



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS E INSTALACIONES DE UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA CIUDAD DE QUITO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECANICO

**ROBAYO SEGOVIA NELSON ANDRÉS**  
nelson.robayo@epn.edu.ec

**DIRECTOR:**  
**ING. RODRIGUEZ SALAZAR PATRICIA ARACELLY, Ph.D.**  
patricia.rodriguez@epn.edu.ec

**CO DIRECTOR:**  
**ING. ROJAS MOLINA ROBERTO CARLOS, Ph.D.**  
roberto.rojas@epn.edu.ec

**FECHA:**  
QUITO, enero 2020

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Robayo Segovia Nelson Andrés**, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. Patricia Rodríguez, Ph.D.

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

Ing. Roberto Rojas, Ph.D.

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Yo, **Nelson Andrés Robayo Segovia**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Nelson Andrés Robayo Segovia

## DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de cumplir mis sueños y tener la esperanza de mejorar día a día con una educación integral.

A mis padres que me apoyaron siempre en mi educación y darme el ejemplo de perseverancia, lucha y trabajo duro.

A mi familia por siempre estar pendiente de mí y apoyarme siempre ante los momentos difíciles de mi vida.

A la empresa Rojas Ingeniería por su ayuda con la realización del tema de titulación, en especial al apoyo incondicional que tuve en este proyecto de Santiago Rojas.

A mi tutora la Doctora Patricia Rodríguez gracias por su paciencia, apoyo incondicional, motivación, criterio y aliento, que me ayudado con la culminación del trabajo y ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

A todas las personas de la Escuela Politécnica Nacional, que me ayudado a formar como un profesional y persona con ética y responsabilidad social.

A mis amigos Miguel, Diego, Rodrigo, Anthony, Karina, Jessy, Cristian, Marco, Byron, Santiago, David que con su amistad he podido desarrollarme y a seguir adelante.

A todas las personas que desinteresadamente me brindaron su apoyo y confianza.

Mil gracias a todos.

Andrés Robayo

## **AGRADECIMIENTO**

Con todo el cariño del mundo a mis padres, Rosita y Nelson quienes que con su ejemplo de trabajo duro y perseverancia han forjado mi camino para que pueda desarrollarme como ser humano integral con valores y humildad.

A mi hermana Daniela que me apoyado siempre en mi vida para poder superar los obstáculos que ésta nos pone.

Andrés Robayo

# ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
Preguntas de investigación.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Empresa Rojas Ingeniería.....	3
1.2. Historia del mantenimiento.....	4
1.3. Generalidades del mantenimiento.....	6
1.4. Tipos de mantenimiento.....	7
1.5. Costos de mantenimiento.....	8
1.6. Metodologías de mantenimiento.....	9
1.6.1. Mantenimiento productivo total.....	9
1.6.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	11
1.7. Plan de mantenimiento.....	13
1.8. Estrategias para el mantenimiento.....	13
1.8.1. Programas de mantenimiento.....	13
1.8.2. Estrategias tecnológicas.....	15
1.9. Lenguaje web PHP y base de datos MySQL.....	17
1.9.1. Arquitectura web.....	19
1.9.2. Base de Datos.....	20
1.9.3. Funciones PHP/MySQL.....	20

2.	METODOLOGÍA.....	24
2.1.	Inventario de activos.....	25
2.1.1.	Codificación .....	25
2.2.	Criticidad de los equipos.....	27
2.2.1.	Tipos de equipos.....	27
	Se puede distinguir tres tipos de equipos según su criticidad: .....	27
2.2.2.	Análisis de criticidad.....	27
2.3.	Tipos de mantenimientos.....	29
2.4.	Modelos de mantenimientos.....	30
2.5.	Actividades de mantenimiento.....	31
2.5.1.	Orígenes de la Información .....	31
2.5.2.	Plan de mantenimiento basado en RCM.....	32
2.5.3.	Determinación de los modos de fallo .....	32
2.5.4.	Determinación de medidas preventivas.....	33
2.5.5.	Análisis de la carga de trabajo .....	34
2.5.6.	Documentos de mantenimiento.....	35
2.5.7.	Programación y gestión de mantenimiento .....	35
2.5.7.1.	Cronograma de mantenimiento.....	35
2.6.	Programación del software de mantenimiento .....	40
2.7.	Diseño del programa Web.....	40
2.7.1.	Casa de la calidad .....	41
2.8.	Especificaciones técnicas.....	42
2.8.1.	Benchmarking.....	43
2.8.1.1	Módulos principales e interfaz. Descripción general:.....	43
2.8.1.2	Costo del Software.....	45
2.9.	Definición del análisis funcional .....	45

