



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**“SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA
EMPRESA STEEL ESTRUCTURAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA
PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Trabajo de Titulación bajo la Modalidad de Propuesta Metodológica, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

Autor(a)

Santamaría Andino Franklin Javier

Tutor(a)

Ing. Cruz Villacís Juan Serafín. Mg

AMBATO – ECUADOR

2020

AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL

Yo, FRANKLIN JAVIER SANTAMARÍA ANDINO, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA EMPRESA STEEL ESTRUCTURAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”, como requisito para optar al grado de INGENIERO INDUSTRIAL y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 10 días del mes de Agosto del 2020, firmo conforme:

Autor: Santamaría Andino Franklin Javier

Firma:



Número de Cédula:050369429-1

Dirección: Cotopaxi, Latacunga

Correo Electrónico: javier4194@hotmail.com

Teléfono: 0984047205/032233299

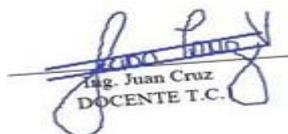
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación bajo la Modalidad de Propuesta Metodológica titulado “SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA EMPRESA STEEL ESTRUCTURAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”, presentado por el estudiante Franklin Javier Santamaría Andino, para la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 10 de Agosto del 2020



Ing. Juan Cruz
DOCENTE T.C.

Ing. Cruz Villacís Juan Serafín. Mg

DOCENTE TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, SANTAMARÍA ANDINO FRANKLIN JAVIER con C.I. 050369429-1, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 10 de Agosto del 2019



Santamaría Andino Franklin Javier

050369429-1

APROBACIÓN TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación bajo la Modalidad de Propuesta Metodológica, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, sobre el Tema: “SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA EMPRESA STEEL ESTRUCTURAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 10 de Agosto del 2020

Ing. Muzo Villacis Segundo Pedro, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Cumbajín Alférez Myriam Emperatriz, Mg.
VOCAL

Ing. Varela Aldás José Luis, Mg.
VOCAL

DEDICATORIA

Este triunfo va dedicado a mis padres Franklin y Amparo quienes me han sabido sacar adelante con su esfuerzo diario siempre apoyándome, aconsejándome y dándome mucho amor, ellos que siempre me dieron un buen ejemplo para yo nunca rendirme y lograr alcanzar mi meta.

A mis abuelitos Hugo (+), Teresa y Lucrecia que desde muy pequeño me supieron inculcar los mejores valores, a mi hermano Antony que siempre me ha apoyado siendo un soporte muy importante en este camino, a Génesis que ha sido una persona muy especial en mi vida, que me ha apoyado en mis objetivos para poder cumplirlos; gracias a ustedes he sabido superarme y vencer cualquier obstáculo, agradecido por su constante apoyo.

Dios los bendiga.

AGRADECIMIENTO

Agradecido con Dios por haberme la vida y la hermosa familia que tengo por siempre a pesar de las dificultades me ha dado fuerzas para seguir adelante y así poder seguir concluyendo mis metas.

A mis padres que me brindaron todo su esfuerzo y sacrificio diario ayudándome a salir adelante con sus consejos, gracias por ser un buen ejemplo como padres y amigos.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, en especial a la Facultad de Ingeniería Industrial y a todos los docentes que la conforman, quienes con gran sabiduría y paciencia compartieron sus conocimientos para culminar mi formación profesional.

Un agradecimiento a los Sres. Jaime Espín y Santiago Quevedo, quienes me supieron abrir las puertas de la Empresa STEEL ESTRUCTURAS para poder realizar este trabajo de investigación.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Juan Cruz. Mg, quien con su asesoramiento y sus conocimientos hizo posible que este trabajo de investigación se haya culminado con éxito.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	3
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	9
IDENTIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS	12
PROCESO DE PRODUCCIÓN ESTRUCTURA METÁLICA	12
HISTORIAL DE FALLOS	18
ÁREA DE ESTUDIO	21
ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS.....	22
DEFINICIÓN DE CRITICIDAD	24
MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	25
FICHA TÉCNICA	26
CONTROL DE MANTENIMIENTO.....	27
GESTIÓN DE REPUESTOS.....	27
FIABILIDAD.....	28
DISPONIBILIDAD	30
ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	31
MODELO OPERATIVO DE LA PROPUESTA	32
DESARROLLO DEL MODELO OPERATIVO.....	33

CAPÍTULOS III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA	35
ANTECEDENTES.....	35
BASE LEGAL	36

CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA.....	37
CÁLCULO DE CRITICIDAD	37
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	38
MODELO DE CRITICIDAD “MCR” (MATRIZ DE CRITICIDAD POR RIESGO).....	39
PROPUESTA DE ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE LA EMPRESA ..	41
CÁLCULOS DE FIABILIDAD	45
CÁLCULOS DE DISPONIBILIDAD	54
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	56
COSTOS FIJOS	58
COSTOS VARIABLES	58
COSTOS FINANCIEROS	59
COSTOS DE FALLOS	60
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	61
PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA “STEEL ESTRUCTURAS”	61

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Análisis de desperfectos mecánicos y eléctricos	11
Tabla 2.- Clasificación de las Máquinas	12
Tabla 3.- Historial de Fallos del mes de Noviembre.....	19
Tabla 4.- Información de la Empresa.....	22
Tabla 5.- Codificación de las máquinas existentes en la Empresa "STEEL ESTRUCTURAS"	37
Tabla 6.- Nivel y puntuación de cada aspecto.....	38
Tabla 7.- Resultados obtenidos de la evaluación de criticidad de la máquinas de la Empresa "STEEL ESTRUCTURAS"	39
Tabla 8.- Modelo de Criticidad MCR	40
Tabla 9.- Criticidad de los equipos de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS" ..	40
Tabla 10.- Mantenimiento Preventivo.....	41
Tabla 11.- Gestión de Repuestos.....	42
Tabla 12.- Lista de repuestos de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"	43
Tabla 13.- Ejemplos de disponibilidad y mantenibilidad.....	44
Tabla 14.- Índices de Disponibilidad	44
Tabla 15.- Datos de Fiabilidad Mezcladora dos tiempos	45
Tabla 16.- Datos de Fiabilidad Compresor	46
Tabla 17.- Datos de Fiabilidad Roto martillo.....	47
Tabla 18.- Datos de Fiabilidad Elevadores	48
Tabla 19.- Datos de Fiabilidad Amoladora	49
Tabla 20.- Datos de Fiabilidad Sierra Circular	50
Tabla 21.- Datos de Fiabilidad Taladro.....	51

Tabla 22.- Datos de Fiabilidad Pistola Neumática.....	52
Tabla 23.- Datos de Fiabilidad Soldadora.....	53
Tabla 24.- Resumen de Fiabilidad	54
Tabla 25.- Cálculos de Disponibilidad.....	54
Tabla 26.- Cronograma de actividades.....	57
Tabla 27.- Mano de obra de la Empresa.....	58
Tabla 28.- Lista de Herramientas de la Empresa	58
Tabla 29.- Costos variables de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"	59
Tabla 30.- Costos Financieros de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"	59
Tabla 31.- Costos de fallos de la empresa.....	60
Tabla 32.- Resumen de costos.....	61
Tabla 33.- Costo total de Mantenimiento.....	61
Tabla 34.- Cronograma Anual de Mantenimiento	62

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Diseño y planificación de la estructura	14
Imagen 2.- Pedido de orden y compra al proveedor	15
Imagen 3.- Recepción y almacenamiento de materia prima	16
Imagen 4.- Corte, armado, soldado y pintura de la estructura	17
Imagen 5.- Montaje estructural	18
Imagen 6.- Ubicación de la Empresa	21
Imagen 7.- Resumen de Disponibilidad	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Proceso de Fabricación de estructuras de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"	13
Figura 2.- Modelo Operativo	32
Figura 3.- Organigrama estructural de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS" .	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Ficha Técnica Mezcladora 2 tiempos	76
Anexo 2.- Control de Mantenimiento Mezcladora 2 tiempos	77
Anexo 3.- Ficha Técnica Compresor	78
Anexo 4.- Control de Mantenimiento Compresor	79
Anexo 5.- Ficha Técnica Roto Martillo	80
Anexo 6.- Control de Mantenimiento Roto Martillo	81
Anexo 7.- Ficha Técnica Elevadores	82
Anexo 8.- Control de Mantenimiento Elevadores	83
Anexo 9.- Ficha Técnica Amoladora	84
Anexo 10.- Control de Mantenimiento Amoladora	85
Anexo 11.- Ficha Técnica Sierra Circular	86
Anexo 12.- Control de Mantenimiento Sierra Circular	87
Anexo 13.- Ficha Técnica Taladro.....	88
Anexo 14.- Control de Mantenimiento Taladro.....	89
Anexo 15.- Ficha Técnica Pistola Neumática.....	90
Anexo 16.- Control de Mantenimiento Pistola Neumática.....	91
Anexo 17.- Ficha Técnica Soldadora.....	92
Anexo 18.- Control de Mantenimiento Soldadora.....	93
Anexo 19.- Orden de Trabajo	94
Anexo 20.- Lista de Herramientas	95
Anexo 21.- Pedido de Mantenimiento Externo	96
Anexo 22.- Empresa "STEEL ESTRUCTURAS	97

Anexo 23.- Zona de Dotación de EPP	97
Anexo 24.- Área de Mantenimiento	98
Anexo 25.- Zona de Almacenamiento de Equipos de mayor tamaño.....	98
Anexo 26.- Bodega	99
Anexo 27.- Área Administrativa.....	99
Anexo 28.- Área de Tratamiento de Aceites y Líquidos	100
Anexo 29.- Bodega de Componentes y Lubricantes.....	100
Anexo 30.- Layout de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"	101

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA EMPRESA STEEL ESTRUCTURAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.

AUTOR: Santamaría Andino Franklin Javier

TUTOR: Ing. Cruz Villacís Juan Serafín. Mg

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de mantenimiento eléctrico en la empresa “STEEL ESTRUCTURAS” del cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi. Para lo cual se ha realizado un estudio previo donde se encontró que el problema dominante en la empresa es la falta de un correcto mantenimiento, la ausencia de un sistema de gestión de mantenimiento eléctrico, lo cual genera paros innecesarios en la producción, mismos que traen consecuencias económicas a la empresa. La metodología utilizada es de campo, para la obtención de la información se basó netamente en los registros de fallos de la empresa. Se aplicó investigaciones con el propósito de evaluar las condiciones de las máquinas para esto se utilizó un modelo semicuantitativo de criticidad, obteniendo como resultado una lista evaluada de criticidad de las máquinas. La información analizada dio como resultado que las máquinas de la empresa STEEL ESTRUCTURAS presentan una disponibilidad del 75%. Una vez implementado el sistema de gestión de mantenimiento, se puede concluir que es de vital importancia para la empresa implementar el sistema de gestión de mantenimiento para así disminuir significativamente las fallas y los paros innecesarios de la producción. Es recomendable que la empresa aplique correctamente dicho sistema, basándose en las fechas y actividades establecidas, llevando un registro de mantenimiento con el formato establecido.

DESCRIPTORES: condiciones, disponibilidad, implementación, fallas, mantenimiento eléctrico.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: ELECTRICAL MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM IN THE COMPANY 'STEEL ESTRUCTURAS' IN LATACUNGA – COTOPAXI

AUTHOR: Santamaría Andino Franklin Javier

TUTOR: Ing. Cruz Villacís Juan Serafín. Mg

ABSTRACT

This research aims to design an electrical maintenance system in the company 'STEEL ESTRUCTURAS' in Latacunga – Cotopaxi. A previous study was carried out where it was found that the main problem in the company is the lack of a suitable maintenance and the lack of an electrical maintenance management system, which generates unnecessary stoppages in production that brings economic consequences to the company. The methodology used was field research and the collection of information was based purely on the company's fault records. A research was applied with the purpose of evaluating the conditions of the machines. To do this, a semi-quantitative model of criticality was used, obtaining as a result an evaluated list of criticality of machines. The analysed information of the machines of the company 'STEEL ESTRUCTURAS' resulted in an availability of 75%. Once the maintenance management system was implemented, it was concluded that it is really important for the company to implement the maintenance management system in order to significantly reduce failures and unnecessary stoppages in production. It is recommended that the company correctly apply this system, based on fixed dates, activities and keeping a maintenance record in a defined format.

KEYWORDS: availability, conditions, electrical maintenance, failures, implementation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se realiza el mantenimiento de equipos y máquinas se realiza a través de instrucciones del fabricante, protocolos genéricos y el Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM), son herramientas indispensables para focalizar el tipo de mantenimiento que se realiza a componentes internos y externos. El Mantenimiento Centrado en Fiabilidad RCM es el más completo ya que está compuesto por fases claras que son; realizar un estudio de fallos potenciales funcionales y técnicos , la implementación de un orden jerárquico en base a los componentes, detallar las especificaciones primarias y secundarias de los diferentes sistemas, clasificar y analizar el modo de fallo críticos y tolerables, conocer las medidas preventiva para subsanar los modos de fallo por medio del plan de mantenimiento el mismo que estará compuesto por planes y procedimiento de formación y operación para redactar las lista de mejoras de medidas preventivas en el proceso. El fin del Mantenimiento Centrado en Fiabilidad RCM es mejorar la disponibilidad de los equipos y máquinas para reducir de manera significativa los costos que se generan por realizar el mantenimiento (Valdivieso F. , 2013).

A nivel de Ecuador el mantenimiento de equipos y maquinas se lo realiza por medio del control de planes preventivos, que buscan la relación entre las horas de operación y el trabajo realizado, además del análisis de compontes que son de gran ayuda en cada etapa del plan de mantenimiento. Es necesario contar con una base de datos de las empresas que brinden la asistencia técnica y adquisición de

repuestos para la conservación de los sistemas; los planes de mantenimiento preventivo utilizados en el país son de gran ayuda considerando el valor adquisitivo de los talleres artesanales, en consideración a los costos de inversión de infraestructura y herramientas; el proceso de mantenimiento preventivo siempre debe tener en cuenta las especificaciones técnicas que se encuentran en los manuales del fabricante ya que es la fuente más confiable donde se puede encontrar desde la calibración de componentes hasta el cálculo de horas para realizar el mantenimiento (León, 2015).

A nivel de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS" se realiza mantenimiento de equipos y maquinas a través del sistemas de gestión de mantenimiento, el mismo que tiene como pilares fundamentales la legislación vigente, el análisis de las especificaciones técnicas de los actores, cronograma de mantenimiento y el cálculo del costo mano de obra y adquisición de equipos de las empresa. La empresa tiene como actividad principal la construcción de obras civiles, comprende la necesidad de tener tanto disponibilidad y fiabilidad dentro de su proceso de trabajo para evitar paros de obras de manera innecesaria, es donde interviene directamente el sistema de gestión de mantenimiento evitando el número fallas y daños, los mismos que se evalúan previamente antes de realizar su jornada de labores, siempre dando realce a la capacitación de los operarios que debe ser reforzada con capacitaciones de los pilares del sistema de gestión para que ellos lo pongan en marcha y así poder tener una mejora día a día (Riera, 2012).

ANTECEDENTES

En base al resumen ejecutivo y las conclusiones del proyecto de titulación “Propuesta de un Sistema de Gestión para el Mantenimiento de la Empresa Cerámica Andina C.A.”, se toma en consideración la herramienta 5S, la filosofía de la herramienta 5S denota la siguiente nomenclatura Seiri, organizar y seleccionar, Seiton, orden, Seiso, limpieza, inspección, Seiketsu, estandarización o normalización, Shitsuke, cumplimiento, los tres primeros principios se refieren al ámbito operativo, el cuarto ayuda a mantener el nivel alcanzando a través de las gamas de estandarización, mientras que el último principio procura que la implementación de esta filosofía se arraigue en los operativos como una práctica para realizar todos los días. Al momento de realizar las actividades de mantenimiento se observa que no existe un documento físico ni virtual de actividades programadas, por lo que se busca realizar formatos que sean entendibles tanto para las personas que omiten la orden como para los operarios que son los encargados de realizar el mantenimiento, las labores de mantenimiento correctivo representan las causas más significativas del paro de la producción y que origina el gasto más alto ante los demás tipos de mantenimiento; además de que el mantenimiento preventivo representa una solución para las empresas que presentan problemas de detención del sistema de producción. De igual forma al analizar los daos generales se pudo determinar que se trata de una empresa de gran renombre en la fabricación de cerámicas, que destina sus productos al mercado interno y externo, por lo cual es importante que posea una estructuración adecuada del mantenimiento para que no haya paros no programados (Sanmartin & Quezada, 2014).

1. Al aplicar la filosofía de las 5S, se puede identificar la organización, selección, orden, limpieza, inspección y estandarización para el cumplimiento de los procesos de gestión de mantenimiento para la empresa Cerámica Andina C.A.
2. El sistema a gestión de mantenimiento se adapta a la forma convencional, para cambiar la ideología de trabajo de los operarios al momento de realizar las actividades dentro de la empresa

3. Los niveles de mantenimiento deben tener claros sus parámetros ya que son los encargados directos de la conservación de la maquinaria evitando los paros del sistema productivo generando así costos adicionales, por lo que el análisis para el sistema de gestión se lo debe realizar desde un punto preventivo al momento de poner en marcha la fabricación de cerámicas para evitar los paros de producción innecesarios.

