



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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE
MANTENIMIENTO PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE
POTENCIA UTILIZADOS EN LA RECEPCIÓN, CONVERSIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA POR MEDIO DE PANELES SOLARES, SEGÚN LA TÉCNICA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, EN EL DEPARTAMENTO DE ALTA
VERAPAZ**

Gianni Aimme Rey Ponce

Asesorado por el Mtro. Lic. Álvaro Fredy Rey Col

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE
MANTENIMIENTO PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE
POTENCIA UTILIZADOS EN LA RECEPCIÓN, CONVERSIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA POR MEDIO DE PANELES SOLARES, SEGÚN LA TÉCNICA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, EN EL DEPARTAMENTO DE ALTA
VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GIANNI AIMME REY PONCE

ASESORADO POR EL MTRO. LIC. ÁLVARO FREDY REY COL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE
MANTENIMIENTO PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE
POTENCIA UTILIZADOS EN LA RECEPCIÓN, CONVERSIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA POR MEDIO DE PANELES SOLARES, SEGÚN LA TÉCNICA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, EN EL DEPARTAMENTO DE ALTA
VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 29 febrero de 2020.

Gianni Aimme Rey Ponce

Ref. EEPFI-348-2020
Guatemala, 29 de febrero de 2020

Director
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE POTENCIA UTILIZADOS EN LA RECEPCIÓN, CONVERSIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE PANELES SOLARES, SEGÚN LA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, EN EL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, presentado por la estudiante **Gianni Aimme Rey Ponce** carné número **201212957**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento.

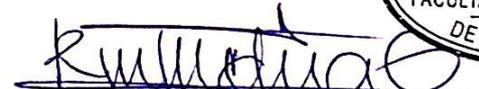
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

Sin otro particular,

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


M.Sc. Alvaro Fredy Rey Col
COLEGIADO No. 17,292
Mtro. Alvaro Fredy Rey Col
Asesor


Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinadora de Maestría
Gestión en Ingeniería de Mantenimiento




Mtro. Edgar Darío Álvarez Cot
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIME-005-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE POTENCIA UTILIZADOS EN LA RECEPCIÓN, CONVERSIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE PANELES SOLARES, SEGÚN LA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, EN EL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, presentado por la estudiante universitaria Gianni Aimme Rey Ponce, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



Guatemala, marzo de 2020

DTG. 247.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE POTENCIA UTILIZADOS EN LA RECEPCIÓN, CONVERSIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE PANELES SOLARES, SEGÚN LA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, EN EL DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, presentado por la estudiante universitaria: **Gianni Aimme Rey Ponce**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, septiembre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser quien ha estado en los momentos más felices y en los más difíciles de mi vida, gracias por siempre estar conmigo y darme a ese angelito que me cuida.
Virgen María	Por sus bendiciones y por ser guía en mi caminar.
Mis padres	Fredy Rey y Soany Ponce, este triunfo no lo hubiera logrado sin su esfuerzo y apoyo incondicional. Gracias por todo, por su amor, su apoyo, comprensión y motivación para seguir adelante.
Mi esposo	Juan Pablo Segura, por tu amor, paciencia, comprensión y por hacerme la vida más feliz con tu compañía.
Mi hermano	Jeffrey Rey, por tu apoyo, comprensión y cariño.
Mis abuelos	Enma de León y Matilde Col, su fortaleza y esfuerzo me inspiran y sus muestras de amor me alientan.

Mi tía

Sigríd Ponce, por creer en mí, darme su amor y apoyo.

Mi familia

Por su apoyo y cariño

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitir mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por prepararme en el conocimiento de la ingeniería
Catedráticos	Por haberme brindado los conocimientos y el apoyo en los diferentes cursos de la carrera.
Compañeros	Por haberme acompañado y apoyado durante la carrera
Familia y amigos en general	Gracias infinitas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. Energía	17
7.1.1. Fuentes alternativas de energía	17
7.1.1.1. Energía solar	18
7.1.1.2. Energía eólica	18
7.1.1.3. Energía hidroeléctrica.....	18
7.1.1.4. Bioenergía	19
7.2. Electrónica de potencia en sistemas de energía solar	19

7.2.1.	Clasificación de la electrónica de potencia.....	20
7.2.2.	Componentes de base en la electrónica de potencia	21
7.2.2.1.	Convertidor de potencia.....	21
7.2.2.2.	Campos de aplicación.....	22
7.2.2.2.1.	Por nivel de voltaje	22
7.2.2.2.2.	Por aplicación	22
7.3.	Energía solar en sistema fotovoltaico	24
7.3.1.	Módulo fotovoltaico o panel solar.....	24
7.3.2.	Regulador de carga	25
7.3.3.	Inversor.....	25
7.3.4.	Sistema fotovoltaico aislado	26
7.3.5.	Sistema fotovoltaico en red	26
7.3.6.	Sistema de acumulación.....	27
7.3.6.1.	Ácido plomo	28
7.3.6.2.	Níquel – cadmio.....	29
7.4.	Mantenimiento	29
7.4.1.	Generalidades del mantenimiento	30
7.4.2.	Clasificación del mantenimiento.....	30
7.4.2.1.	Mantenimiento correctivo.....	31
7.4.2.2.	Mantenimiento predictivo	32
7.4.2.3.	Mantenimiento preventivo.....	32
7.4.3.	Ciclo de mantenimiento	33
7.4.3.1.	Demanda	33
7.4.3.2.	Planificación.....	33
7.4.3.3.	Organización.....	34
7.4.3.4.	Ejecución	34
7.4.3.5.	Control.....	35
7.4.4.	Indicadores de gestión del mantenimiento	35

7.4.4.1.	Disponibilidad.....	35
7.4.4.2.	Mantenibilidad	36
7.4.4.3.	Confiabilidad.....	36
7.4.4.4.	Otros indicadores	37
7.4.4.4.1.	Efectividad global del equipo (OEE) ..	37
7.4.4.4.2.	<i>Mean Time Between Failures</i> (MTBF)	38
7.4.4.4.3.	<i>Mean Time To Fail</i> (MTTF)	38
7.4.4.4.4.	<i>Mean Time To Repair</i> (MTTR)	38
7.5.	Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)	38
7.5.1.	Mantenimiento y RCM	39
7.5.2.	Metodología del desarrollo	40
7.5.3.	Descripción y determinación de funciones.....	40
7.5.4.	Análisis de fallas funcionales	41
7.5.5.	Análisis de efectos y tipos de fallas	41
7.5.6.	Consecuencias de las fallas.....	42
7.5.7.	Análisis de riesgo.....	43
7.5.8.	Proceso de selección de tareas.....	43
7.5.8.1.	Tareas proactivas.....	43
7.5.8.2.	Acciones de omisión	44
7.5.9.	Procedimiento para analizar fallo y averías	44
7.5.9.1.	Análisis de prioridad de reparación.....	44
7.5.9.1.1.	Producción.....	45
7.5.9.1.2.	Calidad.....	45
7.5.9.1.3.	Medioambientales	45
7.5.9.1.4.	Seguridad.....	46
7.5.9.1.5.	Mantenimiento	46
7.5.9.2.	Herramienta para el análisis de averías	46
7.5.9.2.1.	Histograma.....	47
7.5.9.2.2.	Diagrama de Pareto	47

7.5.9.2.3. Diagrama causa efecto	48
8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE INFORME FINAL	49
9. METODOLOGÍA.....	53
9.1. Enfoque.....	53
9.2. Diseño	53
9.3. Tipo	53
9.4. Alcance	53
9.5. Variables e indicadores.....	54
9.6. Fases	55
9.7. Resultados esperados	56
9.8. Población y muestra.....	57
10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS	59
11. CRONOGRAMA.....	61
12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	63
13. REFERENCIAS.....	65
14. APÉNDICES.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de bloque de un sistema electrónico de potencia	21
2.	Panel solar	25
3.	Sistema fotovoltaico aislado	26
4.	Sistema fotovoltaico en red.....	27
5.	Cronograma	61

TABLAS

I.	Esquema de solución	15
II.	Comparativa de baterías por tipo	28
III.	Clasificación de mantenimiento	31
IV.	Operativización de variables.....	54
V.	Tamaño de la muestra	57
VI.	Formato de tabulación	57
VII.	Monto aproximado de la investigación.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kW	Kilovatios
Z	Nivel de confianza
N	Población
%	Porcentaje
d	Precisión (error máximo admisible en una proporción)
p	Probabilidad de éxito
q	Probabilidad de fracaso
n	Tamaño de muestra

GLOSARIO

AMEF	Análisis de modos y efecto de fallo.
Fiabilidad	Probabilidad de que un sistema, aparato o dispositivo cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un tiempo determinado.
FODA	Fortaleza, oportunidad, debilidad y amenaza.
Gestión	Conjunto de operaciones que se realizan para dirigir y administrar un negocio o una empresa.
Metodología	Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica, un estudio o una exposición doctrinal.
MTBF	Tiempo promedio entre fallos.
MTTF	Tiempo promedio para fallar.
MTTR	Tiempo promedio para reparar.
Óptimo	Aquello que resulta ser muy bueno y no puede ser mejor de lo que es.

OEE	Eficiencia global del equipo.
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
Sistematización	Proceso por el cual se procura ordenar una serie de elementos, pasos, etapas, y otros, con el fin de otorgar jerarquías a los diferentes elementos.
TPM	Mantenimiento productivo total.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, trata de una sistematización para la elaboración de un sistema integral del mantenimiento basado en confiabilidad para sistemas de energías renovables que son utilizados de manera particular para uso doméstico.

El problema es la falta de acciones para el mantenimiento del estado de condición de los componentes de sistemas electrónicos de potencia, que sirven como medio para realizar funciones importantes que posibilitan la transformación de energía que contiene la radiación solar a energía eléctrica.

La importancia de la solución es definir estructuras de mando y avisos que detallen la toma de decisiones, así como, la revisión de los tipos de mantenimiento correctivo, preventivo o imprevisto para estandarizar los procesos y dar solución a las diferentes fallas que se presentan.

El aporte se constituye en desarrollar una gestión basada en confiabilidad ya para generar indicadores sobre la fiabilidad, rendimiento y eficacia de los mantenimientos que se les realizan a los equipos con los que ya se suministra energía.

Los resultados esperados después de la investigación son la descripción de procesos y la obtención de datos que servirán para elaborar un sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad.

El esquema de solución propone el análisis de datos recopilados para la observación, comparación y análisis de los procesos de mantenimiento que se

demandan para mejorar la fiabilidad de los procedimientos y establecer relaciones que garanticen información sobre los sistemas.

La elaboración de la investigación es factible ya que el alcance de la investigación es descriptivo, y no se necesita un presupuesto elevado o instrumentos especializados para generar el estudio. Se cuenta con los sistemas electrónicos de potencia con los cuales se realizará el estudio, y se tiene conocimiento de los efectos de las fallas.

