación, se imponen practicar una adecuada combinación de los tipos anteriores, realizando lo que se ha venido en llamar mantenimiento planificado” (Gómez, 1998, p. 25). Por lo que para un adecuado mantenimiento se debe tener una mezcla de los distintos tipos, esto mejorara el desempeño de la industria donde se aplique.

Esto consiste, en definitiva, en efectuar una correcta selección de las plantas o de los equipos a los que se va a aplicar cada uno de los tipos de mantenimiento anteriores. Seguidamente se hace una descripción de cada uno de los tipos enunciados (Gómez, 1998, p. 25).

Figura 3. **Características de la división clásica de tipos de mantenimiento**

Rasgo característico	Sistema		
	Correctivo	Preventivo	Predictivo
Control (diagnóstico)	1. No se realiza 2. No planificado, después de la falla	1. No se realiza 2. No planificado, después de la falla	1. Según el plan y no planificado, después de la falla
Carácter de acciones	Fuera del plan, después de la falla	1. Planificado preventivo, según el trabajo útil. 2. Planificado preventivo, según la vida útil.	1. No planificado preventivo según el estado, teniendo en cuenta las desviaciones permisibles de los parámetros. 2. Planificado preventivo según el estado, teniendo en cuenta el recurso residual.
Periodicidad planificada de las acciones	No existe	1. Según el trabajo útil; 2. Según la vida útil.	Para el control: 1. Según el trabajo útil; 2. Según la vida útil.
El período entre ejecución de las acciones	Casual	1. Constante 2. Discretamente variable	Para el control: 1. Constante 2. Discretamente variable 3. Monitoreo permanente
Proceso de ejecución de las acciones	1. Individual 2. Acompañante		
Inicio de la eliminación de las secuencias de la falla	1. Enseguida después de la falla 2. Después de un período de ocurrencia de la falla		
Grado de recuperación de los parámetros del estado técnico	1. Completo 2. Parcialmente		

Fuente: Shkiliova y Sanchez. (2011). *Sistemas de mantenimiento técnico y reparaciones y su aplicación en la agricultura.*

Si bien todos los tipos de mantenimiento son importantes tomando en cuenta que la investigación se trata sobre el mantenimiento preventivo de los equipos críticos plegadora hidráulica y cizalla hidráulica solo se profundiza en el mantenimiento preventivo.

7.1.1.1. **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una programación previa de actividades, con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos de

producción por fallas y por ende disminuir los costos de esta (Botero, 1993, p. 38).

Botero (1993) indica que el mantenimiento preventivo no es un medicamento que pueda ser aplicado a todos inconvenientes o averías que se presentan en un equipo durante el proceso productivo; sencillamente es una forma organizada y sistemática de realizar las tareas cotidianas en equipos.

El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar –en cierta medida- la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados, lo que se conoce como las tres erres de mantenimiento. Si la segunda y la tercera no se realizan, la primera es inevitable (Gómez, 1998, p. 27).

7.2. Plan de mantenimiento

Conjunto de tareas preventivas a realizar en los equipos, el fin es que los equipos cumplan su función para lo que fueron diseñados, así como también objetivos de disponibilidad, bajo costo de reparación y aumentar la vida útil de los equipos. “Un plan de mantenimiento preventivo óptimo nos permite comprender que este tiene unos límites en los cuales no mejoramos la fiabilidad más que si consideramos la posibilidad de realizar modificaciones sobre los sistemas” (Sacristán, 2014, p. 31).

Sacristán (2014) menciona que un plan de mantenimiento preventivo define la estrategia más pertinente a aplicar sobre los equipos, al realizar un el estudio se encontraran fallos críticos como: El tipo de mantenimiento que realizar, tareas a realizar y la frecuencia.

7.2.1. Necesidades implementar un plan de mantenimiento

La necesidad de un plan de mantenimiento nace debido al riesgo de paro de producción por intervenciones las cuales no son programadas, Sacristán (2014) plantea la necesidad de implementar programas para el seguimiento y optimización mediante la experiencia de colaboradores de mantenimiento y de las recomendaciones de los fabricantes.

En incontables ocasiones se ha recurrido al pago excesivo de terceros para realizar mantenimientos correctivos de los equipos, adicionales a la gran cantidad monetaria que se tiene por el paro de los equipos, que esto conlleva a que las áreas siguientes del proceso productivo se detengan.

7.2.2. Ventajas y desventajas

Tomando en cuenta que el mantenimiento preventivo se basa en inspecciones periódicas con el fin de detectar condiciones de falla y con esto reducir paros en la planta que en muchas ocasiones se deben a negligencia, tiene sus ventajas y desventajas.

7.2.2.1. Ventajas

- Permite planificar recursos y actividades del departamento o área de mantenimiento
- Reducción de costos por grandes reparaciones o paros imprevistos
- Incremento en el tiempo de funcionamiento de los equipos

- Funcionamiento adecuado de los equipos
- Aumento de disponibilidad del equipo
- Posibilidad de identificar repuestos y un *stock* de existencia en bodega para respuestas rápidas ante una falla.

7.2.2.2. Desventajas

- Requiere personal capacitado para obtener resultados relevantes
- No permite determinar el desgaste de los componentes con exactitud
- El tiempo de implementación es considerable con respecto al correctivo
- Su buen funcionamiento depende de la disposición de personal capacitado, una frecuencia inadecuada permitirá fallas en los componentes

7.3. Plegadora industrial

Las plegadoras industriales son equipos utilizados para trabajos en frío de fabricación de perfiles utilizando como materia prima hojas de metal. Su aplicación se centraliza en el sector industrial metal mecánica.

Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) mencionan que los espesores que se trabajan en estos equipos van desde 0.5 a 20 mm, con un largo que va desde unos pocos centímetros hasta 6 metros. Entre los tipos de plegadoras industriales podemos encontrar:

- Plegadora mecánica
- Plegadora neumática
- Plegadora hidráulica

Las plegadoras se componen de partes las cuales se muestran a continuación:

- Bancada o cimentación: lugar donde descansa el equipo y la cual es la encargada de transferir la carga en ella hacia el suelo.
- Trancha: llamado tablero superior, placa con movimiento vertical, parte del equipo donde se instala el punzón para plegado.
- Mesa: tablero inferior donde se posiciona el material, esta parte del equipo es el que recibe el punzón
- .
- Órganos motores: cilindros que forman parte del sistema hidráulico los cuales tienen un doble efecto.
- Mandos: accionamiento del equipo, generalmente pedal.
- Accesorios y utillaje: dentro de estos podemos distinguir:
 - Topes para posicionar material
 - Dispositivos y accesorios de seguridad

7.3.1. Funcionamiento

Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) Las plegadoras son máquinas con la función de realizar pliegues a láminas de metal.

Se distinguen básicamente dos tipos de trabajos:

- Plegado al aire, es utilizado para espesores superiores a 2mm. Tiene la característica de no llevar el material al fondo del dado, dejando un ángulo de plegado.
- Plegado de fondo, se utiliza en espesores inferiores a 2 mm; en este el material es llevado al fondo del dado.

Los pasos para seguir para cualquiera de los tipos de trabajo son:

- Colocar la pieza sobre la zona de plegado.
- Operar el equipo a través de accionar el pedal.
- Sujetar la pieza acompañándola con el movimiento
- Extraer pieza trabajada.

7.3.2. Riesgos específicos

Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) Algunos de los riesgos derivados de la operación en estos tipos de equipos son los siguientes:

- Atrapamiento de manos entre punzón y dado.

Las causas que actualizan este riesgo son:

- Posible acceso a la zona entre equipo y material a trabajar.
 - Accionamiento accidental de operación del equipo
 - Trabajar piezas de pequeñas dimensiones
- Golpes por movimiento de plegado en piezas de grandes dimensiones

Las causas que actualizan este riesgo son:

- Operario demasiado cerca al momento de la elevación del material que se está trabajando.
- Cortes por las piezas a plegar

Las causas que actualizan este riesgo son:

- Manejo de piezas con rebabas
- Caída de las piezas durante la operación

7.3.3. Sistemas de protección

Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) los sistemas de protección tienen el fin de mitigar el riesgo de accidente entre las partes móviles. Estos

sistemas vienen de fábrica, y para el caso de estos equipos es por medio de sensores los cuales permiten el funcionamiento del equipo al garantizar que todos los accesos a áreas peligrosas de la maquina se encuentren cerrados.

7.3.4. Tipos de plegadora industrial

Existen diferentes tipos de plegadoras, las más utilizadas son las plegadoras mecánicas, plegadoras neumáticas y plegadoras hidráulicas. La empresa donde se realiza la investigación cuenta con los tres tipos, la plegadora mecánica tiene un funcionamiento principal a través de un volante el cual al ser accionado encaja con una serie de engranajes los cuales hacen que la trancha tenga un movimiento vertical, este movimiento hace que la pieza pueda ser plegada cuando el punzón tiene contacto con el material y la mesa, su capacidad máxima es de 80 toneladas de presión.

El equipo, plegadora neumática, funciona de la misma forma con la variante que esta es al ser accionada deja pasar una presión de 120 PSI que activa un *clutch* este encaja en un volante y a una serie de engranajes que hacen que la trancha tenga un movimiento vertical, este movimiento hace que la pieza pueda ser plegada cuando el punzón tiene contacto con el material y la mesa, este equipo tiene una capacidad máxima de 60 toneladas de presión.

Estos dos tipos de plegadoras tienen menor capacidad corte, seguridad, calidad y productividad que una plegadora hidráulica, para efectos de la investigación se trabaja con el equipo plegadora hidráulica ya que es un equipo crítico con modelo de alta disponibilidad tanto por su velocidad de trabajo, sistemas de seguridad, tecnología y capacidad.

7.3.4.1. Plegadora hidráulica

Este equipo funciona con fuerza hidráulica, este tipo de sistema es capaz de darle una mayor capacidad elevándola hasta 125 toneladas, mucho mayor con respecto a sus similares de funcionamiento mecánico y neumático. El equipo cuenta con una longitud máxima de pliegue de 12' (pies) y un espesor que va desde 0.914 mm hasta 1" (pulgada) equivalente a 25.4 mm. Este equipo por su tecnología reciente cuenta con accesorios eléctricos y mecánicos que facilitan su operación y aseguran la integridad del operador de turno.

Tomando en cuenta que es un equipo que tiene control numérico (CNC) se convierte en un equipo a mantener en buen funcionamiento un tanto más complejo con respecto a su similar mecánica e hidráulica, los sistemas que se evalúan para el diseño del plan de mantenimiento serán los sistemas eléctrico, hidráulico y mecánico.