En base al resumen ejecutivo y las conclusiones del proyecto de titulación “Sistema de Gestión para Mantenimiento de Equipos Eléctricos Mediante Indicadores de Confiabilidad.“, se pudo determinar que las empresas necesitan en su estructura organizacional la implementación de un sistema de gestión óptimo para definir el tipo de mantenimiento. Además un sistema de gestión de mantenimiento reduce los costos de reparaciones de maquinaria para evitar el reemplazo de maquinaria, de tal forma que la planeación y ejecución de las labores de mantenimiento que se orientan a la maquinaria realimentar los valores en carácter de trabajo debido a que el mantenimiento pueden optimizar la vida útil del equipo, teniendo como referencia al trabajo y la carga horaria que presenta. De esta forma, el investigador planteó una estructura administrativa técnica donde se establece el manual de funciones, planificación y programación del área de mantenimiento para lograr una adecuada gestión, puesto generalmente por falta de organización e interés de los directivos se dificulta la disposición de la maquinaria (Jiménez & Valencia, 2015).

1. El sistema de gestión de mantenimiento aplicado a equipos eléctricos mediante la aplicación de indicadores de confiabilidad, brinda efectividad en cada uno de los procesos que contempla el análisis del costo de reparación de la maquinaria.
2. El mantenimiento que se debe realizar de forma inmediata es el predictivo ya que ayuda a considerar como se encuentran componentes internos como externos, que se encuentran en el equipo.
3. Es necesario cumplir todos los ítems orientados al mantenimiento que se encuentran en el manual de funciones, planificación y programación para

la gestión, por lo que los operadores son el eje fundamental para la conservación y análisis de cada componente.

En base al resumen ejecutivo y las conclusiones del proyecto de titulación “Mantenimiento de Sistemas Eléctricos de Distribución.”, el objetivo del artículo es dar una visión sobre el mantenimiento de distribución para la energía eléctrica, en donde se encuentra nuevos retos para la empresa distribuidora de energía eléctrica en el entorno cambiante y competitivo, los resultados en el análisis de Pareto dan a conocer la importancia del cumplimiento cabal de los planes de mantenimiento con la finalidad de mejorar el nivel de confiabilidad del servicio que ofrece la organización. Además el estudio de Pareto permite encontrar soluciones de mejora en el grado de confiabilidad de los puntos más críticos, esto con la utilización de la regla 80/20 que permitió determinar que existen más problema en los carreteros, ya existentes por las fallas que eran evidentes en el sector que se realizó el estudio, el mantenimiento de los sistemas eléctricos de distribución que maneja por diferentes análisis de normas de trabajo y reglas de seguridad, para obtener un análisis estadístico que se basan en toma de datos de campo. (Ordoñez & Nierto, 2015), el investigador tomo en consideración un estudio de factibilidad para la viabilidad de su propuesta en un lapso de 5 años para considerar si los costos se reducen al igual que el tiempo de operación de los sistemas, los resultados presentados en el análisis de Pareto refleja la importancia del cumplimiento riguroso de los planes de mantenimiento en el objetivo de mejorar el nivel de confiabilidad del servicio a los clientes del sistema eléctrico ecuatoriano, en el mantenimiento de los sistemas eléctricos de distribución tiene varias normas que se encuentran identificadas por medio de normas y reglas de seguridad para cada revisión de los sistemas.

1. El mantenimiento realizado para el sistema eléctrico de distribución de energía eléctrica, tiene como fin realizar un análisis del diagrama de Pareto, para identificar la ideas claves en base a los planes de mantenimiento y sistemas de distribución
2. La investigación que se realizó en el proceso de mantenimiento implementando la regla 80/20 que se encarga de encontrar los problemas

más evidentes de la distribución de energía, por lo que se debe seguir normas y reglas de seguridad, que se encuentren ligada al trabajo con nivel altos de voltaje

3. Los trabajadores al estar expuestos cables que llevan corriente y ondas energéticas, tienen que tener claro que hacer cuando suceda un incidente o accidente al momento de realizar este tipo de trabajo, al estar ligado a la integridad física fue importante realizar una propuesta para 5 años se debe dar seguimiento cada 6 meses para tener un control estadístico del tipo de mantenimiento que se tiene.

JUSTIFICACIÓN

La Empresa “STEEL ESTRUCTURAS“, se ubica en la Provincia de Cotopaxi, en la ciudad Latacunga, dicha empresa se encuentra destinada a la construcción de edificaciones mobiliarias, vías, complejos, urbanizaciones entre otras actividades dirigidas a obras civiles, la planificación para la consecución de dichas obras es muy relevante ya que por medio de este parámetro hay un gran ahorro de tiempo y réditos económicos, considerando que el mantenimiento tanto en maquinaria como equipos ayuda a que la vida útil de los componentes sea más duradera.

La **importancia** del mantenimiento se da a partir del inicio del proceso de trabajo, el correcto funcionamiento de los equipos y máquinas que participan en los sistemas de producción con respecto a las ganancias de cada organización, por tal motivo la inversión de recursos para mejorar el área de mantenimiento es primordial, por lo que se debe contratar personal altamente calificado que planifique actividades de prevención y detección de fallas que les permita garantizar la operación óptima de cada proceso en la fabricación de estructuras.

La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento es de gran **impacto** para la empresa, ya que dicho sistema es una herramienta eficaz y práctica que permite llevar detalladamente el control y mantenimiento de las condiciones de las máquinas, a su vez el estado de la infraestructura de la empresa, se debe considerar que las mejoras y el mantenimiento tiene la necesidad de ir mejorando continuamente, con el objetivo de alcanzar una mejor eficiencia laboral y productiva.

La **utilidad** de los requerimientos del mantenimiento de sistemas eléctricos y mecánicos son un eje de partida para escanear e identificar donde ocurre las fallas por medio de mediciones, monitoreo de parámetros y registros de fallas, donde el seguimiento hace referencia a inspecciones visuales y generales, para los procedimientos de revisión de componentes subsistemas y partes de los sistemas eléctricos y mecánicos. A partir del análisis de los equipos y la maquinaria se identifica una serie de conceptos que son comunes para el modelo que se propone como estrategia para actividades de mantenimiento de sistemas eléctricos y mecánicos.

El presente proyecto de investigación tiene como **beneficiarios** tanto a los operarios, equipos y maquinaria, donde antes de empezar la jornada laboral se posee una planificación, programación, revisión de líquidos, calibración , seguimiento y control de componentes, además de brindar liderazgo, comunicación y confiabilidad de la empresa para sus clientes.

La **factibilidad** del proceso de mantenimiento se contempla en el progreso de ejecución de los planes de mantenimiento donde la información debe ser concisa al llegar a cada uno de los departamentos y a los operadores de los equipos, herramientas y máquinas que se encuentran inmersos en cada mantenimiento, el registro de fallas, perturbaciones de funcionamiento son uno de los casos más frecuentes, por lo luego de la sociabilización del plan de mantenimiento los operadores y operarios de la empresa podrán ayudar a reconocer el tipo de falla de los equipos, herramientas y maquinaria.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar el Sistema de Gestión de Mantenimiento Eléctrico en la Empresa “STEEL ESTRUCTURAS “de la Ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio preliminar de la gestión de mantenimiento eléctrico de la empresa “STEEL ESTRUCTURAS”.
- Determinar mediante un estudio de fiabilidad y disponibilidad, cada uno de los equipos que se encuentran inmersos en los diferentes procesos asociados a la construcción de la empresa “STEEL ESTRUCTURAS”.
- Desarrollar la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento eléctrico para la empresa ‘‘STEEL ESTRUCTURAS’’, a través de un plan de mantenimiento preventivo en relación a la Norma ISO 9001.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

El área de mantenimiento industrial del sistema eléctrico de los equipos y máquinas de la empresa “STEEL ESTRUCTURAS”, son susceptibles a las circunstancias externas o internas del trabajo que compagina con la actividad a realizarse, por eso es fundamental revisar diariamente el tipo de mantenimiento realizado para tener conciencia de cómo se encuentra el equipo, para que los operadores de equipos y maquinas tengan un control, ante la aparición de posibles fallas como:

- El relé no actúa al instante;
- Los contactos se sobrecalientan constantemente, por lo que tendrán un desgaste prematuro;
- Los contactos no tendrán la presión adecuada;
- El tipo de soldadura de los contactos debe ser preciso para evitar pérdidas de presión;
- El calentamiento y rotura de la bobina por calentamiento o causas mecánicas;
- Deficiencia en el proceso de desconexión y atracción;
- El desgaste en fusibles, puntos de contacto y conexiones produce daños permanentes en el sistema eléctrico.

Al observar los niveles precarios de cómo se lleva el mantenimiento preventivo hacia los equipos y máquinas, se identifica paros en la jornada laboral por desperfectos mecánicos y eléctricos, lo que genera costos adicionales a la empresa

“STEEL ESTRUCTURAS”, por falta de disponibilidad de equipos y máquinas, ante trabajos establecidos, provocando descontentos en los clientes.

La gestión del procesos organizacional y desempeño hombre-máquina se encuentran inestables al carecer de una check list antes y después de la jornada laboral de los equipos y máquinas , provocando que los operadores y mecánicos de la empresa no tengan la suficiente información ante fallas que se dan desde el momento en que el equipo o la maquina empiezan su trabajo hasta que lo culmina el trabajo, el mantenimiento autónomo juega un papel fundamental para la prevención del deterioro de los componentes de los equipos y máquinas, el cual se llevara a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del proceso.

El análisis de desperfectos mecánicos y eléctricos que lleva el sistema de gestión de mantenimiento de la empresa, es ineficaz ya que no se tiene una disponibilidad ni fiabilidad adecuada de los equipos y máquinas que se utilizan para las construcciones civiles, la empresa está teniendo un déficit muy importante cada año por el tiempo de inoperancia de su activos fijos, dentro de las fallas más recurrentes se identifica las siguientes vibración excesiva de los motores, temperatura alta en la zona de chumaceras, ruidos al trasladar los equipo de un lugar a otro y el sobrecalentamiento del motor de los equipos, los mismos que causan graves daños dentro de componentes eléctricos y mecánicos. En la Tabla 1, Análisis de desperfectos mecánicos y eléctricos, se exponen los problemas más recurrentes que se dan en el proceso de construcción civil de la empresa “STEEL ESTRUCTURAS”, donde se identifican modos de fallas a través de vibración excesiva de los motores, temperatura alta en la zona de chumaceras, ruidos al trasladar los equipo de un lugar a otro y el sobrecalentamiento del motor de los equipos, dichas fallas se dan por que la empresa no cumple los procedimientos adecuados del mantenimiento preventivo llegando a tener que tipo de causas y soluciones se deben dar por parte del operario para evitar el daño total o parcial de los equipos y máquinas.

Tabla 1.- Análisis de desperfectos mecánicos y eléctricos

Análisis de desperfectos mecánicos y eléctricos		
Falla	Causa	Solución
Vibración excesiva de los motores	Equipo fuera del punto de equilibrio	Revisar el nivel de equilibrio de la transmisión
	El cambio de bobinas	Realizar balance dinámicamente
	En nivel de voltaje	Revisar voltaje, bornes de batería
Temperatura alta en la zona de chumaceras	Alineación incorrecta	Verificar posición en la transmisión
	Banda muy fija	Revisar calibración de la banda
	Polea dispersa del sitio correcto	La polea debe tener el tamaño adecuado
Ruidos al trasladar los equipo de un lugar a otro	El ventilador se golpea constantemente con el asilamiento	Sacar el ventilador para limpiarlo y revisar si no existen fisuras, si eso pasa cambiarlo
	Las carcasas que contienen a los componentes están flojas	Se debe realizar un apriete y ajuste de cada uno de los pernos
Sobrecalentamiento del motor de los equipos al realizar el trabajo	No se realiza el trabajo por fase interrumpida	Se tiene que identificar y revisar las líneas de conexión
	El ventilador necesita un cambio rápido	Se debe cambiar por un ventilador original del fabricante
	La descompensación por parte del voltaje en la zona de las terminales	Revisar si las conexiones son las adecuadas en la zona del transformador

Fuente: (Santamaria, 2020)

El análisis y enfoque de la investigación tienen claramente identificado cada parámetro que se debe mejorar para apoyar las siguientes directrices: limpieza, inspección de puntos clave del equipo, en busca de fugas o fuentes contaminantes, lubricación básica periódica de los puntos clave del equipo, formación es decir capacitación técnica y la más importante que de parte del operador reporte las

fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requiere una calibración o una programación a solucionar.

IDENTIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS

A continuación en la Tabla 2, se muestra una tabla detallada de las máquinas, en donde se puede observar que las mismas no tienen fichas técnicas de identificación de cada una de estas:

Tabla 2.- Clasificación de las Máquinas

ABREVIATURA	MÁQUINAS	MARCA	FICHA TÉCNICA
1	Mezcladora de dos tiempos	IMAQ	No tiene
2	Compresor	DeWALT	No tiene
3	Roto martillo	DeWALT	No tiene
4	Elevadores	IMAQ	No tiene
5	Amoladora	Makita	No tiene
6	Sierra circular	DeWALT	No tiene
7	Taladro	DeWALT	No tiene
8	Pistola de clavos	DeWALT	No tiene
9	Soldadora	PTK	No tiene

Fuente: (Santamaria, 2020)

PROCESO DE PRODUCCIÓN ESTRUCTURA METÁLICA

Un proceso de producción es el conjunto de actividades mediante las cuales se transforman un producto. Esta transformación crea riqueza, es decir añade valor a los componentes o inputs que adquiere la empresa. “El material comprado es más valioso y aumenta su potencialidad para satisfacer las necesidades de los clientes a medida que avanza a través del proceso de producción”, esto quiere decir que es muy importante que en los procesos se identifiquen todos los componentes que se requieren para obtener el producto final u output. (Mayorga, 2015)

Acorde a lo antes mencionado, en la Figura 1 se puede observar el proceso de fabricación de estructuras metálicas que maneja la empresa “STEEL ESTRUCTURAS”:

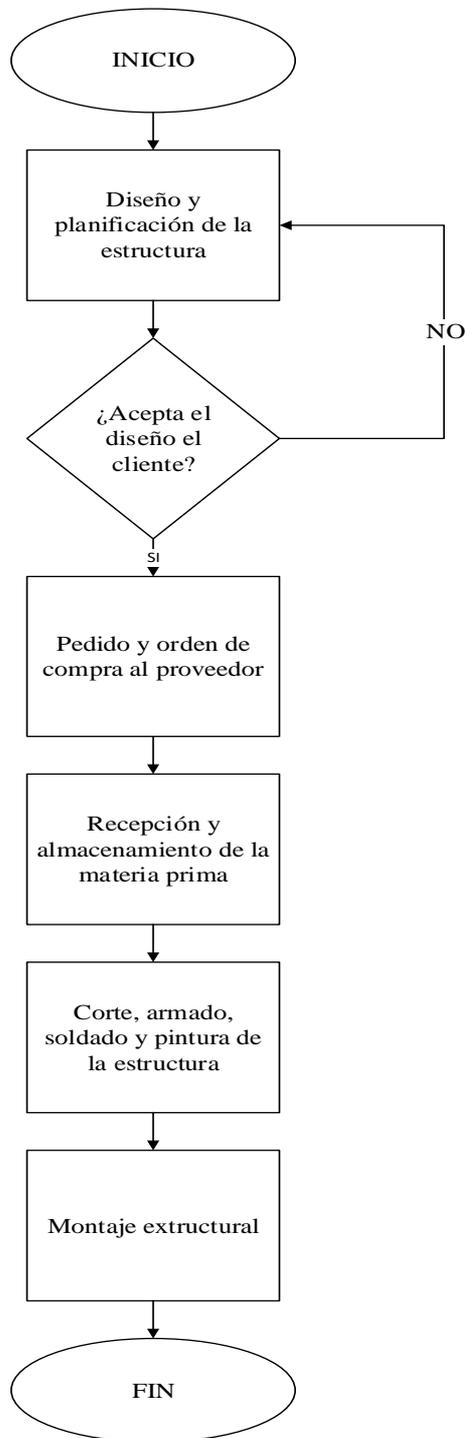


Figura 1.- Proceso de Fabricación de estructuras de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"

Fuente: (Santamaria, 2020)

Descripción del Proceso

1. Diseño y planificación de la estructura

El diseño y planificación de la estructura es una actividad netamente intangible en donde el cliente propone sus ideas para realizar el diseño en lo que corresponde a medidas tanto como de alto, ancho y largo. El diseño es realizado en el programa AutoCAD, en donde se pueden ir apreciando las dimensiones que va a tener dicha estructura. En la Imagen 1, se puede observar el diseño del plano estructural requerido por el cliente, mismo que presenta cada una de las piezas que serán utilizadas para llevar a cabo su fabricación.

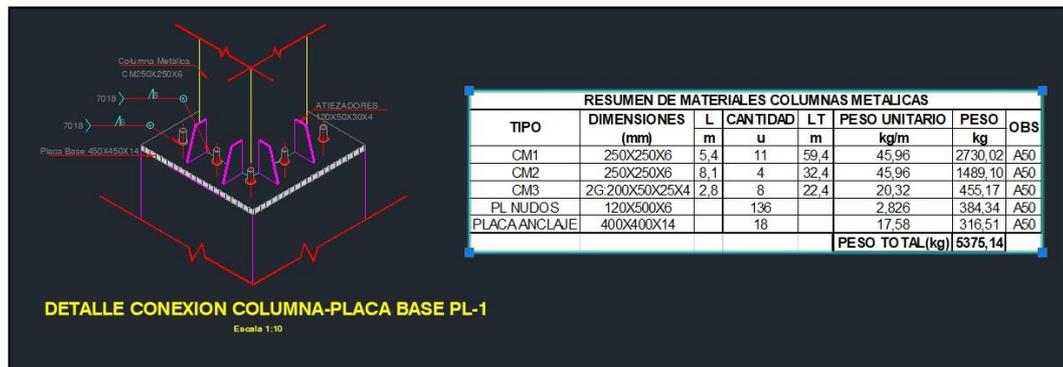


Imagen 1.- Diseño y planificación de la estructura
Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

2. Pedido y orden de compra al proveedor

Una vez ya aprobado el diseño requerido por el cliente, se procede a realizar tres cotizaciones con los diferentes proveedores para la adquisición de los materiales necesarios que serán utilizados en el proyecto, materiales tales como hierro, acero y los consumibles (suelda, gases, discos de corte, etc).