En el capítulo I se desarrollará el marco teórico. Se definirán los aspectos del estado de condición de los sistemas a través de la revisión documental sobre los antecedentes del problema para identificar las ineficiencias en los procesos de mantenimiento, además de, sugerir propuestas para establecer las rutinas de mantenimiento y la su relación con el plan de mantenimiento más adecuado por elegir.

En el capítulo II, se hará el desarrollo de la investigación. Se realizará la comparación y análisis de la información recopilada con base en la metodología en estudio para integrar las rutinas y procesos a variables cuantificables, como los son los indicadores, que optimicen el control de calidad del mantenimiento y a su vez estandarizar la gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad.

En el capítulo III, se hará la presentación de resultados.

En el capítulo IV, se hará la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Se tomaron los siguientes antecedentes con relación al tema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad:

Velásquez (2018) desarrolló su investigación en mantenimiento centrado en confiabilidad usando como estrategia la metodología de TPM (*Total Productive Maintenance*). El aporte de la investigación con el trabajo propuesto es metodológico, ya que integra las áreas que están estrechamente relacionadas con la producción, y el aporte es en la eliminación de averías en los equipos mediante la implementación de planes de mantenimientos planificados y autónomos.

La metodología presentada es de tipo no experimental, que tiene como objetivo lograr una mejora continua durante toda la gestión, desde el mantenimiento hasta el producto final de producción, estableciendo procedimientos que son eficientes y sin pérdidas en la utilidad de los equipos. En los resultados de la investigación determinó que la implementación de la metodología del mantenimiento total productivo le permite llevar un sistema de seguimiento completo de información útil, no solo al departamento de mantenimiento sino también a los departamentos de compras, producción, calidad, entre otros.

Pérez (2016) en su investigación propone la gestión del mantenimiento de equipamiento electromecánico de la Cooperativa Torfrecol r.s, utilizado para prolongar la vida útil de equipos en, seguridad y garantía de funcionamiento. El aporte de la investigación es práctico ya que, se diagnostica y evalúa la gestión

del mantenimiento aplicando procesos de auditoría, el aporte es la elaboración del plan y los datos obtenidos.

La metodología presentada es de tipo no experimental, en la que propone modelos y procedimientos de cálculo para la evaluación del sistema de gestión del mantenimiento.

En los resultados de la investigación, con la elaboración del plan, se obtuvo un mantenimiento organizado y planificado, que identifica las necesidades de recursos, y optimización de esfuerzos de mantenimiento. Así mismo, se minimizan de forma considerable las paradas emergentes y los trabajos de mantenimiento correctivo

Borras (2013) define que el mantenimiento como una contribución al rendimiento económico y financiero, por ello deben capacitarse en calidad y servicios. El aporte de la investigación con el trabajo propuesto es metodológico ya que da pruebas del beneficio económico que representa la implementación según estructuras y técnicas y el aporte es el análisis del mantenimiento en cuanto a los índices de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

La metodología presentada es de tipo no experimental, en la que presenta la evolución de los mantenimientos aportando técnicas para la mejora. El resultado de la investigación por medio del análisis determina de una manera práctica, sistemática y tangible de tener equipos en condiciones de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

Moreno (2009) desarrolló el diseño de un plan de mantenimiento para una flota de tractocamiones, con el fin de verificar el estado y comportamiento de ellos durante su operación aplicando técnicas estratégicas de análisis de criticidad". El

aporte de la investigación es práctico ya que determina un subsistema del tractocamión aplicando la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad junto con un análisis FODA, el aporte son los resultados de la investigación.

La metodología presentada es de tipo no experimental, en ella se hizo un análisis de los resultados obtenidos y con ellos la redacción de conclusiones y recomendaciones. En los resultados de la investigación, permitió conocer los subsistemas críticos de los tractocamiones, así como, identificar las actividades no planificada en la labor del mantenimiento y pasarlas a actividades planificadas. Esto aumento un 76 % en las actividades preventivas y un 24 % en actividades correctivas.

También en su investigación realizo la propuesta de eliminación de actividades preventivas innecesarias y estableció un nuevo plan de mantenimiento basado en la metodología de RCM.

Montilla, Arroyave y Silva (2007) presentan una investigación sobre el desarrollo del estudio de rediseño del mantenimiento preventivo de forma tradicional mejorado con un mantenimiento centrado en la confiabilidad. El aporte de la investigación con el trabajo propuesto es metodológico y práctico ya que demuestra la mayor eficiencia y reducción del CTM (carga de trabajo de mantenimiento), además de definir el mantenimiento adecuado mediante valores calculados durante la inspección, el aporte es el análisis y los datos obtenidos del rediseño del mantenimiento preventivo.

La metodología presentada es de tipo no experimental, en la que aplicaron el mantenimiento RCM (*Reliability Center Maintenance*), el cual establece los puntos críticos en los equipos de producción, para identificar cómo funciona el proceso y subproceso de una industria. En los resultados de la investigación por

medio del análisis determinan valores que definen el tipo de mantenimiento o acción por adoptar con respecto a los procesos y subprocesos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema es la falla en los mantenimientos realizados a los componentes de sistemas electrónicos de potencia, utilizados en la recepción, conversión y suministro de energía eléctrica por medio de paneles solares, por ello se realiza un retrabajo en la reparación de los equipos incurriendo en costos elevados para el área de mantenimiento.

Se presenta en el taller de mantenimiento durante el proceso de reparación de los sistemas electrónicos de potencia. Las fallas generan falta de disponibilidad de equipos y un aumento considerable en costo por reparación. No se cuenta con los repuestos en *stock*, por no saber en qué componente se generará la falla. A esto se le suma la falta de control de información, por no llevar un registro sobre actividades correctivas realizadas previamente.

Para que los sistemas electrónicos de potencia funcionen en óptimas condiciones es necesario que se adopten mantenimientos adecuados para garantizar el tiempo de servicio que han de brindar en las áreas de interés. Sin la implementación de la gestión integral de mantenimiento no se podrá ver los errores que se comenten dentro de los procesos de mantenimiento necesarios para lograr la fiabilidad de los sistemas que prestan el servicio, además, la existencia de un sistema de recolección de datos se justifica con facilitar el control de las fallas y permitirá identificar las que surgen con mayor frecuencia y llevar un mejor registro de los equipos.

Finalmente, al no manejar el registro del tiempo en cuanto tardan en reparar las fallas, no tienen indicador con el cual realizar comparación, por lo tanto, no se puede evaluar el rendimiento del trabajo.

Pregunta orientadora central

¿Cómo se desarrolla una propuesta de un sistema de gestión integral de mantenimiento para controlar la calidad de sistemas electrónicos de potencia utilizado en la recepción, conversión y suministro de energía eléctrica por medio de paneles solares, según la técnica de mantenimiento centrado en confiabilidad?

Preguntas auxiliares

- ¿Cuál es la tasa de fallo que existe en la gestión a la fecha de investigación de los sistemas electrónicos de potencia y como reducirlo?
- ¿Qué procesos se necesita para realizar un sistema que de confiabilidad al sistema de gestión integral de mantenimiento?
- ¿Cuál es la propuesta de diseño del sistema de gestión integral de mantenimiento basado en confiabilidad registra indicadores para la estandarización de procesos y control de calidad de sistemas electrónicos de potencia?
- ¿Cómo comunicar el procedimiento adecuado por seguir para establecer el estado de los equipos?

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación hace énfasis en la gestión de mantenimiento del programa de la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que es necesario definir estructuras de mando y requerimientos que especifiquen la toma de decisiones, que no es evidente en el proceso actual. El área de investigación de mantenimiento tiene como elementos primarios de revisión los tipos de mantenimiento correctivo, preventivo o imprevisto y estandarizar los procesos para dar solución a las diferentes fallas que se presentan durante los mismos.

La necesidad laboral por cubrir es el desarrollo de una gestión basada en confiabilidad ya que dará indicadores sobre la fiabilidad, rendimiento y eficacia de los mantenimientos que se les realizan a los equipos con los que ya se cuentan para suministrar energía solar, además de beneficiar con sistemas de calidad al área rural donde se presta el servicio.

En la implementación se establecerán controles que demuestren el avance y mejora en los procesos de mantenimiento, haciéndolos medibles y eficientes para garantizar la calidad del servicio y desarrollar un plan de mantenimiento. El estudio puede ser de beneficio al personal de mantenimiento de los sistemas electrónicos de potencia y, a la misma empresa ya que los mantenimientos realizados tendrán un porcentaje de fiabilidad.

5. OBJETIVOS

General

Elaborar una propuesta de un sistema de gestión integral de mantenimiento para controlar la calidad de sistemas electrónicos de potencia utilizados en la recepción, conversión y suministro de energía eléctrica por medio de paneles solares, según la técnica de mantenimiento centrado en confiabilidad

Específicos

- Establecer el índice de fallas que hay en la reparación de los sistemas electrónicos de potencia.
- Determinar un proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad para el control de calidad en los sistemas electrónicos de potencia.
- Diseñar un sistema de gestión integral de mantenimiento que determine estructuras de mando, estandarización de procesos y controles de calidad para el rendimiento de los sistemas electrónicos de potencia.
- Presentar un diagrama de flujo y afiches que identifique los pasos y procedimientos por realizar dentro del área de taller.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La principal necesidad por cubrir en el aspecto laboral con el estudio de investigación es desarrollar procesos de mejora y estandarización para llevar el control y registro de los procesos que se realizan dentro del mantenimiento de los sistemas.

El estudio de investigación pretende desplegar la gestión basada en confiabilidad ya que dará indicadores sobre la fiabilidad, rendimiento y eficacia de los mantenimientos que se les realizan a los equipos con los que ya se cuentan para suministrar energía solar, además de beneficiar con sistemas de calidad al área rural donde se presta el servicio.

Uno de los requerimientos más importantes que se deben satisfacer con el desarrollo de esta gestión es garantizar la vida útil de los sistemas y el registro de soluciones para fallas que se reportan de los sistemas en cuestión. Es trascendental que todo beneficio y mejora se de en tiempo real ya que los tiempos de mantenimiento son cortos y la demanda del servicio es alta. Cabe la posibilidad que al desarrollar este sistema de gestión se pueda reorganizar los procesos que aún no se tienen establecidos como prioritarios pero que juegan un papel importante dentro del mantenimiento de los sistemas.

El esquema que se experimentará en la solución se presenta en cuatro fases principales, inicia con la definición e identificación documental para dar un contexto de los antecedentes del problema o estado del arte. En la segunda etapa, se realizará el diagnóstico, en el cual se determinará las funciones y fallas.

Se centrará en el análisis del problema para priorizar problemas existentes (no aleatorios, ficticios o futuros).