Figura 4. Plegadora hidráulica



Fuente: BIPRESS SRL. (2014). *Máquina herramienta plegadora hidráulica.*

7.4. Cizalla industrial

La cizalla industrial en algunos casos llamadas guillotinas o simplemente cortadoras como su nombre lo dice es un equipo utilizado para realizar cortes Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) mencionan que las cizallas son equipos empleados para realizar cortes en metales, generalmente en láminas de acero y aluminio. Su campo de aplicación es el sector industrial, dentro de los tipos de cizallas se pueden mencionar:

- Cizallas mecánicas
- Cizallas hidráulicas

Las partes de una cizalla industrial son:

- Bancada o cimentación: lugar donde descansa el equipo y la cual es la encargada de transferir la carga en ella hacia el suelo.
- Bastidor: pieza apoyada en la bancada y en esta se encuentra anclada la cuchilla y el pisón.
- Mesa: utilizada para poner en posición de operación el material a cortar, para esta operación se le pueden anclar a la mesa distintos tipos de accesorios para ayudar a realizar cortes.
- Pisón: esta es la encargada de sujetar el material un instante antes de proceder a su corte.
- Corredora: es la encargada de portar la cuchilla móvil.

- Cuchilla móvil: es la pieza encargada de cortar el material.
- Cuchilla fija: es la que está unida a la mesa, su función es cortar.
- Grupo hidráulico: permite el funcionamiento de diferentes partes del equipo.
- Dispositivo de accionamiento: elemento de mando, este es accionado por el pie.

7.4.1. Funcionamiento

La función de la cizalla es realizar cortes en láminas de distintos tipos de metal según Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) los materiales comúnmente trabajados en estas máquinas son hierro, acero y aluminio, a estos se le puede sumar cualquier material hasta espesores de 25 mm con una velocidad de corte aceptable que llega hasta los 120 cortes por minuto, dependiendo de su espesor y longitud.

Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) mencionan que el corte es realizado por dos cuchillas, los cuales tienen en ocasiones cuatro ángulos o lados de corte. La cuchilla inferior está sujeta a la mesa y la superior también llamada cuchilla móvil la cual va sujeta a la corredera.

La técnica de proceso de corte consiste en:

- Colocación sobre la mesa el material a cortar
- Situar el material en posición de corte

- Operación del equipo a través de un pedal que acciona la corredera
- Una vez cortado el material sale por la parte posterior del equipo, la corredera regresa automáticamente a su posición inicial

7.4.2. Riesgos específicos

Este equipo tiene dos grandes riesgos los cuales son:

- Cortes por atrapamiento entre las cuchillas

Entre las causas que actualizan este riesgo se pueden encontrar:

- Acceso al área de corte por falta de protección frontal y trasera.
 - Operar accidentalmente el equipo.
 - Introducir manos al momento de estar en operación por motivo de posicionamiento de material a cortar.
- Aplastamiento de manos entre el pistón y pieza a cortar

Causas:

- Introducir manos al momento de estar en operación por motivos de posicionamiento de material a cortar.
- Operar accidentalmente el equipo.

7.4.3. Sistemas de protección

Fernández, Espeso, Fernández y Espeso (2007) al hablar de protección se sabe que su finalidad es hacer poco accesibles los puntos de operación de los equipos, así también en su parte frontal, lateral y posterior, se montan de tal forma que no permitan lesiones en manos o cualquier parte del cuerpo del operador.

Si el proceso demanda el no uso de las protecciones que el fabricante provee, se debe analizar que otro tipo de protección se utiliza para que se cumpla con mantener fuera de riesgo al operador y al mismo tiempo sea un equipo eficiente.

Las condiciones generales que deben cumplir los sistemas de protección en cuanto a su diseño, construcción, aplicación y montaje deben ser:

- Resistencia adecuada a su función
- Difícilmente neutralizado y/o burlado

7.4.4. Tipos de cizalla industrial

Existen diferentes tipos de cizallas, las más utilizadas son las cizallas mecánicas y las cizallas hidráulicas. La empresa donde se realiza la investigación cuenta con ambos tipos, la cizalla mecánica, la cual como su nombre lo indica funciona a través de engranajes conectados a un volante el cual al activarse encajan y hacen funcionar la corredera, este equipo tiene menor capacidad de corte, seguridad y productividad que la cizalla hidráulica, para efectos de la investigación se trabaja con el equipo hidráulico ya que es un equipo crítico con

modelo de alta disponibilidad tanto por su velocidad de trabajo, sistemas de seguridad, tecnología y capacidad.

7.4.4.1. Cizalla hidráulica

Este equipo basa su funcionamiento en la fuerza hidráulica, este sistema es capaz de darle una mayor capacidad de corte, tiene un máximo de 12' (pies) de longitud de corte y capacidad para cortar espesores que van desde aluzinc calibre 26 equivalente a 0.914mm, hasta ¾" (pulgada) equivalente a 19.05 mm, el equipo cuenta con accesorios que facilitan el traslado del material en la mesa hacia el área de corte la cual está asegurada con rejas que no permiten el ingreso de partes del cuerpo de los trabajadores.

Debido a que es un equipo con control numérico (CNC) vuelve complejas las tareas de mantenimiento con respecto a las otras máquinas que se encuentran a su alrededor, los sistemas que se evaluarán para realizar el diseño de un plan de mantenimiento serán los sistemas mecánico, hidráulico y eléctrico.

Figura 5. Guillotina industrial



Fuente: BIPRESS SRL. (2014). *Máquina herramienta cizalla hidráulica.*

7.5. Sistemas de los equipos cizalla y plegadora

Se define como sistema en un equipo industrial a un conjunto de elementos y componentes que tienen una función común dentro de un equipo, entre los que se destacan sistema eléctrico, sistema mecánico y sistema hidráulico.