Luego de haber realizado la cotización y tener al proveedor se emite un pedido de compra por parte del departamento de bodega y producción, la misma que se ingresa en el sistema por la persona encargada del proyecto. (Ver Imagen 2)

DIRECCIÓN: AV. 9 DE OCTUBRE 1601 Y AV. COLON TELF: 2905789		Proceso: LOGISTICA		Versión: 02	
		FORMATO DE ORDEN DE COMPRA		Código:FO-LOG-02	
Orden de Compra No.					
FECHA:	martes, 14 de julio de 2020		FECHA MAX. DE ENTREGA:	jueves, 30 de julio de 2020	
ENTREGAR EN:	Planta Industrial Alejandrina		PLAZO DE PAGO:	Contado	
DIRECCIÓN:	Panamericana Norte Km 2 1/2		NOTA DE PEDIDO N°:	NP-2013-2020 al NP-2014-2020	
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	
1	24	UNIDAD	VARILLA ROSCADA 5/8x3000	IMPORTADORA E INVERSIONES ORBEA	
2	288	UNIDAD	TUERCA GALVANIZADA 5/8	IMPORTADORA E INVERSIONES ORBEA	
3	144	UNIDAD	ARANDELA PLANA 5/8	IMPORTADORA E INVERSIONES ORBEA	
4	1	UNIDAD	PL 1220x2440x14 mm	FERRETERIA TOAQUIZA	
5	31	UNIDAD	PERFIL U 250x125x6mmx6000	FERROTORRE	
6	31	UNIDAD	PLATINA 25x5mmx6000	FERROTORRE	
7	11	UNIDAD	PERFIL G 200x50x15x4mmx6000	FERROTORRE	
8	11	UNIDAD	PERFIL G 100x50x15x3mmx6000	FERROTORRE	
9	29	UNIDAD	PERFIL G 150x50x15x3mmx6000	FERROTORRE	
10	29	UNIDAD	FL 148x4mmx6000	FERROTORRE	
11	102	UNIDAD	FL 120x6mmx6000	FERROTORRE	
12	17	UNIDAD	FL 188x4mmx6000	FERROTORRE	
13	6	UNIDAD	FL 288x4mmx6000	FERROTORRE	

Imagen 2.- Pedido de orden y compra al proveedor
Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

3. Recepción y almacenamiento de materia prima

La empresa STEEL ESTRUCTURAS cuenta con una bodega de recepción y almacenamiento de materia prima (Ver Imagen 3), en donde se almacenan los materiales necesarios para su fabricación tales como: hierro, acero, pintura, etc. Con la respectiva guía de remisión por parte del proveedor asignado, se receipta y verifica que los ítems de la orden de compra tanto en unidades como kilogramos estén de acuerdo a la cantidad solicitada, para posteriormente ser almacenados de acuerdo a las medidas y espesores.



Imagen 3.- Recepción y almacenamiento de materia prima
Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

4. Corte, armado, soldado, pintado de la estructura

En este proceso se empiezan a realizar actividades necesarias para la fabricación de las estructuras, mismas que están descritas a continuación y pueden visualizarse en la Imagen 4.

El corte se realiza de acuerdo a las medidas establecidas en el plano por el cliente, siempre contando con las debidas normas de seguridad de los trabajadores.

El armado de la estructura se lleva a cabo de acuerdo al esquema del proyecto, una vez ya cortadas y clasificadas todas las partes necesarias que serán utilizadas en la fabricación de la estructura.

El soldado se lo realiza de acuerdo a la norma vigente del proceso de soldadura, calibrando las máquinas y controlando los defectos que se presentan en el mismo, realizando las pruebas de calidad: inspección visual y tintas penetrantes, que ameritan de acuerdo a la norma, radiografías y/o ultrasonido.

El proceso de pintado es realizado mediante el método SSPC-SP3 que corresponde a la limpieza con abrasivos, con la aplicación de pintura fondo anticorrosivo 125 micras, con el respectivo control en húmedo y seco.

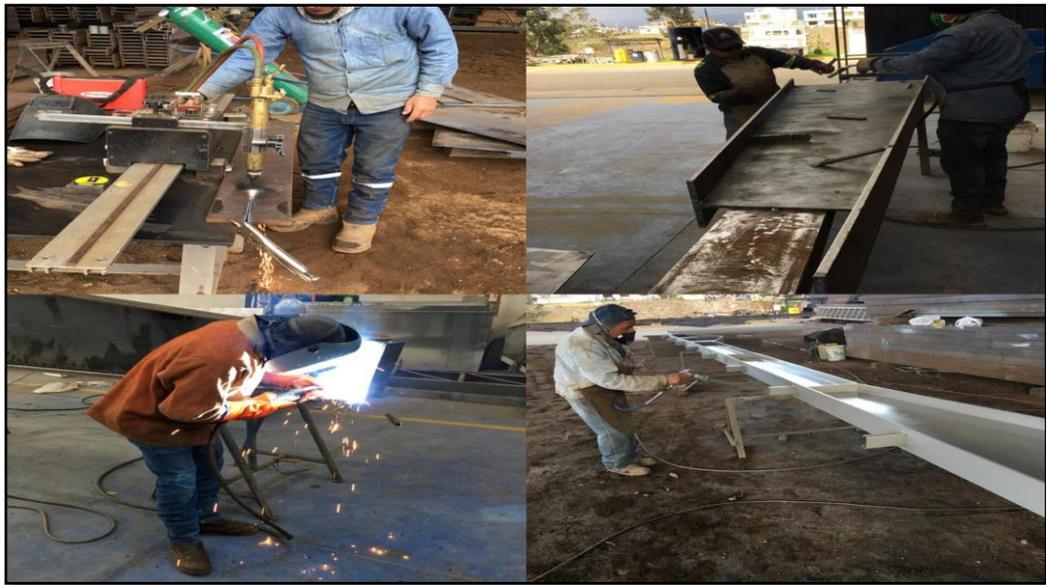


Imagen 4.- Corte, armado, soldado y pintura de la estructura
Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

5. Montaje estructural

Después de haber cumplido con las actividades anteriores se procede a transportar la estructura ya prefabricada al sitio donde será construida, mediante la utilización de: montacargas, brazo grúa o grúa de acuerdo a un plan de izaje con las debidas normas de seguridad de trabajo en altura, dando así la forma requerida de acuerdo al diseño y las exigencias del cliente.

En la Imagen 5, se puede observar el montaje estructural y terminado de la estructura en el punto de construcción dispuesto por el cliente, dando así unos últimos refuerzos de soldadura a la estructura ya finalizada.



Imagen 5.- Montaje estructural
Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

HISTORIAL DE FALLOS

El historial de fallas de una empresa o máquina es una herramienta utilizada para reconocer cuales son las máquinas que tienden a tener una mayor cantidad de fallas, por el mismo motivo demandan de una mayor cantidad de reparaciones. Este historial indica la frecuencia de los eventos de falla, ya sea al año, semestral, trimestral o mensualmente, dicho historial se puede apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3.- Historial de Fallos del mes de Noviembre

HISTORIAL DE HORAS FALLO DE LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA "STEEL ESTRUCTURAS"																											
MES DE NOVIEMBRE DEL 2019																											
MÁQUINA	JORNADA LABORAL	ACTIVIDAD	SEMANA 45					SEMANA 46					SEMANA 47					SEMANA 48					TOTAL HORAS FALLO AL MES				
			L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M		M	J	V	S
Mezcladora dos tiempos	8	Mezclar materiales para obtener cemento	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	8	8	8	8	8	4	51
Compresor	8	Proporcionar aire para diferentes usos	-	-	-	4	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	-	-	2	4	18
Roto martillo	8	Perforar hormigón	8	8	8	8	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	47
Elevadores	8	Mover materiales entre los pisos de la construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4	8	8	8	-	-	-	-	-	-	-	2	-	38
Amoladora	8	Cortar, lijar y pulir materiales	1	1	1	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4	13

HISTORIAL DE HORAS FALLO DE LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA "STEEL ESTRUCTURAS"																											
MES DE NOVIEMBRE DEL 2019																											
MÁQUINA	JORNADA LABORAL	ACTIVIDAD	SEMANA 45					SEMANA 46					SEMANA 47					SEMANA 48					TOTAL HORAS FALLO AL MES				
			L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M		M	J	V	S
Sierra circular	8	Cortar materiales de acero	-	-	-	-	8	-	-	-	-	5	-	1	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	18
Taladro	8	Perforar distintos materiales	8	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	14
Pistola neumática	8	Empujar clavos en cualquier tipo de material	-	-	-	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	1	-	29
Soldadora	8	Unir metales mediante el uso de calor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8	8	8	8	4	-	-	-	-	-	-	44

NOTA: Los días sábados la jornada de trabajo es a la mitad, es decir 4 horas laborales

Fuente: (Santamaria, 2020)

ÁREA DE ESTUDIO

Dominio:	Tecnología y sociedad
Línea de Investigación:	Automatización, diseño y construcción
Campo:	Ingeniería Industrial
Área:	Mantenimiento Industrial
Aspecto:	Mantenimiento Preventivo
Objetivo del Estudio:	Mantenimiento Preventivo Industrial y Eléctrico
Periodo de Análisis:	2020
Empresa:	STEEL ESTRUCTURAS
Área de ubicación de la Empresa:	Cotopaxi – Latacunga

En la Imagen 6 se puede observar un mapa con la ubicación geográfica de la Empresa STEEL ESTRUCTURAS en el Cantón Latacunga, en la Panamericana Norte s/n. Sector La Calerita. A 100mts al norte de la gasolinera del sindicato de choferes:

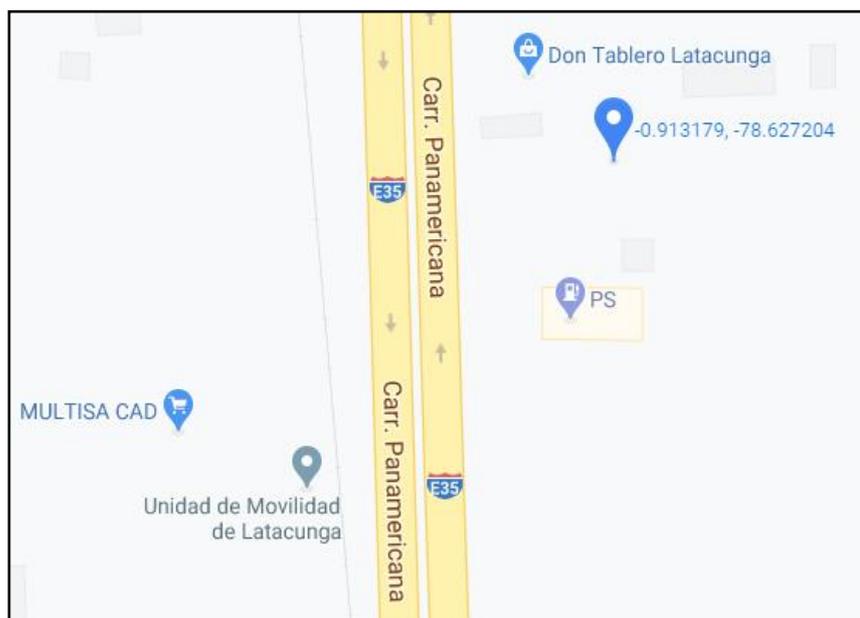


Imagen 6.- Ubicación de la Empresa
Fuente: Google Maps

En la Tabla 4 se puede observar información recolectada acerca de si existen o no en la empresa el personal encargado del mantenimiento de las máquinas, un sistema de gestión de mantenimiento, las herramientas necesarias para poder aplicar un correcto mantenimiento y poder evidenciar la existencia de un departamento de mantenimiento en la misma.

Tabla 4.- Información de la Empresa

N°	ACCIÓN O PERSONAL	SI / NO
1	Profesional encargado del mantenimiento de las máquinas	SI
2	Sistema de Gestión de Mantenimiento	NO
3	Herramientas necesarias para el mantenimiento	SI
4	Departamento de Mantenimiento	SI

Fuente: (Santamaria, 2020)

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se trata de un sistema de gestión de mantenimiento moderno que se basa en el análisis del sistema anterior para la identificación de los niveles de criticidad de las máquinas implícitas en cada sistema (Castillo A, Brito M y Fraga E, 2009).

Es importante tomar en cuenta que, el RCM implica el desarrollo de una metodología para el análisis de la criticidad en el que debe incluirse una expresión matemática para la jerarquización de sistemas, instalaciones y equipos que faciliten la toma de decisiones de manera conveniente y efectiva, con lo que se optimizan los recursos y esfuerzos hacia áreas donde hay mayor necesidad e importancia para el mejoramiento de la confiabilidad operacional (Castillo A, Brito M y Fraga E, 2009). Esta metodología permite además crear una lista ponderada donde los elementos se ubican desde más a menos crítico del total del universo estudiado, de este modo se pueden obtener tres zonas de clasificación que son: alta, media y baja criticidad.

Por lo tanto, la finalidad del mantenimiento centrado en la confiabilidad, es jerarquizar los procesos en sistemas y equipos para poder subdividir los elementos en secciones de acuerdo a su criticidad y así ser realizar controles oportunos o auditarlos (Choque, 2020).

Las necesidades de un buen mantenimiento

Partiendo del hecho que, todo equipo está expuesto a daños, existen funciones que reemplazan o permiten reparar unidades defectuosas, de esta manera el proceso de producción puede ser restaurado, una de estas funciones se denomina “mantenimiento” y se trata de una de las disciplinas que ha tenido un crecimiento exponencial a nivel industrial debido a razones como:

A criterio de Dejitiar (2016) se debe al aumento en la sofisticación en equipos de producción, revolución industrial que dio paso al mantenimiento de máquinas y equipos, segunda guerra mundial donde se dio la invención del transistor, la revolución de la información y la avalancha creciente en la complejidad tecnológica.

Para Lloret (2015) esto surge de la necesidad del retorno de la inversión, pues uno de los efectos laterales de la era tecnológica es el incremento en la presión para una mejor productividad, lo que conlleva a una mayor mecanización y a un incremento en el tamaño y eficacia de las máquinas.

Según Valdivieso (2015) el desarrollo, creación y en sí la investigación de equipos de producción se está incrementando con el paso de los años debido a requerimientos de mayores ganancias, que conducen a un aumento en los niveles de disponibilidad que tienen las empresas industriales en cuanto a producción.

Por su parte Castro (2016) manifiesta que el costo de mantenimiento como parte de los precios de producción está remontando importancia en la era industrial como parte del incremento de la mecanización y sofisticación de los equipos. Es así que aproximadamente entre un 15 a un 50% del total del costo de producción debe ser destinado a gastos de mantenimiento de equipos dependiendo de la industria.

Además, se debe tomar en cuenta que la complejidad de la función de mantenimiento, se expande a un amplio rango de disciplinas pues la necesidad de mantenimiento se evidencia en problemas de control de materiales, compras, personal, control de calidad, finanzas, programación, diseño, desarrollo de

proyectos de trabajo, fenómenos que conducen a que la gestión y tecnología del mantenimiento sea teorizado y formalizado a un ritmo creciente.

DEFINICIÓN DE CRITICIDAD

La criticidad puede definirse como el cálculo numérico determinístico de un sistema, que representa un impacto de falla en la seguridad, producción o el ambiente del proceso al cual pertenece (Hourné, 2012).

Para Hourné (2012) la ecuación matemática de la criticidad mayormente difundida, es aquella que indica que la misma es igual al producto entre la consecuencia y la frecuencia de ocurrencia, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Consecuencia} \times \textit{frecuencia de ocurrencia}$$

(Hourné, 2012)

(Ec. 1)

Por lo tanto, para calcular la criticidad es necesario aplicar un criterio determinístico que convierta las características cualitativas del subsistema/equipo como son flexibilidad, impacto en la producción, costos de reparación, impacto ambiental, confiabilidad operacional y entre otros, en valores numéricos que permitan clasificarlos de manera objetiva respecto al resto de elementos del sistema o planta (Viveros, 2013).

Partiendo de lo expuesto, para la presente investigación se tomó en cuenta algunos criterios expuestos por Uruman (2019), entre los que se pueden mencionar:

- **Frecuencia de fallas:** se refiere al número de fallas o eventos producidos anualmente en el proceso o sistema evaluado.
- **Impacto operacional:** respecta a las consecuencias que se dan en el área de producción que se desprenden de fallas en equipos o sistemas.
- **Flexibilidad operacional:** relacionada con la factibilidad de realización de cambios inmediatos para la continuidad de la producción sin que existan

paros de planta que susciten costos operacionales elevados por tiempos muertos.

- **Impacto de seguridad y medio ambiente:** implica la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados con afectación a personas o al medio ambiente como consecuencia de fallos.
- **Costo de mantenimiento:** valora el costo que implica la falla.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo tiene como objetivo mantener en funcionamiento los equipos a través de la supervisión de planes en puntos específicos, razón por la cual es conocido también como mantenimiento planificado, proactivo o basado en tiempos, ya que se trabaja con información de los fabricantes o a su vez con estadísticas sobre fallas frecuentes en equipos. Por lo tanto, el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo (Smith Anthony, Hinchcliffe Glenn, 2005).