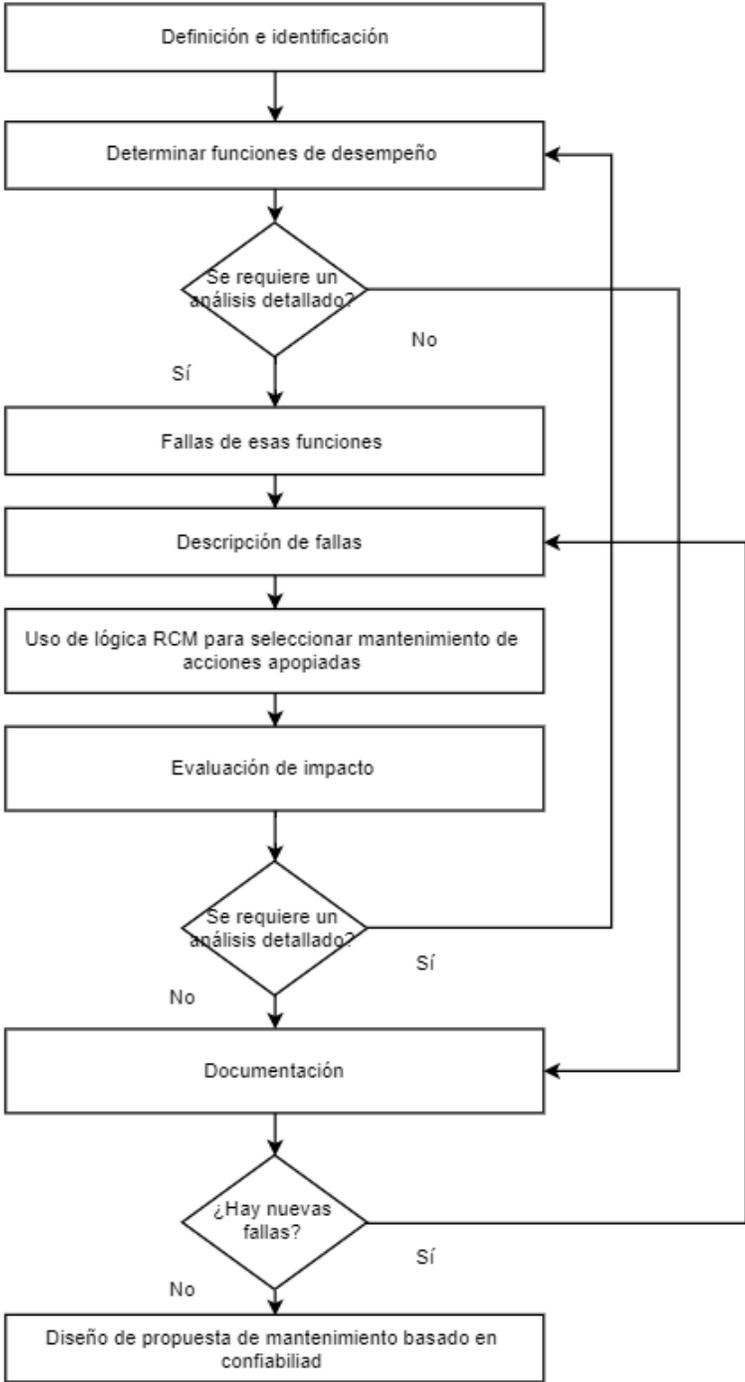
En la tercera fase se realizará un análisis para seleccionar las acciones apropiadas con base en el uso del RCM (mantenimiento basado en confiabilidad).

En la parte final se realizará una propuesta de un sistema de gestión integral de mantenimiento basado en confiabilidad para la gestión de los procesos de mantenimiento de los sistemas electrónicos de potencia.

Debido a la necesidad insatisfecha y las limitaciones actuales en el proceso de mantenimiento se ha de determinar este tipo de metodologías, gestionar los procesos que el personal de mantenimiento realiza con los sistemas electrónicos de potencia que tienen gran impacto en la empresa, por lo que aplicar esta metodología al servicio de suministro de energía renovable en estudio muestra una idea original del investigador.

El trabajo de investigación tiene validez técnica porque busca mejorar la fiabilidad, calidad y eficiencia de procesos de mantenimientos que se realizan por medio de la elaboración de un sistema de gestión integral de mantenimiento basado en confiabilidad.

Tabla I. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Energía

La energía puede definirse como la: “capacidad de hacer un trabajo físico a partir de acciones mecánicas, térmicas, químicas o eléctricas, o de causar una transferencia de calor entre dos objetos que se hallen a distintas temperaturas” (Miller, 1994, p.64).

La energía se origina mediante procesos físicos que tiene como origen recursos naturales. Debido a la importancia e impacto que tiene en la vida cotidiana de los seres humanos, estos han innovado formas para transformarla, según su conveniencia y necesidad, como en los casos de residencias, industrias y comercios.

7.1.1. Fuentes alternativas de energía

Suarez (2010) indica que la energía se conserva, y lo único que se puede hacer es convertirla de una forma a otra, iniciando así las fuentes primarias. Entre esas fuentes se encuentran los combustibles fósiles convencionales (petróleo, carbón y gas natural) y no convencionales (combustibles nucleares), así como la luz solar que alcanza el suelo, los vientos, los ríos, las corrientes oceánicas incluyendo las mares, y la biomasa, entre otras. También comenta que, desde el punto de vista de la conversión en energía eléctrica, las energías alternativas se conocen como alternativas a los hidrocarburos. En consecuencia, la energía hidráulica, la solar, la eólica, la obtenible de biomasa, la geotérmica, la oceánica y la nuclear se consideran energías alternativas.

7.1.1.1. Energía solar

“La radiación solar existe en el planeta como resultado de la captación de radiaciones electromagnéticas provenientes del Sol; la superficie terrestre capta una parte de esta energía radiante, aproximadamente un 15 %, ya que el resto la refracta a la atmósfera. Conocido también como constante solar” (Cabello, 2006, p.26).

Es decir que la energía solar es la radiación solar que se recibe de la superficie terrestre que mediante tecnología puede convertirse en electricidad, energía mecánica o calor.

7.1.1.2. Energía eólica

Santamarta (2004), define que “la energía eólica es una fuente de energía renovable que utiliza la intensidad y regularidad del viento con el objeto de producir energía” (p.38).

El sistema eólico se integra de un arreglo de aspas una torre y un generador, el cual, debido al calentamiento no uniforme y la radiación de la superficie terrestre, genera el movimiento de masas de aire por una distribución desigual de presión en la atmosfera, es decir el viento.

7.1.1.3. Energía hidroeléctrica

Según Santamarina (2004) “La energía hidroeléctrica se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina depende de la cantidad y de

la velocidad del agua que pasa a través de la turbina, cuya eficiencia puede llegar al 90 %” (p.38).

Esta electricidad es una tecnología de energía limpia que consiste en la explotación del agua que, por medio de energía cinética y la transferencia del movimiento de rotación de las turbinas hacia un generador eléctrico que transmite la energía por medio de las torres de transmisión.

7.1.1.4. Bioenergía

La bioenergía procede de la energía solar almacenada en plantas, en madera, tallos o granos, de los que se extraen productos líquidos (etanol, biodiésel) o gas (gas renovable natural) que representan soluciones energéticas sostenibles capaces de reemplazar todas las formas de energía fósil (Sánchez, 2012).

7.2. Electrónica de potencia en sistemas de energía solar

Según Sarmiento (2010), “electrónica de potencia es la parte de la electrónica encargada del estudio de dispositivos, circuitos, sistemas y procedimientos para el procesamiento, control y conversión de la energía eléctrica” (p.3).

Mohan, Undeland y Robbins (1995), expresan que, “la electrónica de potencia delimita el procesamiento y control de energía eléctrica al suministro voltajes y corrientes de manera óptima para las diferentes cargas” (p.3).

La electrónica de potencia se ha utilizar en diversas aplicaciones, como fuentes de alimentación reguladas de corriente alterna y corriente directa, control

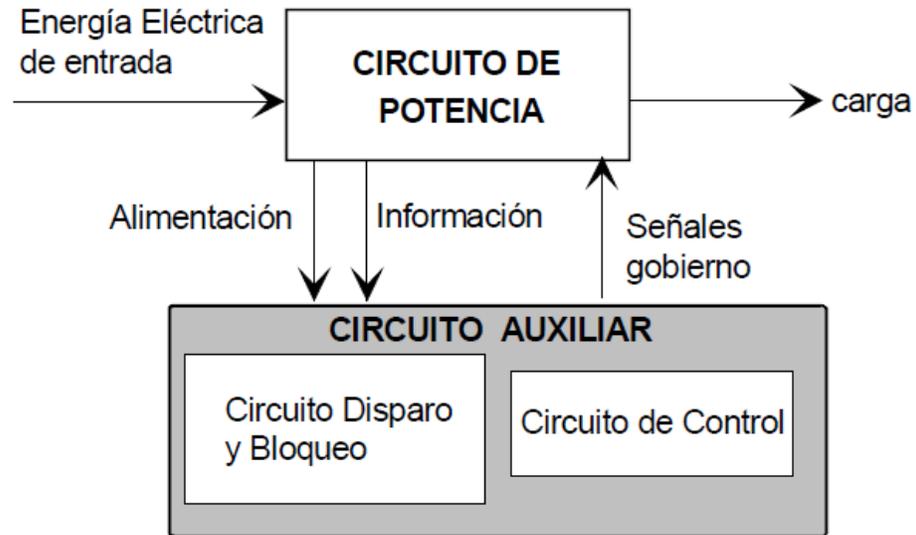
de iluminación, calefacción, soldadura, procesos electroquímicos, control de máquinas de corriente alterna y corriente alterna, entre otros.

7.2.1. Clasificación de la electrónica de potencia

Un equipo consta de dos partes importantes para clasificarse como sistemas de electrónica de potencia, lo cuales son: el circuito de potencia y el circuito auxiliar

- Circuito de potencia: Sarmiento (2010), “Se compone de semiconductores de potencia y elementos pasivos que asocia la fuente principal de alimentación con la carga” (p.2).
- Circuito auxiliar: transforma la información del control de potencia y genera señales de mando que indican la conducción de los semiconductores y su consecuencia.

Figura 1. **Diagrama de bloque de un sistema electrónico de potencia**



Fuente: Sarmiento, (2010). *Introducción a la Electrónica de Potencia*.

7.2.2. Componentes de base en la electrónica de potencia

Se divide en dos conceptos importantes:

7.2.2.1. Convertidor de potencia

Consisten en el manejo de la transferencia de energía, controla y moldea magnitudes eléctricas de entrada, frecuencia, no. fases en magnitudes de salida, frecuencia y no. fases (Sarmiento, 2010).