7.5.1. Sistema eléctrico

“Los sistemas eléctricos se componen de la interacción de muchas partes que garantizan un servicio estable de energía eléctrica” (Bravo de las Casas, Ruíz, Marín y Quintana, 2019, p. 2). Este sistema del equipo cuenta con una instalación trifásica y un voltaje 240V, cada una de las maquinas está protegida por un banco de capacitores el cual no permite que esta sufra daño por descargas de energía eléctrica.

7.5.2. Sistema mecánico

Parte fundamental de las maquinas plegadora y guillotina, este se caracteriza su representación en los equipos con elementos o piezas sólidas, como engranajes. En la mayoría de los casos este sistema es asociado con el sistema eléctrico, esta combinación puede producir movimiento a partir de un motor accionado por energía eléctrica. Mariaca, García, Clemente, Rodríguez, García y Acosta (2018) hablan de que los fallos en componentes o dispositivos mecánicos tienen a provocar grandes problemas que afectan el funcionamiento de los equipos, a esto se le suma la reducción de la vida de funcionamiento de los equipos en el campo de la ingeniería.

7.5.3. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico es el encargado de darle la fuerza a los equipos tanto para corte y pliegue de las piezas a trabajar, este básicamente se compone de una bomba que traslada el aceite de un tanque de almacenaje hacia los cilindros que son los que ejercen la fuerza de 125 toneladas de capacidad máxima.

“Las ventajas de los sistemas hidráulicos, como gran densidad de potencia y variedad de control, han conllevado a su uso en muchas industrias (aeroespacial, automotriz, marina, manufacturera, etc.). Aunque las aplicaciones varían considerablemente de industria a industria” (Perez, 2006, p. 33). Que es el entorno de la investigación y siendo el sistema hidráulico una de las partes fundamentales de los equipos a investigar.

7.6. Indicadores

Los indicadores son utilizados para medir el rendimiento de una organización. “Los indicadores de gestión se convierten en los signos vitales de la organización, y su continuo monitoreo permite establecer las condiciones e identificar los diversos síntomas que se derivan del desarrollo normal de las actividades” (Mora, 2008, p. 26).

Se disponen de distintos indicadores con la finalidad de medir el desempeño de una o varias organizaciones en las líneas de productividad, calidad y mantenimiento, que es lo importante para la investigación que se realizará.

“Un indicador es una magnitud que expresa el comportamiento o desempeño de un proceso, que al compararse con algún nivel de referencia permite detectar desviaciones positivas o negativas” (Mora, 2008, p. 26).

Los indicadores muestran el estado de lo que se está midiendo, no importando si su comportamiento es ventajoso. Es una gran herramienta para la toma de decisiones de gran impacto. Mora (2008) al trabajar indicadores es indispensable un sistema adecuado que abarca desde tomar datos, hasta la retroalimentación de las decisiones tomadas para mejora del proceso.

7.6.1. Tipos de indicadores

“Se define a un indicador como la relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto de objetivos y metas previstas e influencias esperadas” (Vásquez, Fajardo, Vásquez, Tapia, Macías Arroyo, Espinoza, Medina, 2019, p. 652). Existen distintos tipos de indicadores

entre los cuales encontramos los indicadores financieros y operativos, indicadores de tiempo, entre otros. Se hablará sobre los tres que son de interés siendo estos, indicadores de mantenimiento, calidad y productividad.

7.6.1.1. Indicadores de productividad

“Indicadores importantes en la empresa, los cuales reflejan la capacidad de la función logística de utilizar eficientemente los recursos asignados, es decir, mano de obra, capital representado en inversiones de inventarios, vehículos, sistemas de información y comunicaciones, espacios de almacenamiento, etc.” (Mora, 2008, p. 40).

Por dar ejemplos de los indicadores utilizados se pueden tomar las órdenes de trabajo mensuales de la planta, la cantidad de órdenes de trabajo que salen de la planta, el cumplir metas de pronóstico de producción con órdenes entregadas en la fecha establecida.

7.6.1.2. Indicadores de calidad

Utilizados para garantizar que los procesos de fabricación se realizan sin defectos con respecto al proceso de operación como tal y los materiales utilizados. Mora (2008) los indicadores de calidad tienen el objetivo de mostrar la eficiencia con la que se realizan actividades, o dicho en otras palabras es la forma de medir el nivel de perfección en los procesos.

Encargados de identificar las fallas en los procedimientos, tomando esto en cuenta es importante mejorar los indicadores de calidad, para que estos a su vez ayuden a mejorar la eficiencia en los costos y en el servicio.

Dentro de los indicadores de calidad se encuentran porcentaje de unidades finalizadas sin defectos, porcentaje de perfiles para ensamble sin defectos.

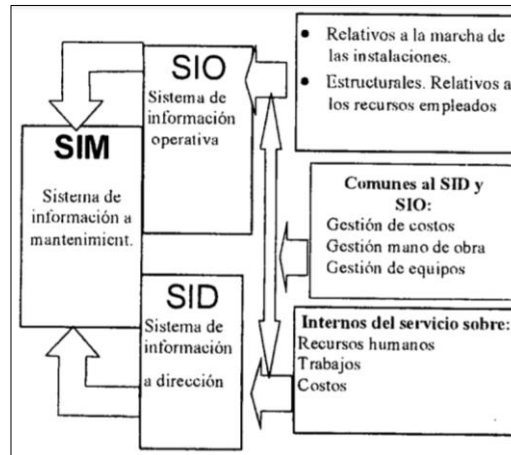
Este último es muy importante ya que si el porcentaje da resultados negativos conlleva a que las unidades se fabriquen con dimensiones erróneas, lo que involucra al indicador de porcentaje de unidades finalizadas sin defectos.