El mantenimiento preventivo genera un conjunto de estrategias que deben ser ejecutada en fechas pre programadas, involucrando planes completos debido a que en estos se describen y detallan todos los materiales, herramientas y los repuestos que deben emplearse en el mantenimiento, además de contener el personal técnico a cargo de la reparación. Este tipo de mantenimiento es de gran importancia porque evita la presentación de paradas no programadas, generadas debido a que el personal se acostumbra a trabajar en máquinas por largo periodos de tiempo sin efectuar el mantenimiento respectivo, gracias a la velocidad que poseen al reparar fallas bajo presión (Flores, Pinedo, Méndez, & Minaya, 2016).

En este contexto, los trabajos a la ligera deben evitarse debido a que las zonas en las que se trabaja resultan de alto riesgo, donde se puede aplicar las siguientes medidas preventivas:

- **Tareas de mantenimiento:** se refiere a trabajos precisos ejecutados con fin de evitar el apareamiento de fallas, entre ellos se pueden mencionar: las inspecciones visuales, lubricación, limpieza técnica, ajustes sistemáticos,

cambios de piezas, intervenciones con instrumentos internos y externos y finalmente las grandes revisiones (García, 2003).

- Acciones de mejora y/modificaciones de instalaciones: los fallos pueden ser evitados con la aplicación de planes de mejoras, entre ellas están los cambios de materiales, cambios de diseños de piezas, instalación de sistemas de detección, modificaciones en diseños de instalación o cambios en las condiciones externas (García, 2003).
- Cambios en procedimientos de operación: los operarios que tienen contacto directo con equipos o sistemas en el día a día son un punto importante del mantenimiento porque al realizar pequeños cambios en la manera en la que estos realizan una tarea, puede ser de gran utilidad y repercutir positivamente en la productividad. Esta medida es económica y práctica e implica principalmente en la inversión en capacitaciones que deben estar apoyadas por los superiores para evitar que los operarios se muestren reacios a cambios (García, 2003).
- Cambios en procedimientos de mantenimiento: ciertas fallas se producen debido a que el personal de mantenimiento no efectúa su trabajo cabalmente, pero esta situación puede mejorarse con la creación de un procedimiento simple que incluyan datos como tolerancia, ajustes y entre otros (García, 2003).

FICHA TÉCNICA

La ficha técnica es un registro en el cual se incluyen las características técnicas y variables físicas de cada máquina como son: datos de fabricación, modelo, serie, año, dimensiones, amperaje, potencia, etc. (Gómez Gustavo y Gómez Jesús, 2016).

Estas fichas técnicas se realizan por cada una de las máquinas, mismas que en el presente proyecto se las puede ubicar en la sección de Anexos con los números: 1,3,5,7,9,11,13,15,17.

CONTROL DE MANTENIMIENTO

El control de mantenimiento permite llevar un registro detallado de las acciones de mantenimiento que se han realizado en cada una de las máquinas de la empresa (Gómez Gustavo y Gómes Jesús, 2016).

De la misma forma, los controles de mantenimiento de cada una de las máquinas implicadas en el presente proyecto investigativo se encuentran en los Anexos: 2,4,6,8,10,12,14,16,18.

GESTIÓN DE REPUESTOS

Las piezas de repuestos, son omnipresentes en las sociedades modernas, su importancia y necesidad nace cada vez que un componente falla o requiere reemplazo. En ciertos sectores como por ejemplo la industria aeroespacial y de automoción, existe una amplia gama de piezas de mantenimiento que tienen importantes consecuencias para la disponibilidad y retención de inventario, por lo tanto, su gestión es imprescindible (Syntetos, 2001).

Las piezas de repuestos, son aquellas que se emplean para reemplazar las piezas originales en las máquinas desgastadas o con un deterioro debido al uso constante requerido por la producción. Razón por la cual, las empresas cada vez más se han preocupado por tener en sus inventarios gran cantidad de piezas, además de definir políticas óptimas para los repuestos de equipos en las industrias ya que en la actualidad se ha convertido en una necesidad y un aspecto importante en la gestión de mantenimiento (Gómez, 2009).

Para Webin (2012) los inventarios de piezas de repuestos existen para suplir la necesidad de mantenimiento de elementos en la planta de operación, pero dichos inventarios no tienen una relación directa con el artículo dirigido al cliente, sino más bien con la máquina o el equipo para su elaboración, por tanto, el cliente no es un destino final. Además que pese a que los inventarios de piezas de repuesto difieren de los de producto en proceso y producto terminado, su variable de decisión es la misma, es decir el gerente de planta debe tomar la decisión sobre la densidad óptima de población de piezas de repuesto, de modo que se minimicen

los costos por mantenimiento y los riesgos por la no posesión de ciertos repuestos en los inventarios. Los costos relacionados con piezas de repuesto son del tipo de costo de penalidad, debido a la no tenencia de repuestos disponibles, mismo que consiste por lo general en costos afines al tiempo de inactividad prolongado para esperar los repuestos y los costos de emergencia incurridos para adquirir dichos repuestos, pero se debe tomar en cuenta que, mantener piezas de repuesto en cantidades excesivas también conduce a costos considerables en los libros contables debido a los costos de mantener inventario (Webin, 2012).

Desde el momento del diagnóstico de la avería se determina el repuesto que se requiere, por lo cual es importante saber la pieza que se va a reemplazar, conociendo sus características, o en ocasiones incluso su nombre o número de serie.

FIABILIDAD

La fiabilidad es definida como el grado de confianza que se posee de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función para la que fue creada, durante un periodo de tiempo determinado, bajo condiciones y estándares de funcionamiento. De esta forma se indica que la fiabilidad se refiere a la probabilidad de que un elemento desempeñe su función requerida en un intervalo de tiempo establecido y de acuerdo a las condiciones de uso predefinidas (Mesa & Ortíz, 2006).

De esta forma, una vez que se han obtenido los datos del historial de fallos de la maquinaria de la Empresa Steel Estructuras se procedió al cálculo de la fiabilidad de los equipos, considerando una jornada de trabajo de 8 horas diarias, para posteriormente calcular la confiabilidad total del sistema. Las fórmulas que se utilizan son las que se mencionan a continuación:

Tiempo medio hasta haber reparada la avería (MTTR)

El tiempo medio de reparación (*Mean Time To Repair, MTTR*) se refiere al estudio de tiempos de varios fallos y se realiza el cálculo del valor medio (Sierra & Andrea, 2018)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} averías}$$

(Sierra & Andrea, 2018)

(Ec. 4)

Dónde:

MTTR= Medium Time to Repair o tiempo medio hasta haber reparada la avería.

ΣTTR= Tiempo total empleado en restaurar la operación después de cada falla

Tiempo Medio entre falla (MTBF)

Se refiere al tiempo medio esperado hasta que se presente el primer fallo o avería y como no es reparable, representaría el último, de esta forma constituye el parámetro fundamental a través del cual se puede medir la fiabilidad de los elementos que no se reparan (Sierra & Andrea, 2018).

Generalmente este indicador presenta gran dificultad de cálculo, debido a que el usuario requiere conocer cierto número de datos que proceden del servicio de producción, tales como el tiempo de apertura de cada funcionamiento, el tiempo de paro, el tiempo de micro paro, entre otros (Sierra & Andrea, 2018).

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} averías + 1}$$

(Sierra & Andrea, 2018)

(Ec. 5)

MTBF= Tiempo Medio entre falla

TBF= Time between failures (Tiempo entre fallas)

Tasa de fallos (λ)

Se refiere al parámetro básico que permite medir la fiabilidad de un sistema, de esta forma se define como el número total de fallas dentro de una población de elementos, dividido por el número total de unidades de vida gastadas por la población, durante un intervalo de medición particular bajo las condiciones establecidas (Sierra & Andrea, 2018),

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

(Sierra & Andrea, 2018)

(Ec. 6)

Función de fiabilidad R(t)

Se llama también función de supervivencia, es la que complementa la unidad de la función de distribución acumulada que se representa como F(t). De esta forma la función de fiabilidad se refiere a la probabilidad que existe de que un elemento nuevo perdure más del tiempo t (Sierra & Andrea, 2018)

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

(Sierra & Andrea, 2018)

(Ec. 7)

DISPONIBILIDAD

La disponibilidad se puede definir como el nivel de confianza que se tiene de que una maquinaria o equipo que requirió de mantenimiento, desarrolle su función de manera satisfactoria para un periodo de tiempo definido. De manera práctica, la disponibilidad puede ser expresada como el tiempo en el sistema se encuentra listo para su funcionamiento, esto es para sistemas que se encuentran operativos de manera continua (Mesa & Ortíz, 2006).

Durante el diseño de sistemas es importante buscar un equilibrio entre la disponibilidad y el costo. “Dependiendo de la naturaleza de requisitos del sistema, el diseñador puede alterar los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de forma a disminuir el costo total del ciclo de vida” (Mesa & Ortíz, 2006).

ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los costos de mantenimiento se refieren al valor monetario que representan las acciones de mantenimiento que se realizan para conservar o restaurar una máquina o equipo a un estado específico. El cálculo de los costos de mantenimiento son muy importantes debido a que sirve para anticiparse a eventos futuros, por lo cual una adecuada planificación representa ahorros para la empresa, lo cual acarrea ganancias a la organización (Grupo RPP, 2018)

MODELO OPERATIVO DE LA PROPUESTA

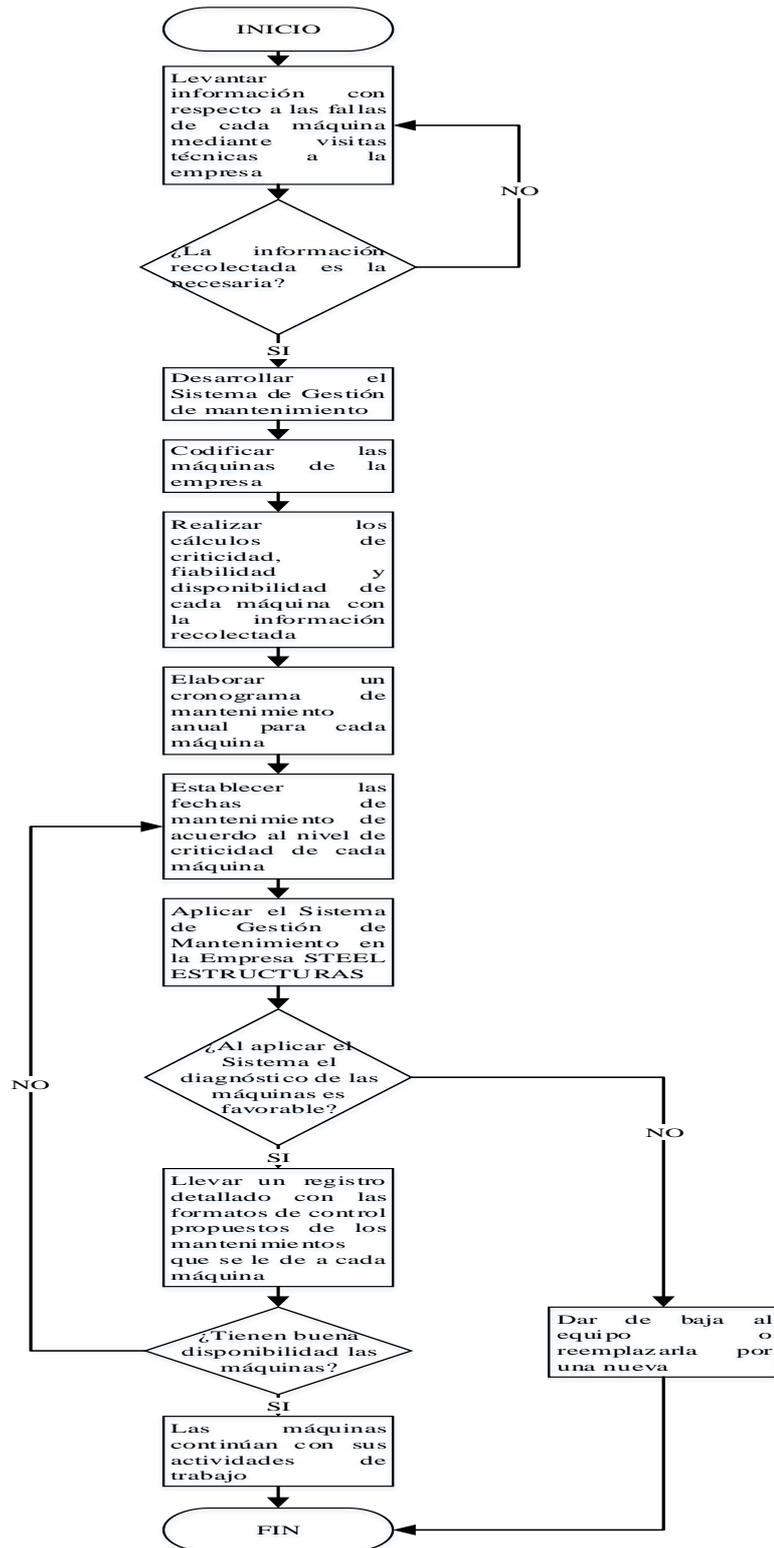


Figura 2.- Modelo Operativo
Fuente: (Santamaria, 2020)

DESARROLLO DEL MODELO OPERATIVO

Mediante unas visitas técnicas periódicas a las instalaciones de la empresa STEEL ESTRUCTURAS se ira empezando por levantar datos reales acerca del número de fallas que se han presentado en el proceso de producción de estructuras en las diferentes máquinas utilizadas.

Una vez recolectados los datos acerca de las máquinas se procede a verificar si los mismas son los realmente necesarios para poder seguir desarrollando el Sistema de Gestión de Mantenimiento, en el caso de que no sean los necesarios procedemos nuevamente a recolectarlos más a fondo.

Luego de que ya se encuentren establecidos todos los datos necesarios acerca de cada máquina que es utilizada en el proceso de producción de estructuras metálicas, procedemos al desarrollo del Sistema de Gestión de Mantenimiento comenzando desde el diseño y planificación de la misma.

Como primera parte del desarrollo del Sistema es necesariamente empezar a codificar las máquinas que son utilizadas en el proceso de producción con la finalidad de que estas se distingan del resto de la empresa.

Posteriormente se comienza a realizar los cálculos de criticidad, fiabilidad y disponibilidad de cada una de las máquinas que son utilizadas en el proceso de fabricación con los datos ya anteriormente recolectados, para así poder recolectar y clasificar de una manera correcta y precisa las máquinas que sean expuestas a un alto esfuerzo laboral y tenga tendencia a fallar con frecuencia.

Después se elabora un cronograma anual de mantenimiento para cada una de las máquinas basándonos en los cálculos y su clasificación de acuerdo a la criticidad de las mismas se programan las fechas y actividades a las cuales serán sometidas las maquinas con la finalidad de darles mantenimiento.

Una vez ya establecidas las fechas en las cuales serán sometidas cada máquina a mantenimiento, se especifica la actividad a realizar, el responsable de la misma y los cambios de repuestos que tendrán cada una.

Utilizando el Sistema de Gestión de Mantenimiento, el cronograma anual de mantenimiento y las fechas establecidas se aplica de una manera eficaz y correcta en la empresa STEEL ESTRUCTURAS.

Después de haber aplicado el Sistema se realiza una toma de decisión en la cual se verifica si después del mantenimiento de las máquinas aun las mismas presentan un diagnóstico favorable para así poder seguir aplicando y dando cumplimiento a las actividades propuestas en el Sistema. En el caso de que el diagnóstico de las máquinas no sea favorable, las mismas tendrán que ser reemplazadas o dadas de baja según cual sea la decisión del técnico.

Cada vez que se aplique el mantenimiento de cada máquina se llevara un registro detallado del mismo que especifique las actividades realizadas.

Controlando cada una de las máquinas una vez que ya hayan sido sometidas a mantenimiento para comprobar su correcto funcionamiento y que continúen con sus actividades laborales normalmente. Si el funcionamiento no fuese el adecuado para que realicen sus actividades laborales se establecerán nuevamente fechas en donde sean sometidas a un mantenimiento.

Luego de haber sido sometidas a un mantenimiento y se haya dado cumplimiento a las actividades del plan y tengan un funcionamiento correcto, estas siguen realizando con normalidad sus actividades laborales.

CAPÍTULOS III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Empezando por la situación actual de la empresa STEEL ESTRUCTURAS, procedemos al planteamiento de la propuesta para dar el correcto cumplimiento a los objetivos y modelo operativo que se ha establecido en este trabajo de investigación.

ANTECEDENTES

MISIÓN

Somos un una empresa que brinda soluciones de ingeniería en el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura, a entidades públicas y privadas. Trabajamos con avanzada tecnología, personal técnico calificado y un sistema de gestión, que busca el mejoramiento continuo y la satisfacción de nuestros clientes. (Steel Estructuras, 2015)

VISIÓN

Ser la mejor opción en soluciones de ingeniería, en diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura, reconocida por sus altos estándares de calidad, el compromiso de su personal hacia la mejora continua y la satisfacción de sus clientes. (Steel Estructuras, 2015)

BASE LEGAL

El punto 7.1.3 de la norma ISO 9001 2015 del sistema de gestión de calidad tiene como objetivo el mantenimiento de la infraestructura de la empresa para lograr y conservar los requerimientos previstos para los servicios o productos finales ofrecidos por dicha empresa, con respecto a dicho punto. (Norma ISO 9001, 2015)

7.1.3. Infraestructura

La organización tiene la obligación de determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios. (Norma ISO 9001, 2015)

La infraestructura puede incluir:

- a) Edificios y servicios asociados;
- b) equipos, incluyendo hardware y software;
- c) recursos de transporte;
- d) tecnologías de la información y la comunicación

En una organización u empresa, las máquinas son las herramientas de mayor importancia de su infraestructura por lo cual se la considera para el actual procedimiento de gestión de mantenimiento.