En general, hay distintos convertidores según su función:

- Conversión AC-DC (rectificadores)
- Conversión AC-AC (reguladores de alterna o ciclos convertidores)
- Conversión DC-AC (inversores)

- Conversión DC-DC (reguladores de continua o troceadores)

7.2.2.2. Campos de aplicación

En general, estos sistemas se pueden usar en cualquier tipo de necesidad que requiera el suministro de energía eléctrica diferente a la fuente principal de alimentación y se pueden clasificar por el nivel de voltaje y la aplicación (Sarmiento, 2010).

7.2.2.2.1. Por nivel de voltaje

- Baja potencia (< 10kW)
 - Domesticas
 - Equipos de oficina
 - Industriales y comerciales
- Media potencia (10-1000 kW)
 - Industriales
 - Telecomunicaciones
 - Accionadores
- Alta tensión (>1000 kW)
 - Tracción
 - Transmisión

7.2.2.2.2. Por aplicación

En esta sección López (2017) define las aplicaciones en que pueden identificarse los sistemas electrónicos de potencia:

- **Rectificadores**
 - Alimenta todos los sistemas electrónicos donde sea necesario suministrar energía eléctrica en forma de corriente continua.
 - Transporte de energía eléctrica en corriente continua y alta tensión.
 - Carga de baterías.
 - Procesos electroquímicos.
 - Control de maquinaria en procesos industriales como; elevadores, transportadoras, trenes de laminación, entre otras.

- **Regulador de alterna**
 - Control de iluminación
 - Control de velocidad de motores de inducción
 - Calentamiento por inducción

- **Cambiador de frecuencia**
 - Enlace de dos sistemas energéticos no sincronizados, de corriente alterna.
 - Alimentación de aeronaves.

- **Inversores**
 - Se utilizan en aplicaciones industriales que requieren accionar motores de corriente alterna.
 - Fuentes eólicas y fotovoltaicas, se utilizan para convertir corriente continua en alterna.
 - Calentamiento por inducción.

- **Troceadores**
 - Se utiliza para la alimentación y control baterías o fuentes independientes de corriente continua, así como motores de continua.

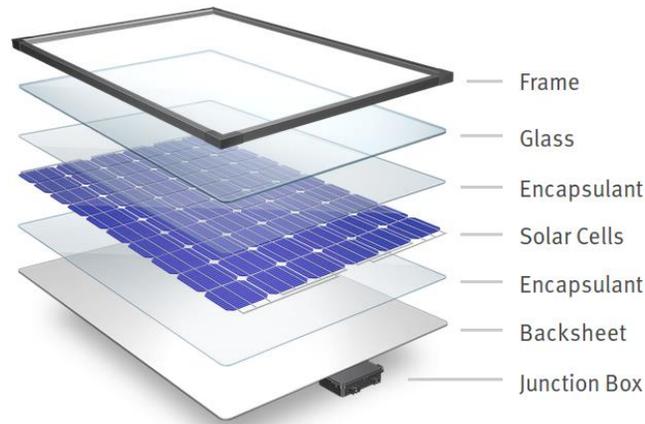
7.3. Energía solar en sistema fotovoltaico

Según Aguilar (2014) un sistema fotovoltaico debe contar con un regulador de carga, un inversor y un sistema de acumulación. Estos componentes tienen influencia en la vida útil de la batería y el costo final del sistema.

7.3.1. Módulo fotovoltaico o panel solar

Según Casa y Barrio (2012) un módulo se forma por conectar en serie las células solares, estas se componen por elementos químicos como lo son; el silicio cristalino y arsenio de galio los cuales permiten transformar la energía que procede del sol, es decir, la energía calorífica en energía eléctrica, a niveles de tensión continua con los que los paneles solares pueden trabajar (6, 12, 24 voltios). El encapsulamiento que tiene un panel solar es un químico que permite resguardar el funcionamiento de la célula solar y así mismo su desgaste, ya que lo protege del polvo, lluvia y polvo.

Figura 2. **Panel solar**



Fuente: Wealth Daily, (2011). *Solar Technology*.

7.3.2. **Regulador de carga**

Para González, Zambrano y Estrada (2014) este elemento se aprovecha para la protección de las baterías en caso de corrientes o voltajes muy altos. Dentro de sus funciones, monitorea la tensión de la batería o banco de baterías y cuando se encuentran en el límite de carga, este interrumpe el proceso en el que el panel que suministra corriente a la batería y comienza el proceso de descarga. Luego de un tiempo el regulador al recibe la señal que la batería se descarga y es ahí cuando el regulador conecta de nuevo el sistema para que cargue la batería o banco de baterías.

7.3.3. **Inversor**

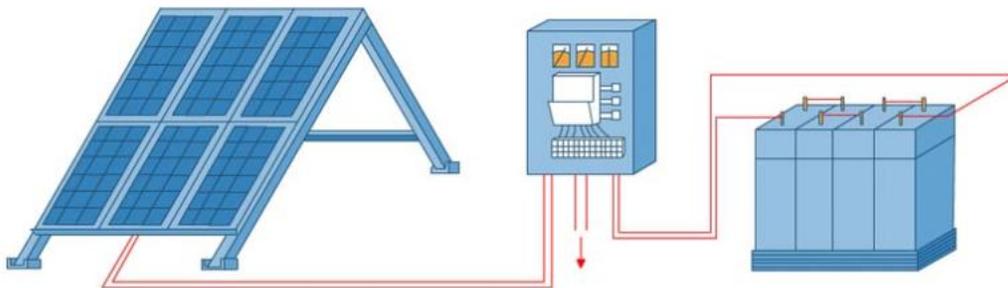
Según Casa y Barrio (2012) un inversor realiza la función de modificar los voltajes, ya sea que se quiera cambiar de un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida de corriente alterna, con magnitudes establecidas por el diseñador. En resumen, el inversor puede interrumpir la corriente y cambiar

su polaridad de acuerdo con el sistema fotovoltaico al que esté conectado. Los inversores tienen un uso particular y es en los sistemas fotovoltaicos aislados.

7.3.4. Sistema fotovoltaico aislado

Según Serrano (2018) expresa que las instalaciones fotovoltaicas aisladas generan electricidad de forma autónoma (sin conexión a red) y que están dotadas de sistemas de acumulación, baterías, y regulación para cubrir la demanda. También indica que los sistemas aislados son de poca potencia (3-10 kW) y tienen mayor aplicación en zonas rurales o remotas con escaso desarrollo de las redes eléctricas.

Figura 3. **Sistema fotovoltaico aislado**



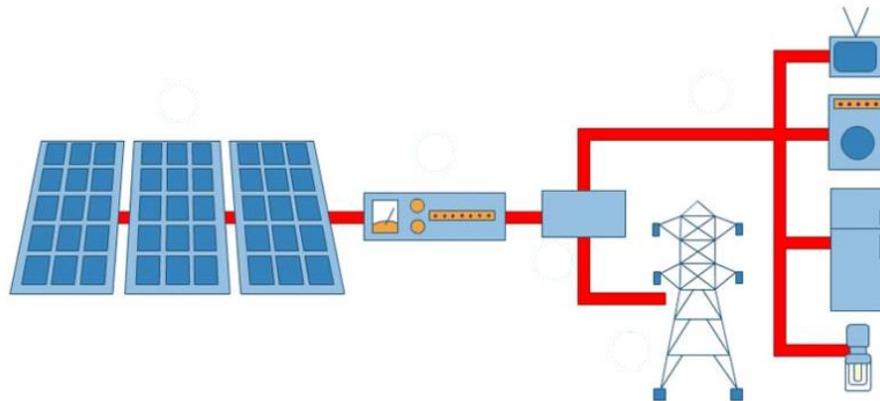
Fuente: Ente vasco de la energía (2016). *Sistema fotovoltaico*.

7.3.5. Sistema fotovoltaico en red

Alonso (2012) indica que los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica tienen como objetivo el aumento de producción de energía para suministrar a la red. En vista de que un sistema fotovoltaico en red no requiere del uso de baterías para mantener el sistema, se colocan baterías en casos de

autoconsumo ya que, se cargan cuando hay radiación solar y entregan la energía almacenada al ser comprada por la red eléctrica.

Figura 4. **Sistema fotovoltaico en red**



Fuente: Ente vasco de la energía (2016). *Sistema fotovoltaico*.

7.3.6. **Sistema de acumulación**

Alonso (2001) indica que en sistemas fotovoltaicos las baterías se utilizan como sistema de almacenamiento energético, debido a que el periodo de generación se realiza durante el día y el periodo de consumo durante la noche. Esto también permite que el consumo, aun cuando el módulo fotovoltaico por sí mismo no genera la potencia suficiente de suministro a la batería. Las baterías se utilizan en mayor parte en sistemas fotovoltaicos aislados de la red. En general, las baterías se clasifican en primarias y secundarias, la diferencia entre ambas es que las baterías secundarias sí se pueden recargar y las primarias no.

Tabla II. **Comparativa de baterías por tipo**

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> * Ciclado profundo. * Tiempos de vida largos. * Reserva de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Precio elevado. * Disponibilidad escasa en determinados lugares. 	
Arranque (SLI, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> * Precio * Disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> * Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. * Escasa reserva de electrolito 	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> * Fabricación similar a SLI * Amplia reserva de electrolito * Buen funcionamiento en ciclados medios. 	<ul style="list-style-type: none"> * Tiempo de vida medios. * No recomendada para ciclados profundos y prolongados. 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> * Escaso mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremos 	

Fuente: González, Zambrano y Estrada (2014). *Estudio, diseño e implementación de un sistema solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragón del golfo de Guayaquil.*

Para González *et al.* (2014), si bien las baterías son capaces de almacenar energía, su capacidad depende de la radicación solar y para el caso de paneles solares se utilizan baterías de ciclo profundo, es decir que puede llegar a descargarse en un 70 % o más de su capacidad. Usualmente, se utilizan baterías de ácido plomo ya que las de níquel y litio tienen un costo mayor.

7.3.6.1. Ácido plomo

Según Casa y Barrio (2012) las baterías de tipo ácido plomo se compone de placas de plomo dentro de una solución de ácido sulfúrico a ello su nombre. Las celdas de cuentan con una capacidad de dos voltios y la capacidad de

almacenaje de energía depende de la velocidad de descarga, y su capacidad nominal corresponde a un tiempo de descarga de 10 horas. A mayor tiempo de descarga, mayor cantidad entregada de energía.

7.3.6.2. Níquel – cadmio

Casa y Barrio (2012) las baterías de níquel – cadmio tiene una estructura física similar a la de ácido plomo, sin embargo, utiliza hidróxido de níquel para las placas positivas y óxido de cadmio para las placas negativas. El electrolito en el que se sumerge es hidróxido de potasio, y logra una capacidad de 1.2 voltios, admitiendo una descarga de hasta un 90 %, por lo anterior su vida útil es mayor.