En este indicador también se toma en cuenta no solo las dimensiones, sino que tanto puede una maquina lastimar un perfil por falta de mantenimiento, ya que al perder calibración y/o filo las cuchillas estas tienen a lastimar los perfiles de lo cual se lleva una estadística indicando por cada unidad fabricada si existen perfiles dañados en su estructura.

7.6.1.3. Indicadores de mantenimiento

“Estos indicadores de mantenimiento son importantes para la investigación, Un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización” (Cruz y Pérez, 2001, p. 16), con esto se puede mencionar que se encontraran valores críticos con el fin de controlar y evaluar los equipos de investigación.

Figura 6. Estructura general del sistema de evaluación y control



Fuente: Cruz y Pérez. (2001). *Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento.*

Entre los indicadores de mantenimiento contamos con una cantidad grande, sin embargo, se tomarán los más importantes según los requerimientos de la empresa. Entre estos encontramos:

- Disponibilidad total: sin duda alguna este es el indicador más importante de mantenimiento. Muestra el tiempo en forma de porcentaje que el equipo está disponible para operación.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

- Tiempo medio entre fallas: permite conocer frecuencia de las fallas.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{No. de horas totales del periodo de tiempo utilizado}}{\text{No. de averias}}$$

- Tiempo medio de reparación: Permite conocer la importancia de las averías a través de su tiempo de reparación.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{No. de horas por paro de avería}}{\text{No. de averías}}$$

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTADO DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLOGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Conceptos de mantenimiento

1.1.1. Tipos de mantenimiento

1.2. Plan de mantenimiento

1.2.1. Necesidades implementar un plan de mantenimiento

1.2.2. Ventajas y desventajas de un plan de mantenimiento

1.3. Plegadora industrial

1.3.1. Funcionamiento

1.3.2. Riesgos específicos

1.3.3. Sistemas de protección

1.3.4. Tipos de plegadora industrial

1.4. Cizalla industrial

1.4.1. Funcionamiento

1.4.2. Riesgos específicos

1.4.3. Sistemas de protección

1.4.4. Tipos de cizalla industrial

1.5. Sistemas de los equipos cizalla y plegadora

1.5.1. Sistema eléctrico

1.5.2. Sistema mecánico

1.5.3. Sistema hidráulico

1.6. Indicadores

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

En este capítulo se describen distintos métodos los cuales se utilizarán con el fin de guiar y facilitar el desarrollo de la investigación a realizar.

9.1. Ruta de Investigación

La ruta planteada de investigación es mixta ya que se recopilará información tanto cualitativa a partir de la verificación de condiciones de los equipos, como cuantitativa al realizar mediciones los parámetros presión de trabajo y nivel de aceite de los equipos en mención.

9.2. Alcance de investigación

El alcance de investigación es descriptivo. Tras la revisión documental, se generará un diseño de un plan de mantenimiento de una cizalla y una plegadora de perfiles metálicos.

9.3. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es no experimental. Se recopila información tanto de documentos del fabricante, experiencias de operadores y documentos de mantenimientos históricos.

9.4. Variables

Se realiza desglose de variables y su tabulación:

Tabla I. **Operativización de variables**

No.	Objetivos específicos	Variables	Plan de tabulación
1	Identificar las condiciones de operación en las que se encuentran los equipos cizalla y plegadora de perfiles.	-Nivel de aceite Presión de trabajo	- *Tabla de inspección - Anexo 2
2	Establecer los parámetros que se deberán tomar en cuenta para la determinación del funcionamiento de los equipos.	-Nivel de aceite Presión de trabajo	- *Tabla de parámetros - Anexo 3
3	Desarrollar un cuadro de control para los parámetros de operación al realizar la estandarización de tareas de mantenimiento de los equipos cizalla y plegadora.	-Medición de nivel de aceite -Medición de presión de trabajo	*Tabla de medición - Anexo 4 *Procedimiento (resulta final de investigación)

Fuente: elaboración propia.

9.5. **Fases de investigación**

- Fase 1: revisión documental. Se realizará la revisión de bibliografía base para la elaboración del trabajo.
- Fase 2: reconocimiento de condición de operación. Se realiza visita para determinar en qué condiciones de operación se encuentran los equipos a través de visitar el área de trabajo, entrevistas con los operadores y elaboración de cuadros de inspección.
- Fase 3: investigación de parámetros de funcionamiento según fabricante.

Se realiza una investigación para encontrar los parámetros de funcionamiento adecuado de los equipos, en los cuales se toman en cuenta el nivel de aceite y presión de trabajo adecuado.

- Fase 4: traslado de la información obtenida a un formato adecuado para su uso.

Estas mismas fases estarán en el cronograma y en el esquema de solución. Y técnicas de análisis de información.

9.6. Población y muestra

La población de estudio se realizará sobre toda la población, siendo los equipos hidráulicos cizalla y plegadora ubicados en el área de maquinado.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para realizar las distintas fases la investigación se deberá utilizar una variedad de técnicas para analizar la información recolectada. Se realizará una revisión documental, esta se aplicará una vez se tenga la información de manuales del fabricante, por lo que se procederá a la depuración de la información y los recursos se enfocaran solamente en lo indispensable para la investigación.