Con el uso de la Norma ISO 9001, punto “7.1.3 infraestructura” tiene como objetivo promover la correcta aplicación de un mantenimiento de manera periódica, adecuado a la infraestructura de la empresa, impidiendo un aumento de la paradas innecesarias de producción, el manejo correcto del personal de la empresa, la compra adecuada de repuestos de cada máquina, aportan para el cumplimiento de conformidad con los requerimientos (Norma ISO 9001, 2015).

CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA

Todos los equipos de la empresa deben estar proporcionados por un código que los distinga de los demás, con el objetivo de reconocerlos en un plano (layout).

A continuación en la Tabla 5 se puede observar la codificación de las máquinas de la empresa, para lo cual se definió la abreviatura MSE (Máquinas Steel Estructuras), la numeración de cada máquina existente en la empresa. En el Anexo 27 se detalla el layout de la empresa en donde se detalla la distribución y ubicación del espacio físico de las máquinas.

Tabla 5.- Codificación de las máquinas existentes en la Empresa "STEEL ESTRUCTURAS"

MÁQUINAS	MARCA	CÓDIGO ALFANUMÉRICO
Mezcladora de dos tiempos	IMAQ	MSE-1
Compresor	DeWALT	MSE-2
Roto martillo	DeWALT	MSE-3
Elevadores	IMAQ	MSE-4
Amoladora	Makita	MSE-5
Sierra circular	DeWALT	MSE-6
Taladro	DeWALT	MSE-7
Pistola neumática	DeWALT	MSE-8
Soldadora	PTK	MSE-9

Fuente: (Santamaria, 2020)

CÁLCULO DE CRITICIDAD

Criticidad Total

Criticidad total = Frecuencia de fallas x Consecuencia

$$Crt = Fr.F \times C$$

(Hourné, 2012)

(Ec. 2)

$$C = (\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Impacto salud y Ambiente}$$

(Hourné, 2012)

(Ec. 3)

Dónde:

Crt = Criticidad

Fr.F = Frecuencia de Falla

C = Consecuencia

Con respecto a los ítems mencionados en el párrafo anterior, es necesario tener en cuenta los criterios a evaluar y como se realizará su evaluación para obtener los valores de criticidad de cada máquina. En la Tabla 6 se pueden observar los niveles y las puntuaciones asignadas a cada aspecto.

Tabla 6.- Nivel y puntuación de cada aspecto

Guía de Criticidad	
A. Frecuencia de fallo (todo tipo de fallo) (Fr.F)	Puntos
Alto, mayor a 5 fallas anuales.	4
Promedio, de 2 a 4 fallas anuales.	3
Buena, de 1 a 2 fallas anuales.	2
Excelente, menos de 1 falla anual.	1
B. Impacto Operacional (Im.O)	Puntos
Parada súbita de toda la planta de producción.	10
Parada súbita de una sección de la línea productiva.	6
Impacto a las variables de calidad o producción.	4
Influye en costos operacionales adicionales asociados a la disponibilidad del tiempo.	2
No influye de manera significativa sobre operación y producción.	1
C. Flexibilidad Operacional (Fl.O)	Puntos
No existe posibilidad de producción y plan de respaldo.	4
Existe posibilidad de repuesto compartido.	2
Existe opción de respaldo / repuesto disponible.	1
D. Impacto de Seguridad y Medio Ambiente (I.S.M.A)	Puntos
Afecta la seguridad humana tanto interna como externa.	40
Causa daños severos al medio ambiente.	32
Causa daños severos a las instalaciones.	24
Ocasiona daños menores (accidentes e incidentes) al personal.	16
Provoca un impacto ambiental sin violar las normas ambientales.	8
No provoca ningún daño al personal, instalaciones ni medio ambiente.	0
E. Costos de Mantenimiento (C.M)	Puntos
\$5.000 a \$10.000	20
\$1.000 a \$5.000	10
\$500 a \$1.000	5
\$0.00 a \$500	1

Fuente: (Santamaria, 2020)

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Los resultados de criticidad obtenidos de la evaluación de la maquinaria de la empresa “STEEL ESTRUCTURAS” se pueden apreciar en la Tabla 7. Para una

mejor comprensión de los datos, se muestra a continuación el vínculo de cada variable utilizada con su respectivo criterio de evaluación.

1. Frecuencia de fallo (todo tipo de fallo) (Fr.F)
2. Impacto Operacional (Im.O)
3. Flexibilidad operacional (Fl.O)
4. Impacto de seguridad y medio ambiente (I.S.M.A)
5. Costo de mantenimiento (C.M)

Los valores de las variables fueron definidos con la ayuda del personal operativo de la empresa, los cuales son profesionales en el área de mantenimiento. Los resultados obtenidos en base a los criterios de evaluación (Ver Tabla 6), permiten definir un valor de criticidad para cada máquina.

Tabla 7.- Resultados obtenidos de la evaluación de criticidad de la máquinas de la Empresa "STEEL ESTRUCTURAS"

CÓDIGO	MÁQUINA	Fr.F	Im.O	Fl.O	I.S.M.A	C.M	Valor de criticidad
MSE-1	Mezcladora dos tiempos	2	2	2	16	5	50
MSE-2	Compresor	3	2	1	16	1	57
MSE-3	Roto martillo	4	6	2	16	1	116
MSE-4	Elevadores	2	2	4	8	5	42
MSE-5	Amoladora	3	4	1	16	1	63
MSE-6	Sierra circular	3	2	1	16	1	57
MSE-7	Taladro	3	2	1	8	1	33
MSE-8	Pistola Neumática	2	4	2	8	5	42
MSE-9	Soldadora	2	6	2	8	5	50

Fuente: (Santamaria, 2020)

MODELO DE CRITICIDAD “MCR” (MATRIZ DE CRITICIDAD POR RIESGO)

El modelo de Matriz de Criticidad por Riesgo (MCR), es un proceso semi-cuantitativo práctico y sencillo basado en el concepto de riesgo resultado de multiplicar la frecuencia de un fallo por la consecuencia del mismo (Parra & Crespo, 2012)

Los resultados de los criterios de evaluación se pueden observar en la siguiente matriz de criticidad (Ver Tabla 8), donde la parte vertical está formada por 4

niveles de frecuencia de fallos, mientras que la parte horizontal está formada por cinco niveles de resultados de fallos.

Tabla 8.- Modelo de Criticidad MCR

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	C	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		20	40	60	80	100
		CONSECUENCIA				

Fuente: (Parra & Crespo, 2012)

Dónde:

- ✓ NC: Área de No Críticos
- ✓ MC: Medianamente Críticos
- ✓ C: Críticos

A continuación en la Tabla 9 se presentan finalmente los cálculos de criticidad de los equipos de producción en base a los resultados obtenidos anteriormente.

Los resultados que se obtienen de este modelo de criticidad es una lista ponderada de los equipos en base a la comparación de una matriz entre los criterios del índice de criticidad y de complejidad.

Tabla 9.- Criticidad de los equipos de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"

CÓDIGO	MÁQUINA	Frecuencia	Consecuencia	Nivel de criticidad
MSE-1	Mezcladora dos tiempos	2	25	Medianamente crítico
MSE-2	Compresor	3	19	No crítico
MSE-3	Roto martillo	4	29	Medianamente crítico
MSE-4	Elevadores	2	21	No crítico
MSE-5	Amoladora	3	21	No crítico
MSE-6	Sierra circular	3	19	No crítico
MSE-7	Taladro	3	11	No crítico
MSE-8	Pistola Neumática	2	21	No crítico
MSE-9	Soldadora	2	25	Medianamente crítico

Fuente: (Santamaria, 2020)

En la Tabla 10, se registran el tipo overhaul programado, reemplazó programado, servicio de rutinas, además de categorías especiales de manteniendo basado en uso.

Tabla 10.- Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento Preventivo	
Es el mantenimiento que tiene por misión mantener en un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.	
Overhaul programado	La máquina o componente es completamente desmantelada y reacondicionada hasta casi tan buena como una nueva.
Reemplazo programado	El ítem, sub-ensamble o componente es desechado y reemplazado por una nueva unidad.
Servicios de rutina	La planta / máquina recibe un servicio durante el cual se hacen rutinas de limpieza, ajustes, inspección, cambios de aceite y filtros, engrase y alineamiento, reparaciones menores, pruebas.
Categorías especiales del mantenimiento basado en el uso	
Reemplazo en bloque: El reemplazo en bloque está basado en el pensamiento que componentes similares deberían tener una frecuencia de fallas similar, donde el costo de perdida de producción más el costo de la mano de obra en reemplazar el componente es alto en comparación con el costo de un componente, podría ser adecuado considerar el reemplazo en bloque.	
Mantenimiento Oportuno: Algunas veces el trabajo programado importante es identificado como trabajo que solo será llevado si la planta está parada por alguna razón, esto es típico en casos donde la operación continua de la planta es crítica y las pérdidas incurridas durante la parada de la planta son severas, las tareas son programadas para su ejecución pero son solo realizadas cuando se presenta la oportunidad.	

Fuente: (Sanmartin & Quezada, 2014)

PROPUESTA DE ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE LA EMPRESA

Para poder asignar las diferentes funciones de la empresa se procede a realizar un organigrama estructural de la misma, el cual se presenta en la Figura 3, el mismo que contiene cada función detallada por departamentos o jefes de los mismos, los cuales cuentan con su determinado número de operarios para poder realizar con eficacia cada actividad propuesta.

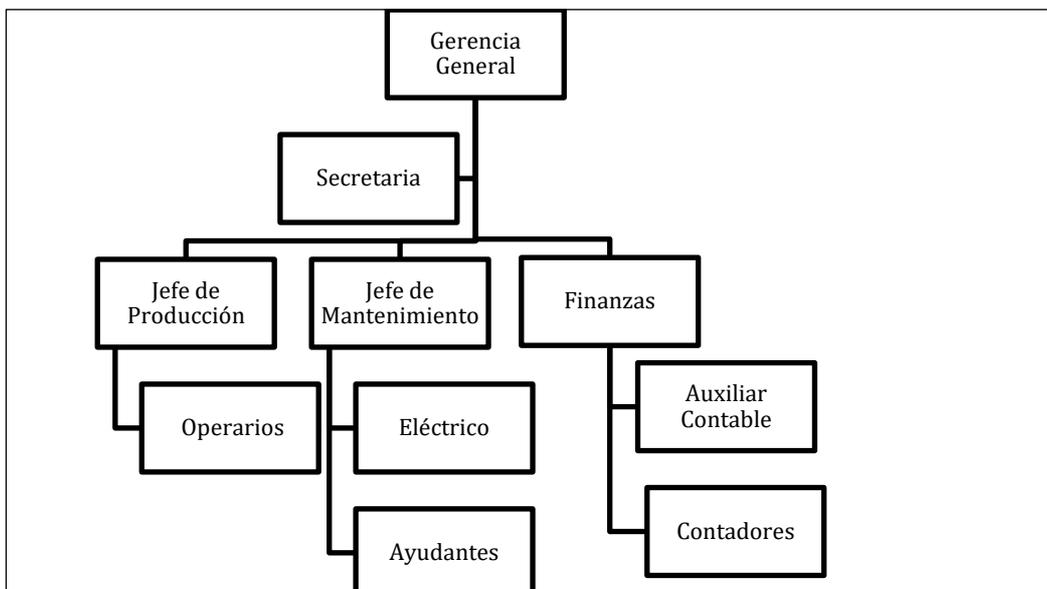


Figura 3.- Organigrama estructural de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"
Fuente: (Santamaria, 2020)

En la Tabla 11, se identifica la localización de los proveedores, la realización de pedidos, la espera del repuesto, recepción de la mercancía, montaje y puesta en marcha.

Tabla 11.- Gestión de Repuestos

Gestión del Repuesto	
Localizar el proveedor	Dependiendo de las circunstancias, podremos elegir entre varios dependiendo del precio ofertado, del plazo de entrega, condiciones de garantía.
Realizar el pedido	En algunos casos se ha establecido que el trámite sea autorizado por una tercera persona, también hay que tener en cuenta los pagos anticipados, si se trata de un proveedor con el que no trabajamos habitualmente, puede pedir el pago anticipado por transferencia bancaria, lo que retrasa el pedido hasta que el pago es efectivo.
Esperar el repuesto	Se puede aprovechar este tiempo de inactividad para realizar otras tareas en la máquina, como inspecciones visuales, limpieza.
Recepción de la mercancía	Debe comprobarse que el repuesto recibido se corresponde con lo que se ha pedido.
Montaje y puesta en marcha	Probablemente la máquina debe funcionar a media carga o en vacío, hasta verificar que todo es correcto y empezar a producir con normalidad.

Fuente: (Santamaria, 2020)

A continuación en la Tabla 12, se muestra una lista jerarquizada y con los costos reales de cada repuesto de cada una de las máquinas, a su vez apreciamos la

cantidad de repuestos que tiene en sus bodegas la Empresa “STEEL ESTRUCTURAS”.

Tabla 12.- Lista de repuestos de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"

LISTA DE REPUESTOS				
MÁQUINA	REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Mezcladora dos tiempos	Pulsador On/Off	3	\$5,00	\$15
	Bandas	2	\$8,00	\$16
	Rodamientos	2	\$6,00	\$12
	Swich	1	\$12,00	\$12
	Filtro de combustible	2	\$3,00	\$6
Compresor	Regulador de presión	1	\$70,00	\$70
	Bandas	3	\$17,00	\$51
	Mangueras	6	\$25,00	\$150
	Swich	6	\$15,00	\$90
Roto martillo	Carbones	5	\$21,43	\$107
	Vástago	3	\$35,00	\$105
	Engranajes	3	\$45,00	\$135
	Rotor	1	\$200,00	\$200
	Swich	3	\$25,00	\$75
Elevadores	Rotor	2	\$190,00	\$380
	Filtro de combustible	2	\$5,00	\$10
	Filtro de aire	4	\$8,00	\$32
	Poleas	7	\$27,00	\$189
	Bandas	5	\$19,00	\$95
Amoladora	Carbones	7	\$11,51	\$81
	Colector	1	\$65,00	\$65
	Swich	3	\$8,93	\$27
	Inducido	1	\$75,00	\$75
	Rodamientos	3	\$5,36	\$16
Sierra Circular	Perilla ajusta biselado	5	\$4,00	\$20
	Carbones	6	\$7,14	\$43
	Interruptor On/Off	3	\$6,00	\$18
	Bobina de arranque	1	\$12,00	\$12
	Placas de conmutación	3	\$13,00	\$39
Taladro	Carbones	5	\$7,00	\$35
	Mandril	2	\$8,00	\$16
	Rotor	1	\$60,00	\$60
	Swich	3	\$7,00	\$21
	Rodamientos	3	\$6,35	\$19
Pistola Neumática	Carbones	2	\$12,30	\$25
	Rodamientos	1	\$6,25	\$6
	Rotor	1	\$115,00	\$115
	kit de empaques	3	\$22,00	\$66
	Polea de dirección	2	\$70,00	\$140
Soldadora	Punta de contacto	35	\$2,00	\$70
	Conector macho Invertec	8	\$24,60	\$197
	Pistola	2	\$160,00	\$320
	Boquilla	35	\$14,00	\$490
	Pulsador paro de emergencia	2	\$35,00	\$70
TOTAL				\$3.795

Fuente: (Santamaria, 2020)

La Tabla 13, se muestra que algunos equipos necesitan tener alta confiabilidad, mientras que otros necesitan tener alta disponibilidad o alta mantenibilidad. (Mesa & Ortíz, 2006)

Tabla 13.- Ejemplos de disponibilidad y mantenibilidad

	REQUISITOS	EJEMPLOS
1	Alta confiabilidad Poca disponibilidad	Generación de electricidad Tratamiento de agua
2	Alta disponibilidad	Refinerías de petróleo Acerías
3	Alta confiabilidad Alta mantenibilidad	Incineradores hospitalarios
4	Disponibilidad basada en buenas prácticas	Procesamiento por etapas
5	Alta disponibilidad Alta confiabilidad	Sistemas de emergencias Plataformas Petroleras

Fuente: (Santamaria, 2020)

A continuación en la Tabla 14, se muestran los diferentes índices que se deben tomar en cuenta para poder realizar correctamente los cálculos de disponibilidad de cada una de las máquinas que están nombradas en el presente proyecto de investigación.