7.4. Mantenimiento

Según Dhillon (2002) el mantenimiento es un trabajo de prevención al desgaste del rendimiento y funciones de un equipo como prevenir malas prácticas, mal funcionamiento y fallas del equipo. Para este autor el mantenimiento debe establecerse en dos partes, conservación y preservación.

Velásquez (2018) expresa que el mantenimiento es la conservación de la maquinaria y equipos con el objetivo de aumentar la disponibilidad de estos.

En conclusión, el mantenimiento pretende llevar al máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la mayor seguridad para el personal, con la menor contaminación del ambiente a un costo sustentable.

7.4.1. Generalidades del mantenimiento

García (2012) indica que, en cualquier empresa el mantenimiento tiene que cumplir con dos fines fundamentales:

- Reducir costos de producción
- Garantizar la disponibilidad

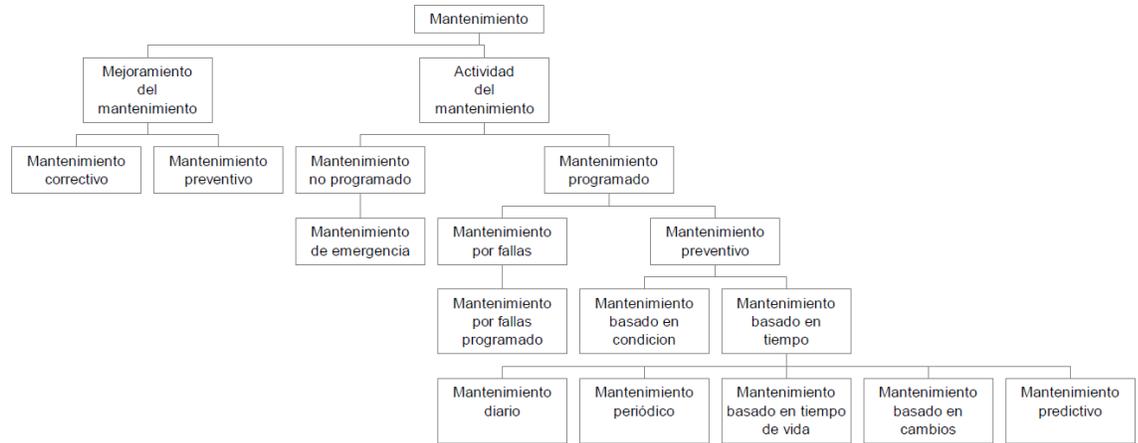
En reducción de costos de producción se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones para la producción.
- Reducir los costos de las paradas de producción, por deficiencia en el mantenimiento o la falta de programación de mantenimiento en los momentos más apropiados.
- Prolongar la vida útil de los equipos

7.4.2. Clasificación del mantenimiento

Debido a que dentro de las empresas no se usa un lenguaje común, en esta investigación se realizará una guía sobre los mantenimientos en base la clasificación del mantenimiento como indica Suzuki (1996) en el siguiente diagrama se muestran la clasificación:

Tabla III. **Clasificación de mantenimiento**



Fuente: Suzuki, (1996). *TPM In Process Industries*.

7.4.2.1. **Mantenimiento correctivo**

García (2009) expresa que esta técnica de mantenimiento es utilizada después de que ha ocurrido la falla teniendo que reparar el equipo o sustituirlo. Si las piezas por cambiar no se encuentran disponibles en las existencias de repuestos, la máquina pierde por un periodo de tiempo la capacidad de producir, y el tiempo se ve afectado directamente por el fabricante y el tiempo de envío de los repuestos.

Este tipo de mantenimiento puede presentar inconvenientes como los siguientes:

- Paradas inesperadas.
- Las paradas catastróficas, ya que producen roturas importantes.
- Los costos de reparación elevados.
- La necesidad de tener piezas de repuesto en almacén se incrementa ante la incertidumbre puede ocurrir en cualquier momento.

- Los riesgos de accidentes se incrementan.

NASA (2008) indica que el mantenimiento reactivo puede ser determinado justamente cuando el riesgo y el costo de falla son menores que el costo de mantenimiento.

7.4.2.2. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el futuro de las fallas de un componente de una máquina, sin embargo, dichos componentes pueden reemplazarse en base a un plan antes de que falle.

El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. Las técnicas predictivas más comunes en instalaciones industriales, según Mejía (2017) son:

- “Análisis de vibraciones, considerada por muchos la mejor técnica dentro del mantenimiento predictivo.
- Análisis de aceites.
- Análisis de ultrasonidos.
- Análisis de humos de combustión.
- Control de espesores en equipos estáticos
- Otros” (p.22).

7.4.2.3. Mantenimiento preventivo

Según García (2009), este mantenimiento tiene su importancia debido a que realiza revisiones en repetidas ocasiones sobre los equipos, tomando en cuenta

todas las partes de un mecanismo por desgastar y, sobre todo, las que son necesarias para asegurar el buen funcionamiento.

El mantenimiento preventivo se hace mediante un programa de actividades, con el fin de anticiparse a las posibles fallas en el equipo. Tiene en cuenta cuales actividades se deben realizar sobre el equipo en marcha o detenido.

7.4.3. Ciclo de mantenimiento

Según García (2012) el ciclo de mantenimiento consta de cinco etapas, cada una aumenta la efectividad de los programas de mantenimiento, permitiendo un equilibrio en la administración de los recursos y retroalimentando el planteamiento de nuevos programas.

A continuación, se desarrollarán conceptos con base en las definiciones de los autores (Guzmán, 2013; Borrás, 2013 y Duffua, Raouf y Campbell, 2000)

7.4.3.1. Demanda

La etapa de demanda inicia con la transformación de insumos en productos o servicios que en muchos casos generan tareas de mantenimiento con el fin de evitar y corregir fallas.

7.4.3.2. Planificación

En esta etapa se definen objetivos y restricciones en los alcances de la empresa, se van dando métodos y procedimientos para conseguir o alcanzar los objetivos.

La secuencia de procesos y procedimientos durante la planificación permite administrar los recursos humanos, materiales, finanzas y recursos tecnológicos que son importantes en la ejecución de tareas de mantenimiento.

7.4.3.3. Organización

La etapa de organización se estructura en referencia de la planificación de la empresa, en la que establece el funcionamiento de los programas. Incluye la estructura jerárquica del personal, perfiles del personal, así como ordena la empresa de una manera eficiente para alcanzar un buen nivel que logre cumplir los tiempos establecidos por la planificación con los recursos asignados en el presupuesto.

7.4.3.4. Ejecución

Matos y Torres (2004) señala:

En esta etapa “se pone en acción la planificación establecida y el objetivo es cumplir las metas o llegar a lo más cerca posible de lo establecido. Se requiere de estrategias de los miembros involucrados en la gestión de mantenimiento para usar los recursos de manera eficiente y a beneficio de la empresa” (p.13).

La ejecución depende de la motivación del personal para cumplir los objetivos, así como un nivel de comunicación asertiva que permita tener la información disponible cuando se requiera y cuando la dirección operativa lo demande para tomar decisiones.

7.4.3.5. Control

Esta etapa se compone de acciones que corrigen los desvíos que se presentan referente a la planificación de la gestión de mantenimiento. Las acciones de control definen variables por controlar, establece medidas de las variables, estándares de referencia, mide, compara mediciones con estándares y corrige si se da el caso de desviaciones esperadas por abundancia o defecto. Hay softwares que facilitan obtener indicadores de datos técnicos-económicos.

7.4.4. Indicadores de gestión del mantenimiento

Según Sotuyo (2001) una sistematización de información es útil para tomar decisiones y requiere una serie de mediciones que permitan evaluar los resultados que se obtienen en el área de mantenimiento.

Es decir: a partir de los datos recopilados, se obtendrá una serie de indicadores que permitirán la tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

7.4.4.1. Disponibilidad

García (2012) y Borrás (2013) definen la disponibilidad como la probabilidad de que un equipo opere bien a lo largo de un periodo de tiempo establecido, sin embargo, dependerá de la confiabilidad y de la mantenibilidad que se le dé al equipo.

El objetivo primordial del mantenimiento es conseguir que los equipos estén disponibles. En conjunto con una alta disponibilidad, se obtiene la reducción del de número de paradas para obtener una economía rentable y operación exitosa.

Por tanto, los alcances se encuentran relacionados con una inversión inicial la cual tiene como beneficio la disponibilidad de los equipos durante su vida útil y que estos tendrán un costo neto total menor de mantenimiento durante el ciclo de vida (García, 2012).

Según (Mejía, 2017; García, 2012 y Moubrey, 2004) se definen los siguientes conceptos sobre indicadores de mantenimiento:

7.4.4.2. Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo que ha fallado pueda ser reparado en un periodo de tiempo dado (Mejía, 2017).

Este indicador debe seguir lineamientos establecidos por el plan de mantenimiento realizado para llegar a las metas deseadas.

7.4.4.3. Confiabilidad

La confiabilidad no es más que la probabilidad que un equipo no se dañe durante un periodo de tiempo dado estando en servicio (García, 2012).

El tiempo promedio entre fallas es un indicativo de la confiabilidad y entre más alto sea mayor es la confiabilidad que se ofrece a los equipos que realizan una función dentro del procesos productivos de una empresa.

7.4.4.4. Otros indicadores

Un indicador representa maneras de comportamiento de un equipo específico. Pérez (2016) a su vez, establece valor a ese comportamiento que se basa en el registro e historial almacenado sobre la información de los equipos.

Los valores que representan los indicadores que determinan la diferencia entre lo esperado y lo deseado, en base a los conceptos de (Dhillon, 2002; Moubray, 2004 y Borrás, 2013).

7.4.4.4.1. Efectividad global del equipo (OEE)

Es efectividad está asociada al comportamiento global de los equipos el cual se obtiene mediante la disponibilidad, eficiencia de desempeño y la calidad del trabajo que realiza.

La OEE, que es el único índice de clase mundial que determina el producto de los tres factores antes mencionados, y el Instituto japonés de mantenimiento de plantas, recomienda factores mínimos:

- Mínima disponibilidad del equipo 90 %
- Eficiencia del desempeño 95 %
- Porcentaje de productos de calidad 99 %

Teniendo como resultado del producto de los tres factores 0,85, sin embargo, este factor lo manejan las empresas grandes que compiten por premio al mantenimiento productivo total (TPM).

7.4.4.4.2. Mean Time Between Failures (MTBF)

Según Moubray (2004) es el tiempo en promedio que sucede entre fallos, indica el intervalo que pasa entre un arranque y la aparición de un fallo. Este parámetro se utiliza también en estudio de confiabilidad, por lo tanto, es importante su cálculo.