A través de los datos que se obtendrán realizando las visitas al lugar donde se encuentran los equipos objetivos de la investigación, así también entrevistas con el personal del departamento producción y departamento de mantenimiento, y la elaboración de cuadros de inspección. La técnica para utilizar se basará en enumerar los puntos importantes que se logren obtener de las entrevistas, a través de datos históricos se realizará un análisis estadístico encontrando las frecuencias con las cuales se realizará una generación de tablas y gráficos sobre las fallas y periodicidad de los equipos. Así también, graficar la cantidad de repuestos utilizados con los datos de compras de repuestos para estos equipos.

A través de la obtención de reportes del encargado de calidad se analizarán los datos para saber el índice de producto defectuoso se adjudica a la falta de mantenimiento.

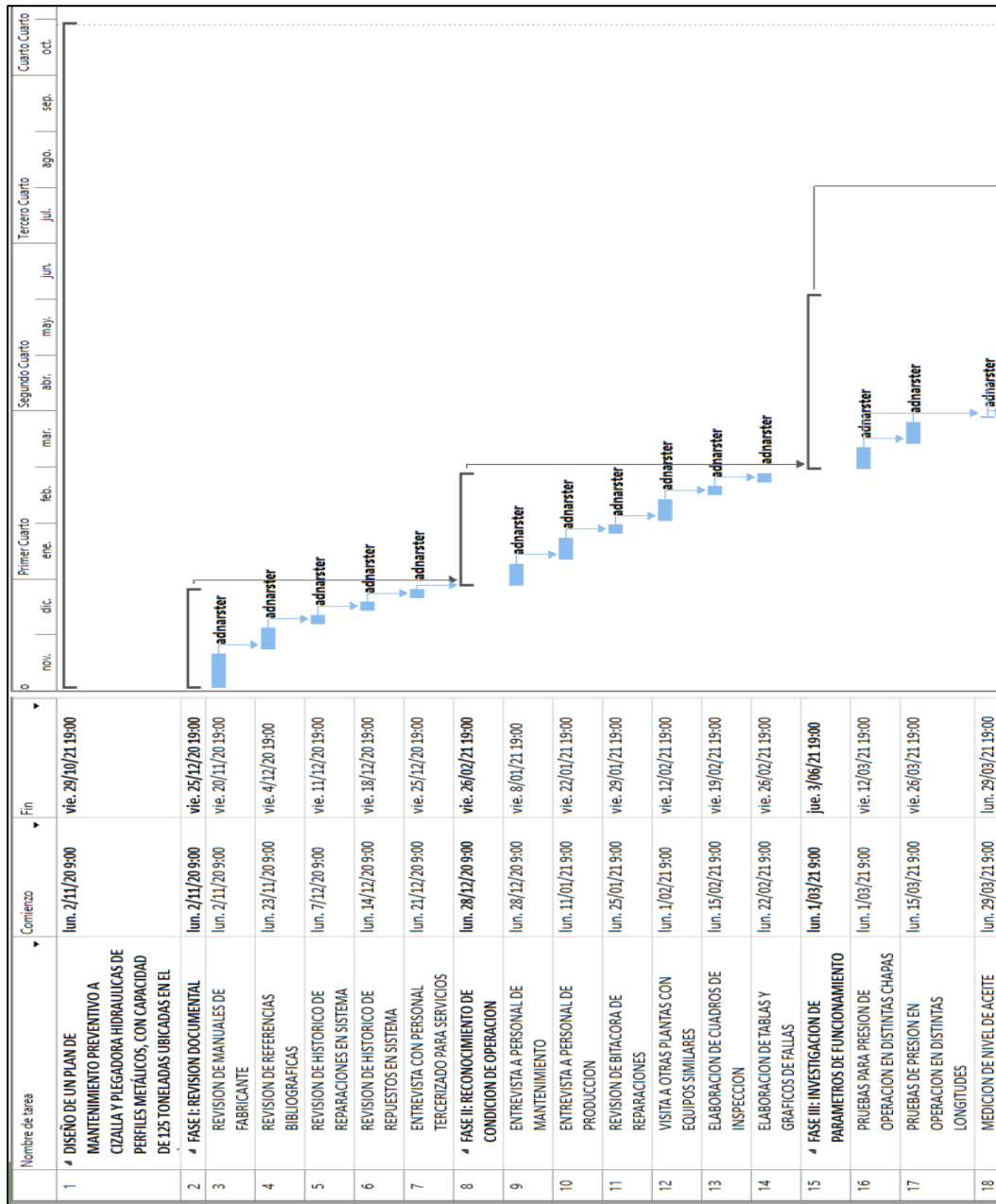
Se tomarán los parámetros de funcionamiento de los equipos, con esta información se realizarán tablas de inspección las cuales devolverán datos para ser analizados y entender el comportamiento o tendencia de los equipos en

cuanto a sus parámetros según los materiales a trabajar. Con esto se pretende mejorar el control del manejo de los equipos.