Tabla 14.- Índices de Disponibilidad

Índices de Disponibilidad	
Disponibilidad	$= \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada de mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$
Disponibilidad total	$= \frac{\sum \text{disponibilidad de equipos significativos}}{N \text{ de equipos significativos}}$
Disponibilidad por averías	$= \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por avería}}{\text{Horas Totales}}$
MTBF(Tiempo medio entre fallos)	$= \frac{N \text{ de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N \text{ de averías}}$
MTTR(Tiempo medio de reparación)	$= \frac{N \text{ de horas de paro por averías}}{N \text{ de averías}}$
Disponibilidad por avería	$= \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$

Fuente: (Santamaria, 2020)

CÁLCULOS DE FIABILIDAD

Tabla 15.- Datos de Fiabilidad Mezcladora dos tiempos

MÁQUINA	Mezcladora 2 tiempos
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	51
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	125
N° DE FALLOS	9

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{51}{9}$$

$$MTTR = 5,7$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{125}{10}$$

$$MTBF = 12,5$$

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

$$MTBF = \frac{1}{12,5}$$

$$MTBF = 0,08$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,5273$$

$$R(T) = 52,73\%$$

Tabla 16.- Datos de Fiabilidad Compresor

MÁQUINA	Compresor
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	18
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	158
N° DE FALLOS	7

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{18}{7}$$

$$MTTR = 2,57$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{158}{8}$$

$$MTBF = 19,75$$

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

$$MTBF = \frac{1}{19,75}$$

$$MTBF = 0,05$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,6703$$

$$R(T) = 67,03\%$$

Tabla 17.- Datos de Fiabilidad Roto martillo

MÁQUINA	Roto martillo
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	47
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	129
N° DE FALLOS	8

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{47}{8}$$

$$MTTR = 5,88$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{129}{9}$$

$$MTBF = 14,33$$

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

$$MTBF = \frac{1}{14,33}$$

$$MTBF = 0,07$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,5712$$

$$R(T) = 57,12\%$$

Tabla 18.- Datos de Fiabilidad Elevadores

MÁQUINA	Elevadores
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	38
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	138
N° DE FALLOS	6

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{38}{6}$$

$$MTTR = 6,33$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{138}{7}$$

$$MTBF = 19,71$$

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

$$MTBF = \frac{1}{19,71}$$

$$MTBF = 0,05$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,6703$$

$$R(T) = 67,03\%$$

Tabla 19.- Datos de Fiabilidad Amoladora

MÁQUINA	Amoladora
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	13
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	163
N° DE FALLOS	7

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{13}{7}$$

$$MTTR = 1,86$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{163}{8}$$

$$MTBF = 20,38$$

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

$$MTBF = \frac{1}{20,38}$$

$$MTBF = 0,05$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,6703$$

$$R(T) = 67,03\%$$

Tabla 20.- Datos de Fiabilidad Sierra Circular

MÁQUINA	Sierra Circular
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	18
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	158
N° DE FALLOS	4

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{18}{4}$$

$$MTTR = 4,5$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{158}{5}$$

$$MTBF = 31,6$$

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

$$MTBF = \frac{1}{31,6}$$

$$MTBF = 0,08$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,5273$$

$$R(T) = 52,73\%$$

Tabla 21.- Datos de Fiabilidad Taladro

MÁQUINA	Taladro
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	14
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	162
N° DE FALLOS	5

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{14}{5}$$

$$MTTR = 2,8$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{162}{6}$$

$$MTBF = 27$$

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

$$MTBF = \frac{1}{27}$$

$$MTBF = 0,04$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,7261$$

$$R(T) = 72,61\%$$

Tabla 22.- Datos de Fiabilidad Pistola Neumática

MÁQUINA	Pistola Neumática
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	29
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	147
N° DE FALLOS	6

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{29}{6}$$

$$MTTR = 4,83$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{147}{7}$$

$$MTBF = 21$$

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

$$MTBF = \frac{1}{21}$$

$$MTBF = 0,05$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,6703$$

$$R(T) = 67,03\%$$

Tabla 23.- Datos de Fiabilidad Soldadora

MÁQUINA	Soldadora
HORAS LABORADAS EN NOVIEMBRE	176
TIEMPO DE MANTENIMIENTO (h)	44
TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO	132
N° DE FALLOS	6

Fuente: (Santamaria, 2020)

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N^{\circ} AVERÍAS}$$

$$MTTR = \frac{44}{6}$$

$$MTTR = 7,33$$

$$MTBF = \frac{\Sigma TBF}{N^{\circ} AVERÍAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{132}{7}$$

$$MTBF = 18,86$$

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

$$MTBF = \frac{1}{18,86}$$

$$MTBF = 0,05$$

$$R(T)$$

$$R(T)$$

$$R(T) = 0,6703$$

$$R(T) = 67,03\%$$

Resumen de Fiabilidad

A continuación en la Tabla 24 se presenta un resumen de los cálculos de fiabilidad después de haberlos realizado a las nueve máquinas de la empresa:

Tabla 24.- Resumen de Fiabilidad

Maquinaria	Fiabilidad
Mezcladora dos tiempos	52,73%
Compresor	67,03%
Roto martillo	57,12%
Elevadores	67,03%
Amoladora	67,03%
Sierra circular	52,73%
Taladro	72,61%
Pistola neumática	67,03%
Soldadora	67,03%
TOTAL	63,37%

Fuente: (Santamaria, 2020)

Una vez aplicado el cálculo de fiabilidad disponemos de un 63,37% en total de todas las máquinas para su desempeño.

CÁLCULOS DE DISPONIBILIDAD

A continuación en la Tabla 25 se muestran los cálculos de disponibilidad de todas las máquinas de la empresa “STEEL ESTRUCTURAS”, después de haber aplicado el sistema de mantenimiento de gestión:

Tabla 25.- Cálculos de Disponibilidad

N.	Equipo y Maquinas	Unidad	Tiempo Programado (horas)	Tiempo Real (horas)	Tiempo de Parada (horas)	Disponibilidad en basa al Tiempo Programado y Tiempo de Parada
1	Mezcladora dos tiempos	1	176	125	51	71%
2	Compresor	1	176	158	18	90%

3	Roto martillo	1	176	129	47	73%
4	Elevadores	1	176	138	38	78%
5	Amoladora	1	176	163	13	93%
6	Sierra circular	1	176	158	18	90%
N.	Equipo y Maquinas	Unidad	Tiempo Programado (horas)	Tiempo Real (horas)	Tiempo de Parada (horas)	Disponibilidad en basa al Tiempo Programado y Tiempo de Parada
7	Taladro	1	176	162	14	92%
8	Pistola neumática	1	176	147	29	84%
9	Soldadora	1	176	132	44	75%
		9	1584	1312	272	75%

Fuente: (Santamaria, 2020)

Disponibilidad Total

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sum \text{disponibilidad de equipos significativos}}{N \text{ de equipos significativos}} \\
 &= \frac{745}{9} \\
 &= 82,82\%
 \end{aligned}$$

Disponibilidad por averías

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por averia}}{\text{Horas Totales}} \\
 &= \frac{1584 - 272}{1584} \\
 &= 0,82
 \end{aligned}$$

A continuación en la Imagen 7 se puede apreciar los porcentajes de disponibilidad que tiene cada máquina, luego de haber realizado todos los cálculos correspondientes se puede observar claramente que existen máquinas con una disponibilidad que va desde el 71% hasta el 93%.



Imagen 7.- Resumen de Disponibilidad
Fuente: (Santamaria, 2020)

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de actividades se refiere al calendario en el cual se referencia el tiempo en el cual se llevará a cabo el proyecto, una tarea, o un conjunto de actividades. Por lo general el cronograma se presenta en el desarrollo de proyectos, detallando cada una de las tareas y fechas previstas desde que se da inicio al proyecto hasta su culminación (Sánchez, 2015).

A continuación en la Tabla 26 se muestra detalladas cada una de las actividades a realizar para este proyecto, cada una con sus respectivas fechas:

Tabla 26.- Cronograma de actividades

Nº	ACTIVIDAD	2019						2020					
		JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
1	Desarrollar y presentar el modelo de propuesta del sistema de mantenimiento a las Autoridades Respectivas	■											
2	Listar y codificar todas las máquinas de la empresa		■										
3	Desarrollar las fichas técnicas de cada una de las máquinas de la empresa			■	■								
4	Realizar una lista con todos los respuestos existentes en la bodega de la empresa (Inventario)				■	■							
5	Realizar los cálculos de fiabilidad de cada máquinas					■							
6	Definir las diferentes intervenciones de la mano de obra interna o externa de la empresa						■						
7	Analizar y diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para la empres "STEEL ESTRUCTURAS"							■	■				
8	Analizar y comprender los diferentes tipos de costos de mantenimiento								■	■			
9	Planificar y especificar las distintas actividades que comprender el sistema de mantenimiento								■	■	■		
10	Determinar los requisitos necesarios para poder implementar el sistema de mantenimiento										■	■	
11	Culminar, presentar y sustentar el proyecto de investigación												■

Fuente: (Santamaria, 2020)

A continuación se detallan los distintos costos que se han utilizado en el presente proyecto de investigación, los mismos que presentan las cantidades que conlleva cada una.

COSTOS FIJOS

Los costos fijos se refiere a la mano de obra, los materiales y herramientas que se requieren en el proceso de fabricación de estructuras que se efectúa en la empresa, en la Tabla 27 se muestra los costos relacionados a la mano de obra directa en la empresa:

Tabla 27.- Mano de obra de la Empresa

Nombre	Cargo	Salario	Tiempo (meses)	Total
Marco Antonio Quevedo Cajas	Jefe de Mantenimiento	\$480,00	12	\$5760

Fuente: (Santamaria, 2020)

De igual manera en la Tabla 28 se puede observar una lista de todas las herramientas y equipos que son utilizados en el proceso de fabricación de las estructuras, los mismos que están considerados como costos fijos, ya que no se van a adquirir cada año, sino que tendrán su vida útil dependiendo del uso y las características del fabricante.

Tabla 28.- Lista de Herramientas de la Empresa

HERRAMIENTAS	COSTO
Equipo oxicorte manual	\$150
Fronius	\$1.140
Invertec 350	\$450
Maletín LN 25 Pro	\$1.600
Montacargas	\$7.500
TOTAL	\$10.840

Fuente: (Santamaria, 2020)

COSTOS VARIABLES

Los costos variables son prácticamente la mano de obra profesional contratada de manera externa a la empresa, también la materia prima que se requiere para la fabricación de estructuras metálicas, y de igual forma los servicios básicos que utiliza la empresa. En la Tabla 29 se puede apreciar dichos costos variables.

Tabla 29.- Costos variables de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"

COSTOS VARIABLES			
MANO DE OBRA INDIRECTA	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
INGENIERO MECÁNICO	1	\$800,00	\$1.602,38
AYUDANTES	2	\$802,38	
MATERIA PRIMA			
ACERO	1 tn	\$1	\$1.000
SERVICIOS			
AGUA	2	\$60	\$404
LUZ	2	\$300	
INTERNET	2	\$44	
TOTAL			\$3.006,38

Fuente: (Santamaria, 2020)

COSTOS FINANCIEROS

Dichos costos están representados por una lista ponderada en la cual se detalla todos los materiales que se encuentran en bodega de la empresa, así como la cantidad y el costo de estos. En la Tabla 30 se presentan los repuestos y el costo.

Tabla 30.- Costos Financieros de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"

LISTA DE REPUESTOS				
MÁQUINA	REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Mezcladora dos tiempos	Pulsador On/Off	3	\$5,00	\$15
	Bandas	2	\$8,00	\$16
	Rodamientos	2	\$6,00	\$12
	Switch	1	\$12,00	\$12
	Filtro de combustible	2	\$3,00	\$6
Compresor	Regulador de presión	1	\$70,00	\$70
	Bandas	3	\$17,00	\$51
	Mangueras	6	\$25,00	\$150
	Switch	6	\$15,00	\$90
	Carbones	5	\$21,43	\$107
Roto martillo	Vástago	3	\$35,00	\$105
	Engranajes	3	\$45,00	\$135
	Rotor	1	\$200,00	\$200
	Switch	3	\$25,00	\$75
	Rotor	2	\$190,00	\$380
Elevadores	Filtro de combustible	2	\$5,00	\$10
	Filtro de aire	4	\$8,00	\$32
	Poleas	7	\$27,00	\$189
	Bandas	5	\$19,00	\$95
	Carbones	7	\$11,51	\$81
Amoladora	Colector	1	\$65,00	\$65
	Switch	3	\$8,93	\$27
	Inducido	1	\$75,00	\$75
	Rodamientos	3	\$5,36	\$16
	Perilla ajusta biselado	5	\$4,00	\$20
Sierra Circular	Carbones	6	\$7,14	\$43
	Interruptor On/Off	3	\$6,00	\$18
	Bobina de arranque	1	\$12,00	\$12

	Placas de conmutación	3	\$13,00	\$39
LISTA DE REPUESTOS				
MÁQUINA	REPUESTOS	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Taladro	Carbones	5	\$7,00	\$35
	Mandril	2	\$8,00	\$16
	Rotor	1	\$60,00	\$60
	Swich	3	\$7,00	\$21
	Rodamientos	3	\$6,35	\$19
Pistola Neumática	Carbones	2	\$12,30	\$25
	Rodamientos	1	\$6,25	\$6
	Rotor	1	\$115,00	\$115
	kit de empaques	3	\$22,00	\$66
	Polea de dirección	2	\$70,00	\$140
Soldadora	Punta de contacto	35	\$2,00	\$70
	Conector macho Invertec	8	\$24,60	\$197
	Pistola	2	\$160,00	\$320
	Boquilla	35	\$14,00	\$490
	Pulsador paro de emergencia	2	\$35,00	\$70
TOTAL				\$3.795

Fuente: (Santamaria, 2020)

COSTOS DE FALLOS

Los costos de fallo están representados por el tiempo de producción perdido, lo cual se puede observar a continuación y a su vez en la Tabla 31.

Valor pérdida por suministro energético = (\$0,93) (350)

Valor pérdida por suministro energético = \$325,5

Pérdida por paro de maquinaria = (\$13) (50)

Pérdida por paro de maquinaria = \$650

Tabla 31.- Costos de fallos de la empresa

COSTOS DE FALLO ANUALES			
Pérdida por suministro eléctrico	Costo Kw/h	Consumo Kw/Anual	Costo en USD
Luz eléctrica	\$0,93	350	325,5
Pérdida por fallas en las máquinas	Horas de fallas al año	Producción por unidades	Costo en USD
Fallos en las máquinas	\$13	50	650
TOTAL			975,5

Fuente: (Santamaria, 2020)

Resumen de los costos de mantenimiento del proyecto

A continuación en la Tabla 32, se pueden observar un pequeño resumen con todas las cantidades de los costos ya mencionados anteriormente.

Tabla 32.- Resumen de costos

COSTOS DIRECTOS	VALOR (\$)
COSTOS FIJOS	
Mano de obra al año	\$5.760
Herramientas	\$10.840
COSTOS VARIABLES	
Mano de obra indirecta	\$3.006,38
COSTOS FINANCIEROS	
Repuestos	\$3.795
COSTOS DE FALLOS	
Costos por averías	\$975,50
TOTAL	\$24.376,88

Fuente: (Santamaria, 2020)

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO

Para el costo total de mantenimiento, una vez aplicado el Sistema de Gestión de Mantenimiento Eléctrico en la Empresa “STEEL ESTRUCTURAS”, se utilizó el valor detallado en la Tabla 29; ocupando únicamente el costo total de mano de obra indirecta y los costos de la lista de repuestos (Tabla 30), teniendo en cuenta que de dicha lista se ocupara una unidad de cada repuesto. Dando un total de \$3096,38. (Ver Tabla 33)

Tabla 33.- Costo total de Mantenimiento

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	
Costo de mano de obra indirecta	\$1.602,38
Costo de lista de repuestos utilizados por unidad para cada máquina	\$1.494
TOTAL	\$3.096,38

Fuente: (Santamaria, 2020)

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA “STEEL ESTRUCTURAS”

El plan de mantenimiento es una cronograma en el cual se detallan las fechas y las actividades específicas a realizar o el tipo de mantenimiento que se le dará a cada una de las máquinas de la empresa. A continuación en la Tabla 33 se muestran dichas actividades descritas anteriormente:

Tabla 34.- Cronograma Anual de Mantenimiento

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO 2020 DE LA EMPRESA "STEEL ESTRUCTURAS"																																
CÓDIGO AVM	EQUIPO	OPERADOR / TÉCNICO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE					
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
MSE-1	MEZCLADORA DOS TIEMPOS	Operador	Limpieza exterior de la máquina	Diario	[Orange blocks]																											
		Operador	Lubricación de engranes y poleas	Semanal	[Green blocks]																											
		Operador	Cambio de bandas	Quincenal	[Purple blocks]																											
		Técnico	Inspección eléctrica	Trimestral	[Yellow blocks]																											
		Técnico	Inspección mecánica del motor	Trimestral	[Yellow blocks]																											
		Técnico	Revisión general de la máquina, limpieza interna y cambio de repuestos	Anual	[White blocks]																											[Red block]
MSE-2	COMPRESOR	Operador	Limpieza exterior de la máquina	Diario	[Orange blocks]																											
		Operador	Revisión válvulas, acoples y mangueras de aire	Semanal	[Green blocks]																											
		Operador	Cambio de fusible alimentador	Quincenal	[Purple blocks]																											
		Técnico	Inspección eléctrica	Trimestral	[Yellow blocks]																											
		Técnico	Inspección mecánica del motor	Trimestral	[Yellow blocks]																											
		Técnico	Revisión general de la máquina, limpieza interna y cambio de repuestos	Anual	[White blocks]																											[Red block]

MSE-3	ROTOMARTILLO	Operador	Limpieza exterior de la máquina	Diario																																
		Operador	Revisión de acoples y botón de encendido	Semanal	█																															
		Operador	Cambio de carbones	Quincenal	█																															
		Técnico	Inspección eléctrica	Trimestral	█																															
		Técnico	Inspección mecánica del mecanismo de accionamiento	Trimestral	█																															
		Técnico	Revisión general de la máquina, limpieza interna y cambio de repuestos	Anual																																█
MSE-4	ELEVADORES	Operador	Limpieza exterior de la máquina	Diario																																
		Operador	Lubricación de engranes y poleas	Semanal	█																															
		Operador	Cambio de carbones	Quincenal	█																															
		Técnico	Inspección eléctrica	Trimestral	█																															
		Técnico	Inspección mecánica del motor	Trimestral	█																															
		Técnico	Revisión general de la máquina, limpieza interna y cambio de repuestos	Anual																																█

MSE-9	SOLDADORA	Operador	Limpieza exterior de la máquina	Diario	[36 cells, all orange]																																			
		Operador	Cambio de perillas y botones de accionamiento	Semanal	[36 cells, all green]																																			
		Operador	Cambio de boquillas	Quincenal	[36 cells, alternating purple and white every 2 cells]																																			
		Técnico	Inspección eléctrica	Trimestral	[36 cells, mostly white with yellow cells at positions 10, 22, 34]																																			
		Técnico	Inspección mecánica del mecanismo de accionamiento	Trimestral	[36 cells, mostly white with yellow cells at positions 10, 22, 34]																																			
		Técnico	Revisión general de la máquina, limpieza interna y cambio de repuestos	Anual	[35 white cells]																																			[1 red cell]

Fuente: (Santamaria, 2020)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El levantamiento de información de equipos y maquinaria, fue fundamental ya que definió los parámetros para el desarrollo del sistema gestión de mantenimiento eléctrico en la empresa “STEEL ESTRUCTURAS “de la Ciudad de Latacunga Provincia Cotopaxi, al estudiar cada uno de los procesos se encontró falencias como no tener un registro trimestral de mantenimiento, además de no tener definido los problemas eléctricos y mecánicos que se pueden dar en la parte interna de los equipos y maquinaria, el desarrollo del sistema de gestión brindó la información adecuada para tener un control de los elementos que son necesarios para realizar cada tipo de mantenimiento, para lo cual se utilizó 9 equipos de la empresa.
- Mediante la recopilación de información sobre las incidencias de fallas de las máquinas de la empresa "Steel Estructuras ", se efectuaron los cálculos de fiabilidad y disponibilidad para cada máquina en una jornada laboral normal, obteniendo un resultado favorable del 63,37 % de fiabilidad total y de disponibilidad total del 82,82%.
- Una vez culminado el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa “Steel Estructuras” se espera disminuir de una manera muy notable el

número de incidencias de fallas en las máquinas, los costos de mantenimiento y mano de obra externa. Con la implementación de dicho sistema se espera tener un incremento favorable del 10% tanto en la fiabilidad como disponibilidad de cada una de las máquinas.