7.4.4.4.3. Mean Time To Fail (MTTF)

Es la medición de tiempo promedio de operación del equipo a toda capacidad sin interrupciones dentro de un periodo estimado. Moubray (2004) señala que es un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo que se conoce como tiempo promedio hasta la falla.

7.4.4.4.4. Mean Time To Repair (MTTR)

Moubray (2004) indica que esta medición se realiza para conocer el promedio de tiempo que tarda la reparación del equipo. También mide la efectividad al restaurar el equipo a las condiciones necesarias de operación una vez estando fuera de servicio por motivo de fallos. Este parámetro se asocia a la mantenibilidad debido a que mide el cumplimiento del mantenimiento. También se conoce como tiempo promedio para reparar

7.5. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en confiabilidad tiene su inicio en los programas de mejora de mantenimientos de aeronáutica, debido a costos elevados en la

reparación, así como índices críticos en de pérdidas humanas y materiales que para la compañía aérea no eran rentables.

7.5.1. Mantenimiento y RCM

Borras (2013). Define que “el mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso usado para establecer la prioridad de tareas que deben cumplirse para certificar que todo equipo o sistema realice sus funciones de manera continua, como sus usuarios lo establecen durante la operación” (p.235).

Es decir que, son todos los esfuerzos involucrados que una empresa en los que se enfoca para conservar y preservar el estado óptimo de un activo para dar el mejor servicio y que cumpla con las funciones que el operativo necesita y desea que se efectúe.

El mantenimiento centrado en confiabilidad se basa en la relación organización-activos, provocando el cuestionamiento un sistema de supervisión que ayude al análisis de solución de fallas o problemas que se puedan estar originando.

Este proceso realiza 7 preguntas básicas:

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

¿Qué debe hacerse si no se encuentra un plan de acción apropiado?
(Moubray, 2004, p. 48).

7.5.2. Metodología del desarrollo

El autor describe los pasos para aplicar el proceso RCM en los siguientes puntos (Dillon, 2012):

- “Identificar y determinar el objeto de estudio.
- Obtener información sobre funcionamiento y análisis de la falla.
- Desarrollar un análisis de causa raíz.
- Realizar análisis de riesgo sobre los modos de falla críticos.
- Clasificar los requerimientos de mantenimiento en base a las consecuencias de la falla.
- Toma de decisiones, tareas y periodicidades basado en RCM.
- Aplicar proceso de RCM, realizar el plan de mantenimiento” (p.91).

7.5.3. Descripción y determinación de funciones

Según Borrás (2013), los activos de las empresas tienen un fin que debe ser comprendido para que cumpla el funcionamiento con las necesidades, por eso un activo debe conservar y preservar el estado óptimo para el que fue diseñado.

El RCM le da el nivel de desempeño a la función que el activo debe cumplir para que el usuario efectúe con un nivel de desempeño aceptable.

7.5.4. Análisis de fallas funcionales

Moubray (2004), las fallas funcionales son las que ocurren cuando el activo no cumple con la función según los parámetros que el usuario considera aceptable, para identificarlas el RCM lo hace en dos niveles:

- Primer nivel, identificar situaciones que llevaron a la falla.
- Segundo nivel, preguntarse qué eventos causaron que se diera la falla en el activo.

En sí, lo que se debe definir son las funciones y parámetros de funcionamiento que realiza el activo.

7.5.5. Análisis de efectos y tipos de fallas

Esta fase involucra una inspección de los activos que fallaron antes de removerlas de los escenarios para determinar las razones de falla, según lo señala (Dillon, 2012).

Según Moubray (2004):

El AMEF es necesario para realizar un listado de los efectos de falla que ocurren en cada modo y es necesario que incluya toda la información para su posterior evaluación sobre las consecuencias de la falla, “para esto se indica las siguientes preguntas:

- ¿Qué pruebas hay sobre lo ocurrido?
- ¿De qué modo representa un peligro ante la seguridad del ambiente?
- ¿Qué daños físicos fueron provocados?

- ¿Qué debe hacerse para reparar la falla?”. (p.77)

Por tanto, el AMEF tiene como objetivo mejorar los rendimientos y aspectos de seguridad, así como eliminar defectos.

7.5.6. Consecuencias de las fallas

Según Borrás (2013). “El análisis de una empresa industrial tiende a tener una variedad de posibles modos de falla que afectan a la organización en la operatividad, calidad del producto, servicio al cliente, seguridad del medio ambiente, entre otros” (p.245). El efecto de las consecuencias impulsa a prevenir que se dé la falla. Sin embargo, si afecta en un grado mínimo, los esfuerzos por realizar mantenimiento se ven disminuidos hasta no hacer un mantenimiento de rutina.

Se señala los puntos fuertes del RCM, Moubray (2004) explica la relación con el reconocimiento de los efectos o consecuencias de las fallas, por ello se clasifica las fallas en los grupos siguiente:

- Consecuencias ocultas y evidentes: no tienen impacto directo en la organización, pero sí consecuencias serias y hasta catastróficas.
- Consecuencias medioambientales y de seguridad: son fallas que causan daños o hasta la muerte. Y si violan normas medioambientales a nivel regional, nacional o internacional.
- Consecuencias operativas: son las que afectan la producción en rendimiento, calidad, servicio o en costos operativos, así como costos de reparación.

- Consecuencias no operativas: son las que no tienen consecuencias en seguridad o protección, implican solamente costos de reparación.

7.5.7. Análisis de riesgo

Se utiliza un análisis de riesgo en los procesos del RCM como estrategia en la toma de decisiones referente al mantenimiento, dando prioridad a las fallas según sean las consecuencias y la mejora en acciones (Borras, 2013).

7.5.8. Proceso de selección de tareas

La evaluación de consecuencias proporciona técnicas de manejo de fallas para su prevención y se pueden dividir en:

7.5.8.1. Tareas proactivas

Esta técnica involucra el mantenimiento predictivo, y el RCM las clasifica en tres clases para incluir la variedad de patrones de falla.

Según Moubray (2004) las clases son:

- Restauración programada
- Descarte programado
- Condición programada

En cuanto a las tareas de restauración o descarte programadas involucran una refabricación de un montaje antes de que termine su vida útil sin importar la condición del equipo, mientras que, las tareas de condición programadas incluyen mantenimiento preventivo basado en el monitoreo de condición.

7.5.8.2. Acciones de omisión

Las acciones de omisión incluyen la búsqueda de falla, rediseño y auxilio a la falla. El RCM reconoce tres clases de acciones de omisión, según Moubray (2004) son:

- Descubrimiento de fallas: implica el control de las funciones periódicamente para identificar si existen fallas.
- Rediseño: involucra cambios en la capacidad interna del sistema.
- Mantenimiento no programado: que implica no realizar mantenimiento permitiendo que las fallas sucedan y después repararlas.

7.5.9. Procedimiento para analizar fallo y averías

Como se menciona en los párrafos anteriores es importante identificar y definir los síntomas del problema y el proceso que lo provoca para evitar esfuerzos innecesarios. También es necesario definir los límites del sistema, entre los cuales se encuentran componentes interconectados o en interacción que permiten realizar una o varias funciones ya establecidas. Por tanto, para el análisis de averías es necesario saber del proceso lo siguiente: definir el sistema, sus funciones y condiciones de funcionamiento.

7.5.9.1. Análisis de prioridad de reparación

Según Chávez y Villaroel (2012), para establecer la prioridad que necesita cada máquina se deben estudiar los equipos en la instalación en la que ha sido ensamblada. Los criterios para dar prioridades, se debe enumerar los factores

básicos de cada organización, por lo que también se pueden adaptar agregando o quitando factores.

En este análisis conviene realizarlo en base a los siguientes procesos:

7.5.9.1.1. Producción

En este proceso se define los síntomas importantes del problema y que lo provoca, en relación, individual o al conjunto de equipos que se utilizan para la producción, entre estos están:

- Porcentaje de uso del equipo
- Disponibilidad de equipo alterno
- Influencia sobre el resto de equipos

7.5.9.1.2. Calidad

En calidad se definen problemas sobre el producto final y los equipos involucrados para el proceso de calidad, con el análisis de este factor se pretende mejorar los siguientes puntos:

- Pérdidas por no cumplir requerimientos de calidad
- Importancia del equipo sobre su calidad final

7.5.9.1.3. Medioambientales

Actualmente el ambiente es uno de los factores determinantes en los procesos industriales ya que por muchos de ellos se tienen índices de contaminación altos, por es necesario medir:

- Impacto sobre el ambiente

7.5.9.1.4. Seguridad

En cuanto a la seguridad es necesario supervisar y mantener parámetros de control para evitar peligros, por ello es necesario conocer los siguientes puntos:

- Riesgo sobre el personal
- Riesgo sobre el equipo

7.5.9.1.5. Mantenimiento

Las maquinas industriales son de gran importancia por lo que una avería por simple que pueda parecer conduce a limitaciones o pérdidas graves, que afectan de manera económica y en calidad, por lo anterior es necesario llevar un control de lo siguiente:

- Frecuencia de las averías
- Costos de las averías
- Número de horas paradas de avería
- Grado de complejidad y tecnología del equipo
- Nivel de especialización del personal requerido

7.5.9.2. Herramienta para el análisis de averías

Existen varias herramientas, sin embargo, se presentan las que se adecúan al proceso de análisis.

7.5.9.2.1. Histograma

Según Chávez y Villaroel (2012) es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos. Entre estos datos se puede identificar la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de varios valores. Dando una interpretación clara y sencilla de valores de muestras grandes.

El resultado de este tipo de herramienta es útil para analizar a detalle números de datos precisos y para toma de decisiones.

Torres (2005) indica que, el beneficio que deja es transmitir al lector, información sobre un proceso que sea de forma precisa y clara. Con esta herramienta es posible realizar comparaciones de resultados de un proceso que previamente fue medido, así como proporcionar a partir de la distribución de datos un inicio para generar hipótesis sobre averías.

7.5.9.2.2. Diagrama de Pareto

Esta herramienta muestra por orden de importancia y magnitud causas o problemas que se deben estudiar para erradicar, de raíz, la falla.

Torres (2005), explica que “el 80 % de los problemas se deben al 20 % de los elementos que se utilizan en producirlos” (p.31). El diagrama de Pareto tiene la capacidad de identificar puntos clave, con el que consigue una mejora mayor con el menor esfuerzo requerido.

Existen causas responsables de problemas serios que les dan el nombre de causas vitales, sin embargo, también existen causas que no son significativas que se nombran causas triviales.

Aun cuando una causa es trivial no significa que debe ser descuidada ya que gradualmente esta causa trivial podría llegar a convertirse en causa vital. Debido a lo anterior es necesario clasificar los problemas y causas.

7.5.9.2.3. Diagrama causa efecto

Según Chávez y Villaroel (2012), este diagrama también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado por su forma, representa la relación efecto y posibles causas del origen. Ilustra con claridad las causas que pueden dar origen al problema iniciando en el eje central los efectos y sobre este eje las posibles causas.