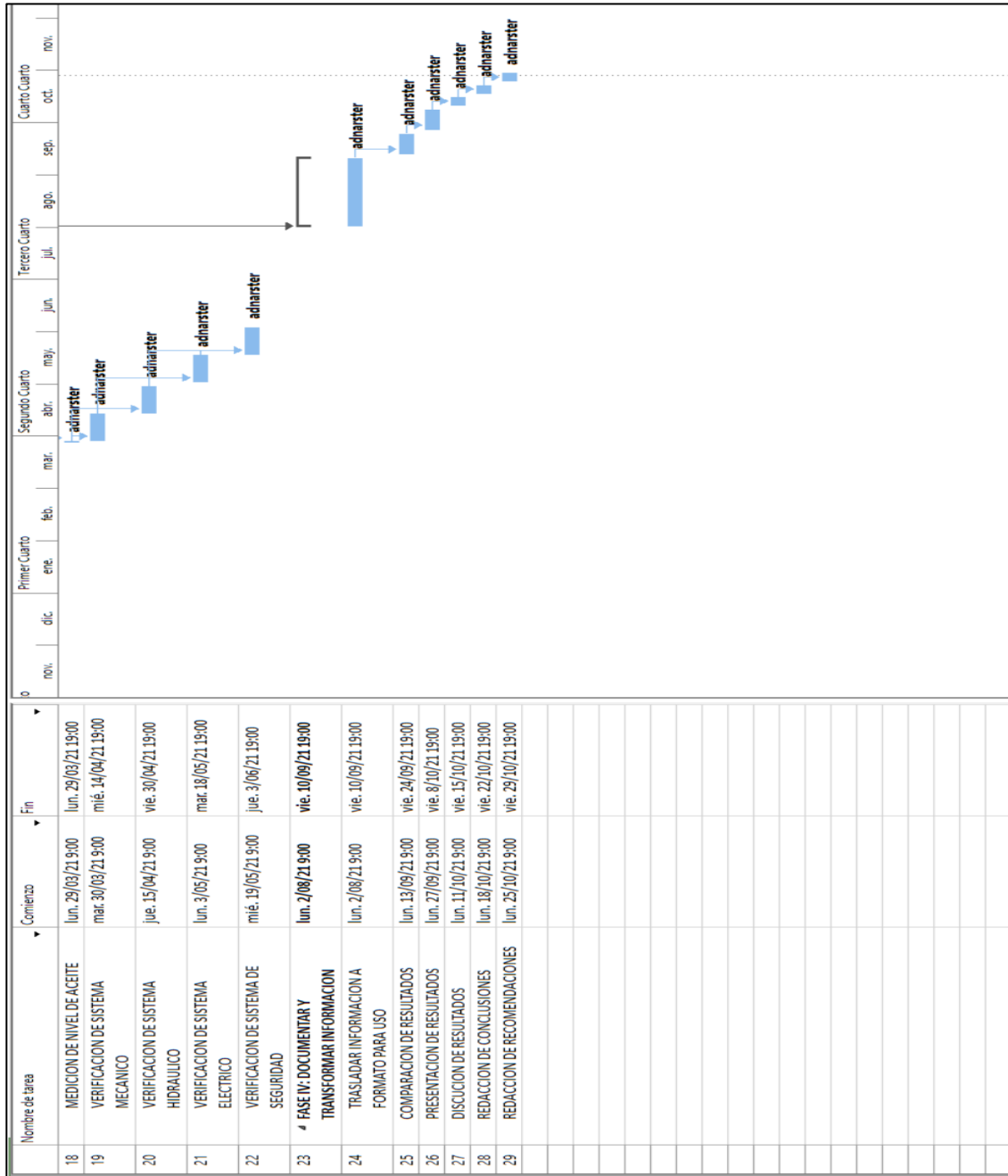
Por último, con todos los datos obtenidos se realizará un análisis de Pareto enfocando los recursos en resolver lo que provoca la mayor cantidad de problemas.

11. CRONOGRAMA

Figura 7. Cronograma de Actividades



Continuación de la figura 7.



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Cada una de las fases que se han propuesto para el desarrollo de la investigación del diseño de un plan de mantenimiento para los equipos críticos utilizados para la fabricación de perfiles, cuenta con recursos necesarios para llevar a cabo su ejecución, se aclara la factibilidad de realizar la investigación y cumplir con los objetivos propuestos.

Se evaluarán manuales de fabricante, entrevistas a personal de mantenimiento y operaciones, indicaciones de calidad de área encargada, históricos de mantenimiento, acceso a equipos similares instalados en plantas de la corporación, el acceso a toda la información ha sido autorizada por la parte interesada.

La aplicación y pruebas de distintas tareas se tienen autorizado el uso de personal técnico tanto interno como externo si es necesario. Otros gastos serán financiados por el investigador con un tiempo estimado de investigación de 4 meses.

Tabla II. **Presupuesto de la investigación**

No.	Recurso	Descripción del gasto	Costo	%	Financista
1	Humano	Asesor del trabajo	Q2,500.00	9.52%	Propio
2	Humano	Técnicos especialistas internos o externos	Q4,000.00	15.24%	Empresa
3	Tecnológico	Equipo de computo	Q12,500.00	47.62%	Propio
5	Transporte	Combustible y depreciación de vehículo	Q4,000.00	15.24%	Propio
6	Varios	Insumos varios	Q2,000.00	7.62%	Propio
7	Varios	Gastos imprevistos (5%)	Q1,250.00	4.76%	Propio
Total			Q26,250.00	100.00%	

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Aragon, J. Rosero, S. y Montoya, M. (16 de enero de 2020). Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos. *Lámpsakos*, 23(Vol. único), 37-44. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7428904.pdf>.
2. Botero, C. (1 de enero de 1993). Manual de mantenimiento. Parte I: ¿qué es el mantenimiento? *Informador Técnico*, 47 (Vol. único),38-42. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/321353976_Manual_de_mantenimiento_Parte_I_que_es_el_mantenimiento.
3. Bravo de las Casas, M., Ruíz, P., Marín, Y. y Quintana, G. (2019). Balanceo de cargas en los circuitos de distribución de un sistema eléctrico aislado que garantiza operación segura ante ocurrencias de averías. *Fundación Universidad del Norte*, 37(1), 1-16. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85263723001>.
4. Cruz, E. y Pérez, E. (2001). Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. *Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento*, 6(Vol. único). 1-9. Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/6calculo.pdf>.