RECOMENDACIONES

- Realizar un seguimiento y monitoreo a los equipos es indispensable para que cuando estos cumplan sus horas laborales se cuente con los recursos y materiales deseados, ya que la disponibilidad de todos los elementos al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento es esencial para evitar los paros de emergencia y costos adicionales de operación.
- El estar pendiente de las fallas más recurrentes en aspecto eléctrico y mecánico en las máquinas ayuda a mejorar el plan de mantenimiento ingresando las ordenes de trabajo realizado y poder hacer un análisis de cada periodo de tiempo, obteniendo cambios palpables de fiabilidad en cada máquina de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS", mejoro su nivel de producción e indicadores de disponibilidad.
- Se recomienda realizar seguimiento a las actividades de mantenimiento y cumplimiento de las mismas para garantizar el logro del sistema de gestión de mantenimiento eléctrico ya que la omisión del mantenimiento predictivo y preventivo implicara un mayor costo por mantenimiento correctivo el cual consisten en la reparación o cambio de piezas eléctricas o mecánicas de las máquinas.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, M. (2018). *Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo*. Universidad Politecnica de Catalunya, Programa de Doctorado en Sostenibilidad, Catalunya.
- Bricovel. (2017). *Equips de mano para construccion civil*. Bricovel, Equipos de Construccion, Quito.
- Buelvas, C. (2016). *Elaboracion de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria pesada de la Empresa L&L*. Universidad Autónoma del Caribe, Facultad de Ingenierías, Barranquilla.
- CASE. (2016). *Maquinaria para la Construccion*. CASE Construction, Diseño de Maquinas, Washigton.
- Castillo A, Brito M y Fraga E. (2009). *Análisis de criticidad persoanlizados*.
- Castro, A. F. (2016). *Mantenimiento correctivo: concepto, ventajas y desventajas*. Instituto Tecnologico de los Mochis, Ingeniería Mecatrónica, Bogota.
- Chiner, E. (2005). *La Fiabilidad*.
- Chiner, E. (2005). *La Fiabilidad* .
- Choque, J. (2020). *Análisis de criticidad*. Harvard University.
- Cortes, W. (2017). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Estructuras del KAFEE*. Universidad Tecnologica de Pereira, Facultad de Ingeniería Mecánica, Pereira.
- Dejtjar, F. (2016). *Guía de equipamiento para la construcción: herramientas, equipos y maquinarias*. Plataforma Arquitectura, Construccioón, Bogota.
- Escobar, W. (2015). *Análisis de la calidad total como principal criterio de evaluación de los procesos enseñanza aprendizaje del bachillerato de la U.E. Ligami*. Universidad Andina Simón Bolívar, Programa de Maestría en Gerencia Educativa, Quito.

- Fernandez, J. (2012). *Teoria y practica del mantenimiento industrial avanzado*. Barcelona: LAN.
- Flores, A., Pinedo, G., Méndez, Y., & Minaya, G. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de. *Revista Ingeniería Industrial* , 11-26.
- Garcés, M. (2016). *Optimización del Mantenimiento Preventivo en función del Costo"En la Empresa Bioalimnetar CIA.LTDA"*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , Facultad de Mecánica, Riobamba.
- Garcia, M. (2016). *Tractores y maquinaria agricola*. 1, Universidad Estatal, Costa Rica.
- García, S. (2003). *Organización y gestión integral del mantenimiento* . Madrid: Fundación Confemetal.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi* . (septiembre de 2015). Obtenido de <https://www.cotopaxi.gob.ec/index.php/2015-09-20-00-13-36/2015-09-20-00-15-41/latacunga>
- Gómez. (2009). *Modelo para optimizar políticas de inventario de repuestos basados en los conceptos de riesgo y confiabilidad de equipos*.
- Gómez Gustavo y Gómes Jesús. (2016). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo (LEM) y software de administraciòn para los equipos de las sùper tiendas y driguerías OLIMPICAS en el eje Cafetero*. Pereira .
- Gonzales, F. (14 de JUNIO de 2014). Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestion. *Actividades Industriales*, 1(1), 5.
- Gonzáles, M. (2014). *Diseno de un plan de mantenimiento prevntivo para maquinaria pesada*. Universidas Tecnologica de Pereira, Facultad de Ingeniería Mecanica. PEREIRA: DESING.
- Grupo RPP. (2018). *¿Qué son los costos de mantenimiento?* New York: Shutterstock.

- Hourné. (2012). Análisis de criticidad de grupos electógenos de la tecnología fuel en Cuba. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 55-61.
- Huerta, A. (2017). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil.
- IESS. (1986). *INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL*. Quito.
- Jesús, G. G. (s.f.).
- Jiménez, S., & Valencia, H. (2015). *Sistema de gestión para mantenimiento de equipos eléctricos mediante indicadores de confiabilidad*. Universidad Pontificia Bolivariana, Telecomunicaciones. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- León, A. (2015). *Procesos técnicos para el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas OMS de las empresas eléctricas del Ecuador*. Universidad Católica de Cuenca, Ingeniería de Sistemas, Eléctrica y Electrónica, Cuenca.
- Lloret, E. (2015). *Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la Empresa de Mirasol.S.A.*. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca.
- Maquinaria del Pacífico. (2017). *Equipos y Herramientas para la construcción*. Wacker Neuson, Equipos de Constuccion Civil, Guayaquil.
- Mayorga, C. (2015). *Los procesos de producción y la productividad en la industria del calzado Ecuatoriano*. Consejo Iberoamericano de Investigación sobre MIP y ME.
- Mesa, D., & Ortíz, Y. (mayo de 2006). LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS MODERNAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO. *Scientia Et Technica*, XII(30), 155-160.
- Norma ISO 9001. (2015). *Sistemas de Gestión de Calidad - Requisitos*.

- Ordoñez, J., & Nierto, L. (2015). *Mantenimiento de Sistemas Electricos de Distribucion*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Parra, & Crespo. (2012). *Modelo de Criticidad*.
- Pesántez, A. (2017). *Elaboración de una de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón*. Escuela Superior Politecnica de Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil .
- Proyectos(RTI), R. d. (2016). *Equipos de Construcción*. Universidad Católica de Cuenca, Ingeniería Civil, Cuenca.
- Riera, J. (2012). *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del Ecuador KUBIEC S.A. en la planta ESTHELA*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Sánchez, I. (2015). *Cronograma de actividades*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Sanmartin, J., & Quezada, M. (2014). *Propuesta de un Sistema de Gestión para el Mantenimiento de la Empresa Ceramica Andina C.A*. Universidad Politecnica Salesiana , Carrera de Ingeniería Industrial. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Santamaria, F. (2020). *Especificaciones tecnicas de maquinaria*. Universidad Tecnologica Indoamerica, Facultad de Ingeniería Industrial, Latacunga.
- Sierra, C., & Andrea, E. (2018). *Capítulo 2: Introducción a la ingeniería de la fiabilidad*. Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía.
- Smith Anthony, Hinchcliffe Glenn. (2005). *Develop good stratgies for effective preventive maintenance*.
- Steel Estructuras. (2015). *STEEL ESTRUCTURAS CÍA LTDA*. Obtenido de STEEL ESTRUCTURAS ICÍA LTDA: <http://steelestructuras.com/>

- Syntetos. (2001). *On the bias of intermittent demand estimates*.
- Tejedo, P. (2015). *Costos de gestión Integral de Mantenimiento*. UEM.DF, Mantenimineto. Mexico: Marcombo Boixareu Editores.
- Uruman. (2019). *Desarrollando un Plan de Mantenimiento apoyados en RCM*. Obtenido de Reability: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/desarrollando-un-plan-de-mantenimiento-apoyados-en-rcm>.
- UTP. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*.
- Valdivieso, F. (2013). *Estudio de factibilidad para la creación de un aempresa de asesoria y mantenimnto de las instalaciones electricas en el sector urbano de la ciudad de la Latacunga*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Valdivieso, J. (2015). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Extruplas S.A*. Universidad Politecnica Salesiana, Facultad Ingenieria Mecanica, Cuenca.
- Valencia, H. (2015). *Sistema de gestión para mantenimiento de equipos eléctricos mediante indicadores de confiabilidad*. Universidad Pontifica Bolivariana, Telecomunicaciones, Medellin.
- Veléz, M. (2014). *Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo para los Equipos Moviles y Fijos de la Empresa MIRASOL.S.A*. Escuela de Ingenieria Industrial, Facultad de Ciencias Quimicas, Cuenca.
- Villegas, J. (2016). *Propuesta de mejora en la Gestión del Área de Manteneimnto para la Optimización del Desempeño de la Empresa "MANFER S.R.L. ContratistaGeneral"*. Universidad Católica San Pablo, Facultad de Ingeniería y Computación Programada Profesional de Ingeniería Industrial, Arequipa.
- Viveros, P. (2013). Propuesta de un modelo de gestión y sus principales herramientas de apoyo. *Ingenaire. Revista chilena de ingeniería*.

Webin, W. (2012). *A stochastic model for joint spare parts inventory and planned maintenance optimisation.*

ANEXOS

Anexo 1.- Ficha Técnica Mezcladora 2 tiempos

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA				
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS				
	CÓDIGO	MSE-1	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE
Nombre del Equipo:		MEZCLADORA 2 TIEMPOS			
Marca	IMAQ	Modelo:	PBX		
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"		
Fecha de compra:	5/2/2017				
Garantía :	2 años				
Valor de compra:	\$1.980				
FICHA TÉCNICA					
<p>CARACTERÍSTICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - CONCRETERAS DE 2 SACOS : - VOLUMEN: 500 LITROS. - RENDIMIENTO: 6 A 8 M3 POR HORA. - SISTEMA DE AUTOEMBANQUE INCLUIDO. - LLANTAS NUEVAS RIN 13. - LAMINA DE 4MM / 5MM - CHASIS EXTRA REFORZADO. - MOTOR A GASOLINA 18HP BRIGGS & STRATTON TIPO VANGUARD 					
RECOMENDACIONES DE USO :		Utilizar el equipo de protección personal, asegurar bien las ruedas de la maquinaria al momento que se le está utilizando. Tener cuidado al trabajar entre dos o más personas.			
Proveedor:		Imaq Construcciones Ambato – Ecuador			
Teléfono:		099 9230351			
E-mail:		imag@hotmail.es	Nombre de Contacto:	Jelis Trujillo	

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 2.- Control de Mantenimiento Mezcladora 2 tiempos

MAQUINA: MEZCLADORA 2 TIEMPOS		FABRICANTE: IMAQ		MODELO:	PBX
CLASE DE ACTIVIDAD: CP: cambio de piezas. RF: revisar funcionamiento. AM: aplicar mantenimiento CC: cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 3.- Ficha Técnica Compresor

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA						
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
	CÓDIGO	MSE-2	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020
Nombre del Equipo:		COMPRESOR				
Marca	DeWALT	Modelo:	D2002M-WK			
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"			
Fecha de compra:	4/2/2017					
Garantía :	3 AÑOS					
Valor de compra:	\$900,00					
FICHA TÉCNICA						
ESPECIFICACIONES		D2002M-WK				
PSI máximo		150				
SCFM anunciado a 90 PSI		2,6 SCFM				
SCFM anunciado a 40 PSI		3,5 SCFM				
Tamaño del tanque		6 gal				
Potencia en funcionamiento		0,8 HP				
Potencia máxima		2,0 HP				
Cabezal		Libre de aceite				
Regulador de flujo alto		Sí				
Voltaje		120V				
Peso		34 lbs.				
RECOMENDACIONES DE USO :		Para el uso de esta herramienta es necesariamente obligatorio el uso de un Equipo de Protección Personal, tener precaución al movilizar la máquina.				
Proveedor:		DeWALT Center Ecuador – Quito				
Teléfono:		0995367791				
E-mail:		http://www.dewaltcenter.com.ec/contacto.php		Nombre de Contacto:	Alexis Montero	

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 4.- Control de Mantenimiento Compresor

MAQUINA: COMPRESOR		FABRICANTE: DeWALT	MODELO:	D2002M-WK	
CLASE DE ACTIVIDAD: CP: cambio de piezas. RF: revisar funcionamiento. AM: aplicar mantenimiento CC: cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 5.- Ficha Técnica Roto Martillo

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA						
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
	CÓDIGO	MSE-3	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020
Nombre del Equipo:		ROTO MARTILLO				
Marca	DeWALT	Modelo:	D25133K			
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"			
Fecha de compra:	4/2/2017					
Garantía :	3 AÑOS					
Valor de compra:	\$200					
FICHA TÉCNICA						
<ul style="list-style-type: none"> - POTENCIA 800 W - ENERGÍA DE IMPACTO 2.9 JOULES - VELOCIDAD SIN CARGA 0 A 1500 RPM - IMPACTOS POR MINUTO 0 A 5500 - PESO DE LA HERRAMIENTA 2.6 KG - EMBRAGUE DE SEGURIDAD EN CASO DE QUE LA BROCA SE ATASQUE - VELOCIDAD VARIABLE REVERSIBLE 						
RECOMENDACIONES DE USO :		Para el uso de esta herramienta es necesariamente obligatorio el uso de un Equipo de Protección Personal. Tener precaución al momento de la utilización de la herramienta por el impacto que produce.				
Proveedor:	DeWALT Center Ecuador – Quito					
Teléfono:	0995367791					
E-mail:	http://www.dewaltcenter.com.ec/contacto.php	Nombre de Contacto:	Jonathan Baraona			

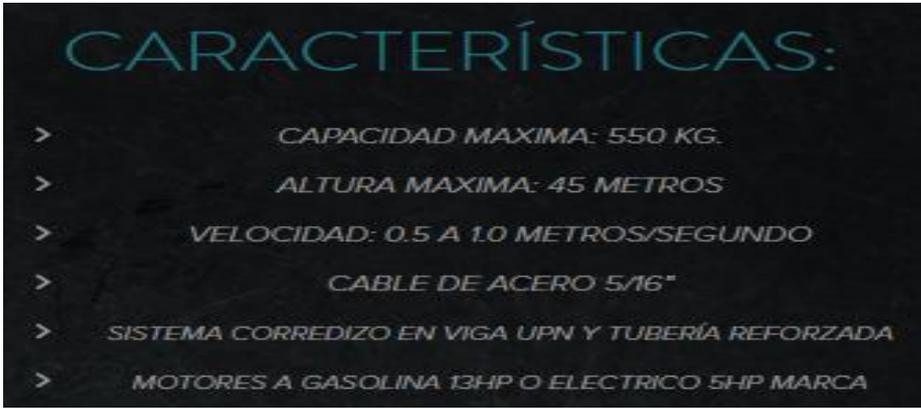
Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 6.- Control de Mantenimiento Roto Martillo

MAQUINA: ROTO MARTILLO		FABRICANTE: DeWALT		MODELO: D25133K	
CLASE DE ACTIVIDAD: CP: cambio de piezas. RF: revisar funcionamiento. AM: aplicar mantenimiento CC: cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 7.- Ficha Técnica Elevadores

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA					
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
	CÓDIGO	MSE-4	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020
Nombre del Equipo:		ELEVADOR				
Marca	IMAQ	Modelo:	INTEK PRO			
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"			
Fecha de compra:	5/2/2017					
Garantía :	2 AÑOS					
Valor de compra:	\$1.980					
FICHA TÉCNICA						
						
RECOMENDACIONES DE USO :	<p>Para el uso de esta herramienta es necesariamente obligatorio el uso de un Equipo de Protección Personal y verificar si el elevador cumple con las normas de seguridad necesarias para su utilización como son las protecciones necesarias de la máquina.</p>					
Proveedor:	Imaq Construcciones Ambato – Ecuador					
Teléfono:	099 9230351					
E-mail:	imag@hotmail.es	Nombre de Contacto:	Jelis Trujillo			