El proceso para realizar el análisis es, definir el efecto a estudiar posterior disponer de las causas involucradas. Las causas se deben agrupar por tipo, eléctrico, mecánico, hidráulico, humano, materiales, y otros.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE INFORME FINAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Energía

1.1.1. Fuentes alternativas de energía

1.1.1.1. Energía solar

1.1.1.2. Energía eólica

1.1.1.3. Energía hidroeléctrica

1.1.1.4. Bioenergía

1.2. Electrónica de potencia en sistemas de energía solar

1.2.1. Clasificación de la electrónica de potencia

1.2.2. Componentes de base en la electrónica de potencia

1.2.2.1. Convertidor de potencia

1.2.2.2. Campos de aplicación

1.2.2.2.1. Por nivel de voltaje

1.2.2.2.2. Por aplicación

- 1.3. Energía solar en sistema fotovoltaico
 - 1.3.1. Módulo fotovoltaico o panel solar
 - 1.3.2. Regulador de carga
 - 1.3.3. Inversor
 - 1.3.4. Sistema fotovoltaico aislado
 - 1.3.5. Sistema fotovoltaico en red
 - 1.3.6. Sistema de acumulación
 - 1.3.6.1. Ácido plomo
 - 1.3.6.2. Níquel-cadmio
- 1.4. Mantenimiento
 - 1.4.1. Generalidades del mantenimiento
 - 1.4.2. Clasificación del mantenimiento
 - 1.4.2.1. Mantenimiento correctivo
 - 1.4.2.2. Mantenimiento predictivo
 - 1.4.2.3. Mantenimiento preventivo
 - 1.4.3. Ciclo de mantenimiento
 - 1.4.3.1. Demanda
 - 1.4.3.2. Planificación
 - 1.4.3.3. Organización
 - 1.4.3.4. Ejecución
 - 1.4.3.5. Control
 - 1.4.4. Indicadores de gestión del mantenimiento
 - 1.4.4.1. Disponibilidad
 - 1.4.4.2. Mantenibilidad
 - 1.4.4.3. Confiabilidad
 - 1.4.4.4. Otros indicadores
 - 1.4.4.4.1. Efectividad global del equipo (OEE)
 - 1.4.4.4.2. *Mean Time Between Failures* (MTBF)
 - 1.4.4.4.3. *Mean Time To Fail* (MTTF)

1.4.4.4.4. *Mean Time To Repair* (MTTR)

- 1.5. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)
 - 1.5.1. Mantenimiento y RCM
 - 1.5.2. Metodología del desarrollo
 - 1.5.3. Descripción y determinación de funciones
 - 1.5.4. Análisis de fallas funcionales
 - 1.5.5. Análisis de efectos y tipos de fallas
 - 1.5.6. Consecuencias de las fallas
 - 1.5.7. Análisis de riesgo
 - 1.5.8. Proceso de selección de tareas
 - 1.5.8.1. Tareas proactivas
 - 1.5.8.2. Acciones de omisión
 - 1.5.9. Procedimiento para analizar fallos y averías
 - 1.5.9.1. Análisis de prioridad de reparación
 - 1.5.9.1.1. Producción
 - 1.5.9.1.2. Calidad
 - 1.5.9.1.3. Medioambientales
 - 1.5.9.1.4. Seguridad
 - 1.5.9.1.5. Mantenimiento
 - 1.5.9.2. Herramienta para el análisis de averías
 - 1.5.9.2.1. Histograma
 - 1.5.9.2.2. Diagrama de Pareto
 - 1.5.9.2.3. Diagrama causa- efecto

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS
APÉNDICES
ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Enfoque

El enfoque de la investigación es de carácter mixto, debido a que se utilizarán variables cualitativas como el funcionamiento, tipos de fallas y variable de tipo cuantitativo como la asignación numérica a los tipos de fallas a identificar.

9.2. Diseño

El diseño de la investigación es no experimental debido a que se realizará una descripción de procesos y la obtención de datos servirán para elaborar un sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad.

9.3. Tipo

El tipo de estudio es descriptivo, debido a que se realizará la descripción de los procesos para la estandarización de control y registro de mantenimiento para una gestión de mantenimiento ya que no existe ninguna.

9.4. Alcance

El alcance metodológico es descriptivo debido a que no se realizará una implementación, solamente se hará una descripción que genere un estándar para las acciones correctas por realizar en los procesos de mantenimientos.

9.5. Variables e indicadores

La siguiente tabla muestra los conceptos e indicadores observables a los cuales se les asigna un método para ser medido y analizado.

Tabla IV. **Operativización de variables**

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Establecer el índice de fallas que hay en la reparación de los sistemas electrónicos de potencia	Registro de fallas	Dependiente Cuantitativo Nominal	Historial de falla	Revisión, comparación y mediciones aritméticas	Uso de tabla VI (ANEXOS)
Establecer un proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad para el control de calidad en los sistemas electrónicos de potencia	Tiempo entre fallas	Independiente Cualitativa Nominal	MTBF, MTTR y MTTF, controles de calidad y procesos	Revisión analítica y selectiva	La recopilación de información se realizará por medio de un reporte y diagramas de flujo.
Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento que determine controles de calidad para sistemas electrónicos de control y potencia.	Procedimiento, personal, equipo	Independiente Cualitativa Nominal	Rutinas, frecuencia de reparación, tiempos y procedimientos	Revisión analítica, selectiva y mediciones aritméticas	La recopilación de información se realizará por medio un plan de gestión de mantenimiento
Establecer un diagrama de flujo y afiches que identifiquen los pasos y procedimientos a realizar dentro del área de taller.	Técnica de la divulgación de variables	Dependiente Cuantitativo Nominal	Afiches	Diseño gráfico	Afiches

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases

El proceso para efectuar los objetivos del diseño de investigación debe llevarse a cabo de la siguiente forma:

- Fase 1: revisión documental

Corresponde a la revisión documental de definición e identificación de fallas para dar un contexto de los antecedentes del problema y marco teórico relacionado al mismo.

- Fase 2: diagnóstico

Se diseñará la metodología de análisis y definirá las causas de ineficiencias en los procesos de mantenimiento. La recopilación de información definirá las rutinas y procesos de mantenimiento para mejorar fiabilidad en los mismos. Por medio de observación, comparación y análisis de la información recopilada se realizará el reporte sobre las rutinas convenientes.

- Fase 3: análisis

Se seleccionarán las acciones apropiadas con base en la metodología de mantenimiento en estudio, para formar los procesos e indicadores necesarios que optimizarán el control de calidad del mantenimiento. En base a una revisión analítica y selectiva se estará realizando el proceso por estandarizar dentro de la gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad.

- Fase 4: evaluación

Se elaborará el informe final con toda la información investigada acerca de la propuesta de un sistema de gestión integral de mantenimiento basado en confiabilidad para sistemas electrónicos de potencia.

- Fase 5: divulgación

Se elaborarán afiches con la información sobre los pasos y procedimientos para la evaluación por realizar sobre los sistemas electrónicos de potencia.

9.7. Resultados esperados

El resultado esperado es realizar la propuesta de la base teórica como referencia para desarrollar el trabajo de investigación.

Así mismo, se espera desarrollar procesos de mejora y estandarización para llevar el control y registro de los procesos de mantenimiento que se realizan a los sistemas.

También se espera determinar las acciones con base en la metodología del mantenimiento basado en confiabilidad, para establecer causas de las fallas y obtener un control en la calidad de los procesos por realizar.

Finalmente, se espera obtener el reporte final del trabajo de investigación sobre un sistema de gestión de mantenimiento que cumpla con las directrices determinadas por la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

9.8. Población y muestra

Para obtener la información anterior se calculó el tamaño de la muestra aleatoria con una población de 25 equipos:

Tabla V. **Tamaño de la muestra**

Tipo de indicador	Servicio	¿Qué mide?
Tamaño de la muestra conociendo la población	Equipos en servicio	La muestra necesaria para realizar el análisis funcional
$n = \frac{N * Z_{\sigma}^2 * p * x * q}{d^2 * x * (N-1) + Z_{\sigma}^2 * p * x * q}$		[1]
$\frac{25 * 1.96 * 1.96 * 0.05 * 0.95}{0.05 * 0.05 * (25 - 1) + (1.96 * 1.96 * 0.05 * 0.95)} = 18.81$		

Fuente: elaboración propia.

Según el cálculo con la fórmula de tamaño de muestra [1], la muestra será de 18,81 equipos de una población de 25 equipos. Con esta muestra se obtendrá la información necesaria para realizar los índices, tiempos, fallas y frecuencias necesarios para realizar la gestión de mantenimiento.

La información obtenida será tabulada y analizada utilizando la herramienta Microsoft Excel, a través de tablas.

Tabla VI. **Formato de tabulación**

Ítem	Funciones	Tipo Falla	Tiempo de reparación	Tipo de mantenimiento	Falla recurrente	Disponibilidad

Fuente: elaboración propia.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

En la primera fase se analizarán datos recopilados de fuentes primarias y secundarias, para la observación, comparación y análisis de los procesos de mantenimiento que se requieren para mejorar la fiabilidad de las rutinas, establecer índices que garanticen información sobre los sistemas electrónicos de potencia y la identificación de fallas.

Sabiendo que el alcance de la investigación es descriptivo, en la fase dos, en base a una revisión analítica y selectiva se identificarán las acciones correctas que ayuden en el proceso de llevar un control de calidad a los procesos de mantenimiento establecidos.