5. Dimitroff, M., Pontelli, D., Zanazzi, J., Conforte, J. y Zanazzi, J. (31 de agosto 2016). Mantenimiento Preventivo: Asignación Grupal de Prioridades con Metodología Procesos DRV. *Revista Ingeniería Industrial*, 15(2), 163-177. Recuperado de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/2782/3200>.
6. Enriquez, W. (2016). *Manual para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento para los equipos principales de generación de energía eléctrica de la central Paute Molino de CELEC EP HIDROPAUTE*. Universidad del Azuay, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6372>.
7. Fernández, B., Espeso, M., Fernández, F. y Espeso, J. (2007). *Seguridad en el trabajo. Manual para la formación del especialista*. Madrid, España: Lex Nova.
8. García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Díaz de Santos, S.A.
9. Gómez de León, F. (1998). *Tecnología de mantenimiento industrial*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
10. Hernández, P., Carro, M., Montes de Oca, J., García, L. y Fernández, S. (1 de junio de 2008). Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Resultados finales y evaluación económica. *Revista de Ingeniería Energetica*, 19(2), 35-45.

11. Mariaca, Y., García, I., Clemente, C., Rodríguez, J., García, J. y Acosta, F. (17 de julio de 2018). Nueva metodología para el análisis de sistemas mecánicos utilizando modelos a escala y leyes de similitud. *DYNA - Ingeniería e Industria*, 94(1), 59-66. Recuperado de <https://www.revistadyna.com/busqueda/nueva-metodologia-para-analisis-de-sistemas-mecanicos-utilizando-modelos-a-escala-y-leyes-de-similit>.
12. Mora, L. (2008). *Indicadores de la gestión logística*. Bogota, Colombia: Ecoe Ediciones.
13. Pérez, J. (2006). Estado del arte de los software de simulación de los sistemas hidráulicos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(1), 32-37. Recuperado de https://www.academia.edu/3576920/Estado_del_arte_de_los_software_de_simulaci%C3%B3n_de_los_sistemas_hidr%C3%A1ulicos_State_of_the_art_of_simulation_software_of_the_hydraulic_systems.
14. Perez, G; Arango, M. y Aguledo, Y. (1 de julio de 2009). Aplicación del diseño de experimentos para el análisis del proceso de doblado. *Revista EIA*, 11, 145-156. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1492/149212825011.pdf>.
15. Prando, R. (1996). *Manual de gestión de mantenimiento a la medida*. Guatemala: Piedra Santa.

16. Quintero, M., Zambrano, H., Alfonso, H., Niño, E. y Quintero, S. (2011). Diseño y Elaboración de las Tecnologías de Inspección Basadas en herramientas de Limpieza para el Registro y Análisis de los Parámetros de Operación en Líneas de Transporte de hidrocarburos. *ITECKNE Innovación e Investigación en Ingeniería* 8(2):171-176. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/280091471>.
17. Ruvalcaba, M., Correa, J. y Zanella, V. (3 de marzo de 2014). Heurística de dos-etapas para el problema de corte de piezas con guillotinado bidimensional. *Revista Ingeniería Industrial*, 13(2), 19-33. Recuperado de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/90/3239>.
18. Sacristán, F. (2 de agosto de 2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. *Técnica Industrial*, 308, 30-41. Recuperado de <https://www.tecnicaindustrial.es/elaboracion-y-optimizacion-de-un-plan-de-mant/>.
19. Shkiliova, L. y Sanchez, M. (3 de marzo de 2011). Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1), 72-77. Recuperdo de <https://www.redalyc.org/pdf/932/93218850013.pdf>.

20. Vázquez, C., Fajardo, L., Vázquez, X., Tapia, D., Macías, F., Espinoza, R. y Medina, D. (2019). key performance indicator (KPI) "La satisfacción del cliente" y la competitividad en las operadoras de transporte terrestre intraprovincial de pasajeros. *Investigación Operacional*, 40(5), 652-657. Recuperado de <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/711/670>.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

Núm.	Objetivos específicos	Preguntas de investigación	Metodología
1	Identificar las condiciones de operación en las que se encuentran los equipos cizalla y plegadora de perfiles.	¿En qué condiciones de operación se encuentran los equipos cizalla y plegadora de perfiles a la fecha de investigación?	*Entrevista a operadores de equipos *Visita a lugar de equipo y verificar *Elaboración de cuadro de inspección
2	Establecer los parámetros que se deberán tomar en cuenta para la determinación del funcionamiento de los equipos.	¿Qué parámetros se deberán tomar en cuenta para determinar el funcionamiento de los equipos?	*Investigar en manual de fabricante
3	Desarrollar un cuadro de control para los parámetros de operación al realizar la estandarización de tareas de mantenimiento de los equipos cizalla y plegadora.	¿Cuál es el cuadro de control para los parámetros de operación al realizar de forma estandarizada las tareas de mantenimiento en los equipos?	*Medir presión de trabajo con manómetro *Medir nivel de aceite visual según fabricante

Fuente: elaboración propia.