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 9.- Ficha Técnica Amoladora

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA						
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
	CÓDIGO	MSE-5	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020
Nombre del Equipo:	AMOLADORA					
Marca	Makita	Modelo:	GA7020R			
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"			
Fecha de compra:	5/2/2017					
Garantía :	3 años					
Valor de compra:	\$185					
FICHA TÉCNICA						
INFORMACIÓN TÉCNICA:						
Potencia	2.200 W					
R.p.m	8.500 Rpm					
Diámetro de disco (máx.)	180 mm					
Inserción	M14					
Peso según EPTA	5,6 Kg					
Dimensiones. LxAnxAI	473 x 200 x 140 mm					
Longitud del cable	2,5 m					
Arranque suave	✓					
Bloqueo del eje	✓					
Sistema anti - restart	✓					
Emisión de vibración	8,00 m/seg ²					
Incertidumbre (K) de vibración	1,50 m/seg ²					
Presión sonora	90,00 dB(A)					
Potencia sonora	101,00 dB(A)					
Incertidumbre (K) sonora	3,00 dB(A)					
RECOMENDACIONES DE USO :	Al momento de utilizar esta herramienta es necesario el equipo de protección personal, tales como guantes, protectores visuales, debido que desprende una cantidad alta de limalla.					
Proveedor:	Makita Quito – Ecuador					
Teléfono:	999711379					
E-mail:	http://www.makita.cl/	Nombre de Contacto:	Juan Portilla			

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 10.- Control de Mantenimiento Amoladora

MAQUINA: AMOLADORA		FABRICANTE: Makita		MODELO: GA7020R	
CLASE DE ACTIVIDAD: CP: cambio de piezas. RF: revisar funcionamiento. AM: aplicar mantenimiento CC: cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 11.- Ficha Técnica Sierra Circular

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA					
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
	CÓDIGO	MSE-6	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020
Nombre del Equipo:		SIERRA CIRCULAR				
Marca	DeWALT	Modelo:	DWE575-B3			
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"			
Fecha de compra:	5/2/2017					
Garantía :	3 AÑOS					
Valor de compra:	\$155					
FICHA TÉCNICA						
ESPECIFICACIONES		DWE575-B3				
Potencia		1800W				
Velocidad sin carga		5,200/min				
Diámetro el disco		7-1/4" (184mm)				
Capacidad de biselado		57°				
Profundidad de corte a 90°		51.36mm (2-9/16")				
Peso de la herramienta		4Kg (8.8lbs)				
Topes de bisel		22.5° & 45°				
Material de zapata		Aluminio				
RECOMENDACIONES DE USO :		<p>Antes de comenzar el trabajo verificar que las protecciones se encuentren instaladas y que la persona que va a operar la máquina lleve los equipos de protección personal. En caso de calentamiento excesivo del disco de corte en la sierra circular se debe detener el proceso y esperar a que se enfríe para evitar roturas de la misma.</p>				
Proveedor:	DeWALT Center Ecuador - Quito					
Teléfono:	0995367791					
E-mail:	http://www.dewaltcenter.com.ec/contacto.php	Nombre de Contacto:	Alexis Montero			

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 12.- Control de Mantenimiento Sierra Circular

MAQUINA: SIERRA CIRCULAR		FABRICANTE: DeWALT		MODELO:	DWE575-B3
CLASE DE ACTIVIDAD: CP : cambio de piezas. RF : revisar funcionamiento. AM : aplicar mantenimiento CC : cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 13.- Ficha Técnica Taladro

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA						
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
	CÓDIGO	MSE-7	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020
Nombre del Equipo:		TALADRO				
Marca	DeWALT	Modelo:	DWD220			
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"			
Fecha de compra:	5/2/2017					
Garantía :	3 AÑOS					
Valor de compra:	\$218					
FICHA TÉCNICA						
ESPECIFICACIONES			DWD220			
Potencia			1,100W			
Portabrocas sin llave			N/A			
Tamaño del portabrocas			1/2"			
Velocidad sin carga			0-1,200 rpm			
Reducción de engranajes			Doble			
Capacidad en madera (Broca Espada)			1-1/2"			
Capacidad en madera (Broca Auger)			1-1/2"			
Capacidad en madera (Sierra Copa)			3-5/8"			
Capacidad en acero (Sierra Helicoidal)			1/2"			
Peso de la herramienta			4.9 lbs.			
RECOMENDACIONES DE USO :		Para poder usar esta herramienta debemos primero verificar que la broca este bien ajustada, que tenga el apoyo de sujeción y el operario tenga todo el equipo de protección.				
Proveedor:		DeWALT Center Ecuador - Quito				
Teléfono:		0995367791				
E-mail:		http://www.dewaltcenter.com.ec/contacto.php		Nombre de Contacto:		Alexis Montero

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 14.- Control de Mantenimiento Taladro

MAQUINA: TALADRO		FABRICANTE: DeWALT		MODELO:	DWD220
CLASE DE ACTIVIDAD: CP: cambio de piezas. RF: revisar funcionamiento. AM: aplicar mantenimiento CC: cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 15.- Ficha Técnica Pistola Neumática

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA						
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
	CÓDIGO	MSE-8	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020
Nombre del Equipo:		PISTOLA NEUMÁTICA				
Marca	DeWALT	Modelo:	DCN890			
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"			
Fecha de compra:	6/2/2017					
Garantía :	3 AÑOS					
Valor de compra:	\$500					
FICHA TÉCNICA						
<ul style="list-style-type: none"> - Motor: 18V Brushless. - Diámetro de clavos: 2,6 a 3,7 mm. - Ángulo del compartimento: 15° - Longitud de clavos: 13 a 57 mm. - Capacidad del cargador: 33 clavos. - Modos de disparo: secuencial y ráfaga. - Peso: 4,2 kg. 						
RECOMENDACIONES DE USO :		Para el uso de esta herramienta es necesariamente obligatorio el uso de un Equipo de Protección Personal. Tener precaución al momento de utilizarla por la fuerza del impacto por vibraciones que produce la herramienta.				
Proveedor:	DeWALT Center Ecuador - Quito					
Teléfono:	0995367791					
E-mail:	http://www.dewaltcenter.com.ec/contacto.php		Nombre de Contacto:	Jonathan Baraona		

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 16.- Control de Mantenimiento Pistola Neumática

MAQUINA: PISTOLA NEUMÁTICA		FABRICANTE: DeWALT		MODELO:	DCN890
CLASE DE ACTIVIDAD: CP: cambio de piezas. RF: revisar funcionamiento. AM: aplicar mantenimiento CC: cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 17.- Ficha Técnica Soldadora

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA																		
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS																	
	CÓDIGO	MSE-9	VERSIÓN	1	FECHA VIGENTE	4/3/2020												
Nombre del Equipo:	SOLDADORA																	
Marca:	LINCOLN	Modelo:	RANGER 250 GXT															
Serie:		Ubicación:	TALLER "STEEL ESTRUCTURAS"															
Fecha de compra:	5/2/2017																	
Garantía :	4 años																	
Valor de compra:	\$1.650																	
FICHA TÉCNICA																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Potencia de Salida</th> <th>Rango de Salida</th> <th>Motor</th> <th>HP & Velocidad</th> <th>Alto x Ancho x Largo mm (pulg.)</th> <th>Peso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250CA/CD/ CC25V/110% 250CD/CV CC/25V/110%</td> <td>50-250 CA/CD 14-28V CV 11,000W 10,000 W CONTINUOS</td> <td>Kohler® OHV COMMAND® CH23S GAS</td> <td>23 @ 3600</td> <td>759 x 546 x 1074 mm (29.9 x 21.5 x 42.3 pulg.)</td> <td>273 Kg (602 lb)</td> </tr> </tbody> </table>							Potencia de Salida	Rango de Salida	Motor	HP & Velocidad	Alto x Ancho x Largo mm (pulg.)	Peso	250CA/CD/ CC25V/110% 250CD/CV CC/25V/110%	50-250 CA/CD 14-28V CV 11,000W 10,000 W CONTINUOS	Kohler® OHV COMMAND® CH23S GAS	23 @ 3600	759 x 546 x 1074 mm (29.9 x 21.5 x 42.3 pulg.)	273 Kg (602 lb)
Potencia de Salida	Rango de Salida	Motor	HP & Velocidad	Alto x Ancho x Largo mm (pulg.)	Peso													
250CA/CD/ CC25V/110% 250CD/CV CC/25V/110%	50-250 CA/CD 14-28V CV 11,000W 10,000 W CONTINUOS	Kohler® OHV COMMAND® CH23S GAS	23 @ 3600	759 x 546 x 1074 mm (29.9 x 21.5 x 42.3 pulg.)	273 Kg (602 lb)													
RECOMENDACIONES DE USO :	Utilizar el equipo de protección, prohibido el uso de objetos metálicos que puedan causar accidentes. Considerar el amperaje de acuerdo al material.																	
Proveedor:	Proveindustria Quito – Ecuador																	
Teléfono:	0984395069																	
E-mail:	www.lincolnelectric.com.mx	Nombre de Contacto:	Raúl Solís															

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 18.- Control de Mantenimiento Soldadora

MAQUINA: SOLDADORA		FABRICANTE: LINCOLN		MODELO:	RANGER 250 GTX
CLASE DE ACTIVIDAD: CP: cambio de piezas. RF: revisar funcionamiento. AM: aplicar mantenimiento CC: cambiar conexiones.					
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	MECANISMO / PARTE A REEMPLAZAR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS CAMBIADAS

Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 19.- Orden de Trabajo

		Proceso: Logística			Código:FO-LOG-01			
		FORMATO DE NOTA DE PEDIDO			Versión: 02			
NOTA DE PEDIDO No.					MAT. PRIMA:			
FECHA, HORA:					MAQUINARIA:			
SOLICITANTE:					SERVICIOS:			
ÍTEM	CÓDIGO (Uso para Bodega)	CANTIDAD TOTAL SOLICITADA	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PRIORIDAD 1 (ALTA) 2 (MEDIA) 3 (BAJA)	VERIFICACIÓN DE CANTIDAD EXISTENCIA (Uso para Bodega)	CANTIDAD A COMPRAR	PROYECTO

94

Tipo de Aprobación: Fecha:

ELABORADO POR: SOLICITANTE

Nombre:

GESTIONADO POR: RESPONSABLE DE LOGÍSTICA

Nombre:

E-mail
Mensaje:
WhatsApp:
Otro:

Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

Anexo 20.- Lista de Herramientas

		Mantenimiento e Infraestructura							Código: FO-MI-00	
		LISTADO DE SALIDA DE HERRAMIENTAS							Versión: 01	
Responsable:				Proyecto:						
No	FECHA	NOMBRE	MAQUINA Y/O HERRAMIENTA	MARCA	HORA SALIDA	FIRMA	HORA ENTREGA	FIRMA	ESTADO	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

Anexo 21.- Pedido de Mantenimiento Externo

		Proceso: Mantenimiento e Infraestructura						Código:FO-MI-07	
		FORMATO PEDIDO DE MANTENIMIENTO EXTERNO						Versión: 01	
No. PEDIDO		NP-MEXT -						VEHÍCULOS	
FECHA, HORA:								MAQUINARIA:	
SOLICITANTE:								EQUIPO DE MEDICIÓN:	
ÍTEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	SERIE	DESPERFECTO PRESENTADO	PROVEEDOR	PRIORIDAD 1 (ALTA) 2 (MEDIA) 3 (BAJA)	OBSERVACIONES
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

**ELABORADO
 POR:
 Responsable de
 Mantenimiento e
 Infraestructura**

**AUTORIZADO
 POR:
 Responsable
 Producción Planta**

**GESTIONADO
 POR:
 Responsable de
 Logística**

Fuente: (Steel Estructuras, 2015)

Anexo 22.- Empresa "STEEL ESTRUCTURAS



Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 23.- Zona den de EPP



Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 24.- Área de Mantenimiento



Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 25.- Zona de Almacenamiento de Equipos de mayor tamaño



Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 26.- Bodega



Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 27.- Área Administrativa



Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 28.- Área de Tratamiento de Aceites y Líquidos



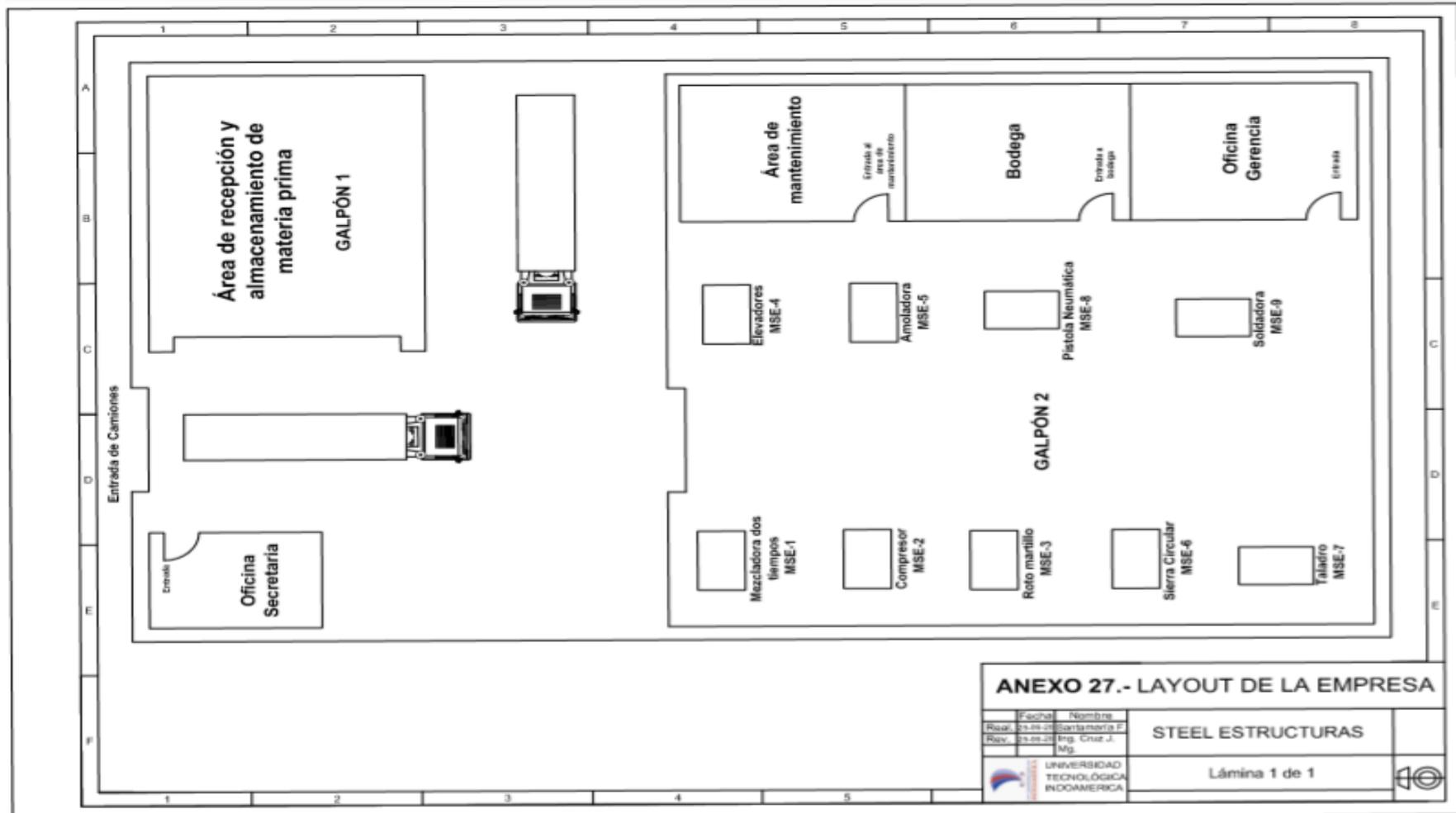
Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 29.- Bodega de Componentes y Lubricantes



Fuente: (Santamaria, 2020)

Anexo 30.- Layout de la empresa "STEEL ESTRUCTURAS"



Fuente: (Santamaria, 2020)

Grupo Industrial



Latacunga, 18 de agosto del 2020

CERTIFICA

Que el Sr. **FRANKLIN JAVIER SANTAMARÍA ANDINO**, con C.I. 050369429-1, estudiante de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**, del periodo académico "B19", quien culminó su trabajo de titulación con el tema: "**SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA STEEL ESTRUCTURAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA COTOPAXI**".

El mencionado trabajo será de mucha ayuda para la empresa "**STEEL ESTRUCTURAS CÍA. LTDA**", apoyando al **ÁREA DE PRODUCCIÓN**, a tener menos paros de producción y un mejor mantenimiento de la maquinaria de la empresa, con funcionalidad y de forma correcta.

El presente trabajo ha culminado con éxito por parte del Sr. **FRANKLIN JAVIER SANTAMARÍA ANDINO**, el mismo que ha demostrado responsabilidad y colaboración, para que el objetivo se cumpla.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, la persona interesada puede hacer uso del presente certificado como creyera conveniente, cumpliendo las normas legales.

Atentamente,

  **STEEL**
ESTRUCTURAS CÍA. LTDA

Ing. Santiago Quevedo Espín MSc.
GERENTE GENERAL

Quito.- Av. 9 de octubre 1601 y Av. Colón Edificio Plaza Colón 2 Piso 2 Oficina 25

Teléfono: 02 2905789

Latacunga.- Panamericana Norte Km 1 1/2 junto a la gasolinera del Sindicato de Choferes

Teléfono: 03 3049198