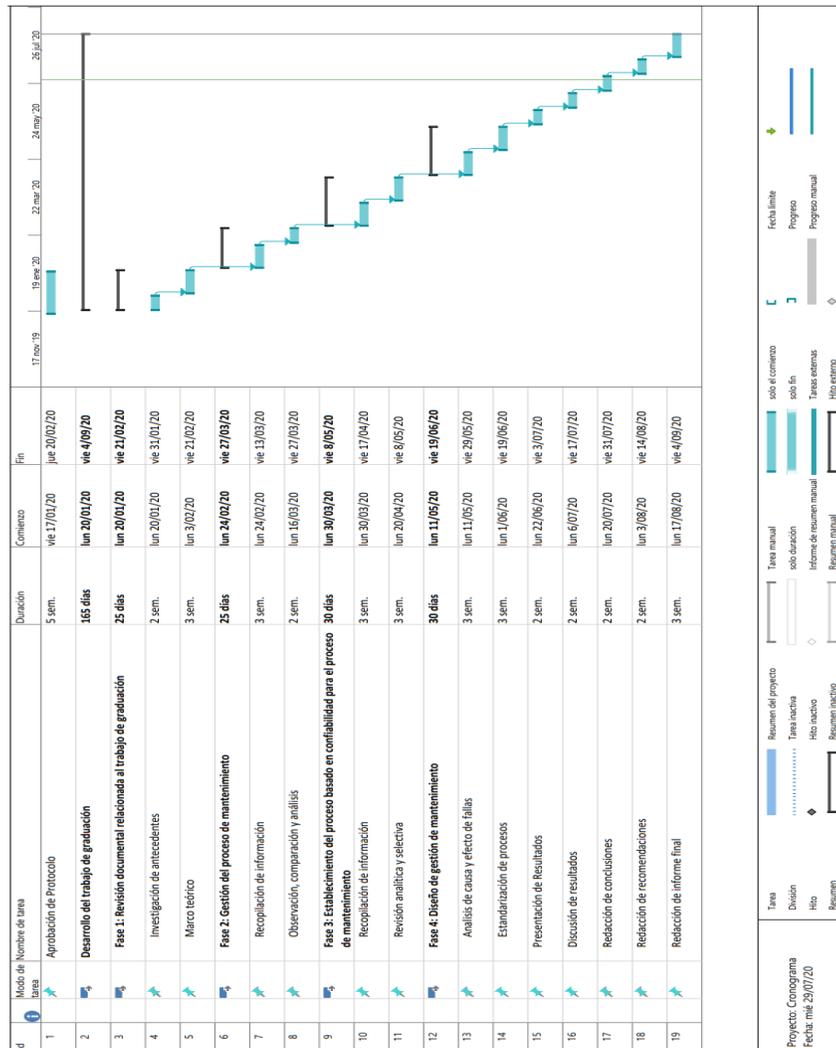
En la fase tres se utilizarán diagramas de flujo, registros y establecimiento de indicadores con el propósito de establecer y estandarizar una gestión óptima de mantenimiento basado en confiabilidad.

Se considera que el resultado logrará agregar valor al mantenimiento bajo el establecimiento de óptimos procesos de mejora.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta la planificación propuesta para realizar el proyecto.

Figura 5. Cronograma



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo el estudio se requiere de recurso humano y recurso material, equipo, seguridad y tecnología para cumplir con el análisis de los equipos. El personal que realizará las mediciones es parte de la empresa, por lo cual cuenta con equipo técnico y conocimientos sobre las revisiones necesarias.

La empresa en la cual se desarrollará la investigación cubrirá la totalidad de los gastos en los que se tenga que incurrir. Los conocimientos para llevar a cabo el estudio se obtendrán por medio de manuales e investigación ya que carecen de historiales sobre los equipos por estudiar.

Tabla VII. **Monto aproximado de la investigación**

Por parte del investigador	
Recurso humano	Costo
Investigador	Q.4,000.00
Asesor de trabajo de graduación	Q.2,500.00
Sub total	Q.6,500.00
Por parte de la empresa	
Recurso humano	Costo
Técnico de apoyo	Q.1,750.00
Recurso material, equipo, seguridad y tecnología	Costo
Herramienta para revisión de electrónica	Q.5,500.00
Equipo de protección personal	Q.400.00
Equipo de ofimática	Q.4,000.00
Herramienta mecánica	Q.3,000.00
Material de oficina	Q.1,500.00
Sub total	Q.16,150.00
TOTAL	Q.22,650.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Agular, P. (2014). Electrónica aplicada a los sistemas fotovoltaicos. *Creative commons*, p.129-156. Recuperado de https://issuu.com/jaguilarpena/docs/electronica_aplicada_sfv_pfc_redu3
2. Alonso, M. (mayo, 2001). Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado. *SAPT de Publicaciones técnicas*. 59-69. Recuperado de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf
3. Bernal, K., Rincón, S., y Ríos, A. (2013). *Implementation de un software de mantenimiento basado en confiabilidad*. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de https://www.academia.edu/10327576/IMPLEMENTACION_DE_UN_NUEVO_SOFTWARE_DE_MANTENIMIENTO_BASADO_EN_CONFIABILIDAD
4. Borrás, C. (2013). *Ingeniería de mantenimiento*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de https://www.academia.edu/31596242/INGENIERIA_DE_MANTENIMIENTO_Material_Docente
5. Bose, B. (1997). *Power Electronics and Variable Frequency Drives*. Estados Unidos: IEEE press.

6. Cabello, A. (2006). *Energías alternativas: Solución para el desarrollo sostenible*. Buenos Aires, Argentina: ADNUMA-CHILE. Recuperado de http://dspace.utralca.cl/retrieve/10081/cabello_quinones_am.pdf
7. Cardona, C. (julio, 2009). Implementación de la confiabilidad operacional desde el diseño [Diapositiva de PowerPoint]. AMS GROUP. Recuperado de https://reliabilityweb.com/assets/uploads/art/PDF/implementacion_de_la_confiabilidad_operacional_desde_el_diseno.pdf
8. Casa, M., y Barrio, M. (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Málaga, España: Alfaomega, Marcombo.
9. Dhillon, B. (2002). *Engineering maintenance: A modern approach*. Boca Raton, Florida: CRC Press. Recuperado de http://site.iugaza.edu.ps/sabdelall/files/2010/02/Engineering_Maintenance_a_modern_approach.pdf
10. Duffua, S., Raouf, A., y Campbell, J. (2000). *Sistema de mantenimiento. Planeación y control*. Ciudad de México, México : Limusa, S.A. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/39849085/Sistemas-de-Mantenimiento-Duffua-y-Otros>
11. García, O. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
12. García, S. (2009). *Mantenimiento correctivo. Organización y gestión de la reparación de averías*. Madrid, España : Renovetec. Recuperado de <http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>

13. García, S., Ratia, P., y Perea, J. (2008). *Operación y mantenimiento de ciclo combinado*. Madrid, España. Recuperado de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788421.pdf>

14. González, G., Zambrano, J., y Estrada, E. (2014). *Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mandragón del golfo de Guayaquil, provincia de Guayas*. (Tesis de pregrado) Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6553/1/UPS-GT000602.pdf>

15. Guzman, C. (2013). *Plan de análisis de modos / efectos de falla y plan de mantenimiento para una máquina industrial lavadora de prendas*. (Tesis de pregrado) Santiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de https://www.academia.edu/22316605/PLAN_DE_ANALISIS_DE_MODOS_EFECTOS_DE_FALLA_Y_PLAN_DE_MANTENIMIENTO_PARA_UNA_MQUINA_INDUSTRIAL_LAVADORA_DE_PRENDAS_UNIVERSIDAD_AUTONOMA_DE_OCCIDENTE_FACULTAD_DE_INGENIERIA_DEPARTAMENTO_DE_ENERGETICA_Y_MECANICA_PROGRAMA_DE_INGENIERIA_MECANICA_SANTIAGO_DE_CALI_2013

16. López, H. (22 enero 2017). *Electrónica de potencia* [Diapositiva de PowerPoint]. SlideShare: <https://www.slideshare.net/humberotojose92/electronica-de-potencia-04-electronica-de-potencia>

17. Mejía, R. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la empresa ERSA Transportes y Servicios S.R.L.* (Tesis de pregrado). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Recuperado de http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/912/3/TL_MejiaCuevaRicardo.pdf
18. Miller, T. (1994). *Ecología y medio ambiente*. D.F., México: Grupo editorial Iberoamérica.
19. Mohan, N., Undeland, T., y Robbins, W. (1995). *Power Electronics: converters, applications and design*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc. Recuperado de <http://uni-site.ir/khuelec/wp-content/uploads/Mohan-Power-Electronics.pdf>
20. Montilla, M., Carlos, A., Arroyave, J., y Silva, C. (2007). Caso de aplicación centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo. *Scntia Et Technica*, vol. XIII (núm. 37). 52-60. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903746>
21. Moreno, G. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional*. (Tesis de pregrado). Puerto de la Cruz, España: Universidad de Oriente. Recuperado de https://www.academia.edu/15555542/Tesis_PLAN_DE_MANTENIMIENTO_DE_UNA_FLOTA_DE_TRACTOCAMIONES
22. MoubraY, J. (2004). *Reliability-centered Mauntenance* (Vol. Español). (S. y. Ellmann, Trad.) Reino Unido, Inglaterra: Aladon Ltd. Recuperado de

<https://es.scribd.com/doc/146193755/02-RCM-II-John-Moubray-Libro-Completo>

23. Pérez, O. (2016). *Establecimiento del mantenimiento avanzado en maquinas herramientas con arranque de virutas de la Cooperativa torfrecol R.S.* (Tesis de maestría). Cabimas, Venezuela: Instituto superior minero metalúrgico de Moa Dr. "Antonio Núñez Jiménez". Recuperado de <http://nive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1931/oberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
24. Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. *World Watch*, 34-40. Recuperado de <http://www.nodo50.org/worldwatch>
25. Sarmiento, R. (2010). *Introducción a la electrónica de potencia*. Gran Canaria, España: IUMA Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada. Recuperado de http://www.iuma.ulpgc.es/~roberto/asignaturas/EI/transparencias/EI_Tema_2.Intro_EP.pdf
26. Serrano, M. (2018). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos aislados [Mensaje en un blog]. ResearchGate. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330141118_Dimensionado_de_Sistemas_FOTOVOLTAICOS_Aislados/citation/download
27. Sotuyo Blanco, S. (2001). Optimización integral de mantenimiento. *Eillman, Sueiro y Asociados*. Recuperado de http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_rcm_archivos/OPTIMIZACION%20MANTENIMIENTO.pdf

28. Suarez, R. (Diciembre, 2010). Perspectiva sobre las energías alternativas. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, vol. 15, p. 115-135. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/216585522_Perspectivas_sobre_las_energias_alternativas
29. Suzuki, T. (1996). *TPM In Process Industries*. Portland, Oregon, United States of America: Productivity Press. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/294068424/TPM-en-Industrias-de-Proceso>
30. Torres, D. (2005). *Mantenimiento, su implementación y gestión*. Córdoba, España: UNIVERSITAS. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/136615587/Mantenimiento-su-implementacion-y-su-gestion>
31. Velásquez, J. (2018). *Aplicación de RCM como estrategia de implementation del mantenimiento predictivo para la metodología TPM* (Tesis de Maestría). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de https://www.academia.edu/38994447/Aplicaci%C3%B3n_de_RCM_como_estrategia_de_implementaci%C3%B3n_del_mantenimiento_predictivo_para_la_metodolog%C3%ADa_TPM?email_work_card=title
32. Viveros, P., Kristjanpoller, F., Barbera, L., y Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138. Recuperado de <https://doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

14. APÉNDICES

Formato de tabulación

A continuación, se presenta la tabla VI para tabulación de resultados que se presentó en la metodología;

Apéndice 1. **Formato de tabulación**

Ítem	Funciones	Tipo Falla	Tiempo de reparación	Tipo de mantenimiento	Falla recurrente	Disponibilidad

Fuente: elaboración propia.