2.9.1.	Desarrollo y análisis de los diagramas funcionales .....	46
2.9.2.	Definición de módulos.....	47
2.9.2.1.	División modular .....	47
2.9.3.	Solución final del sistema.....	53
2.10.	Procedimiento de programación.....	53
2.10.1.	Subir a la Red.....	58
2.11.	Pruebas.....	60
3.	RESULTADOS .....	63
3.1.	Cronograma de actividades.....	63
3.2.	Carga de trabajo con y sin el programa Web.....	63
3.3.	Carga de trabajo sin el programa .....	64
3.3.1.	Gráfica de Carga de Trabajo sin el programa.....	65
3.4.	Carga de trabajo con el programa .....	66
3.4.1.	Gráfica de Carga de Trabajo con el programa .....	67
3.5.	Análisis de resultados.....	68
3.6.	Costos de elaboración del software.....	69
3.7.	Resultado de la plataforma Web.....	71
3.8.	Visión general de la aplicación Web .....	72
3.8.1.	Visualización Rojas Ingeniería .....	73
3.8.2.	Generador de ordenes de trabajo .....	74
3.8.3.	Mantenimiento preventivo .....	74
3.8.4.	Mantenimiento correctivo .....	76
3.8.5.	Informes.....	78
3.8.6.	Repositorio.....	79
3.8.7.	Formato con el programa pdf.....	80
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82

4.1.	Conclusiones:.....	82
4.2.	Recomendaciones:.....	83
	Referencias bibliográficas.....	84

## Índice de figuras

Figura 1.1. Línea de tiempo evolución del mantenimiento mecánico. ....	5
Figura 1.2. Pasos para aplicar en una empresa el RCM. ....	12
Figura 1.3. Arquitectura Web. ....	19
Figura 1.4 Arquitectura PHP. ....	19
Figura 2.1. Flujo de trabajo en la NORMA UNE-EN 13460:2009. ....	24
Figura 2.2. Análisis de criticidad. ....	29
Figura 2.3. Tipos de mantenimiento. ....	30
Figura 2.4. Modelos de mantenimientos. ....	31
Figura 2.5. Modos de fallo de acuerdo con los modelos de mantenimiento. ....	32
Figura 2.6. Modos de fallo de acuerdo con los modelos de mantenimiento. ....	43
Figura 2.7. Descripción general del nivel 0. ....	46
Figura 2.8. Descripción nivel 1 (División modular). ....	46
Figura 2.9. Solución A del módulo 1. ....	47
Figura 2.10. Solución B del módulo 1. ....	48
Figura 2.11. Solución A modulo 2 ....	49
Figura 2.12. Solución B del módulo 1 ....	50
Figura 2.13. Solución A del módulo 3. ....	51
Figura 2.14. Detalles de la solución A. Módulo 3. ....	51
Figura 2.15. Solución B del Módulo 3. ....	52
Figura 2.16. Solución final del software Web. ....	53
Figura 2.17. XAMPP Control panel. ....	53
Figura 2.18. Base de datos Phpmyadmin. ....	54
Figura 2.19. Archivos de la aplicación Web. ....	55
Figura 2.20. Diagrama de flujo de la plataforma Web. ....	56
Figura 2.21. Login del cPanel. ....	58

Figura 2.22. Ingreso de datos al cPanel del hosting.....	58
Figura 2.23. Subida de los archivos al hosting de Rojas Ingeniería. ....	59
Figura 2.24. Importación de archivo al phpMyAdmin del hosting. ....	59
Figura 2.25. Creación del botón eliminar registro.....	61
Figura 2.26. Detalle informe versión 1 y versión 2. ....	61
Figura 2.27. Enumeración de evaporadores por piso versión 1 y versión 2. ....	62
Figura 3.1. Diagrama de flujo de acceso de la información.....	71
Figura 3.2. Acceso a la página Web software de mantenimiento. ....	72
Figura 3.3. Login de inicio.....	72
Figura 3.4. Página de Inicio. ....	73
Figura 3.5. Pestaña Rojas Ingeniería/ Universidad. ....	73
Figura 3.6. Pestaña generadora de órdenes de trabajo. ....	74
Figura 3.7. Pestaña mantenimiento preventivo. ....	75
Figura 3.8. Informe de actividad.....	75
Figura 3.9. Opciones de estado de equipo.....	76
Figura 3.10. Pestaña mantenimiento correctivo. ....	76
Figura 3.11. Informe de actividades.....	77
Figura 3.12. Opciones de estado de equipo.....	77
Figura 3.13. Pestaña de informes. ....	78
Figura 3.14. Detalles del informe. ....	78
Figura 3.15. Pestaña repositorio. ....	79

## Índice de tablas

Tabla 1.1. Comparación entre los tipos de mantenimiento y gastos operacionales.....	9
Tabla 2.1. Codificación de equipos electromecánicos.....	26
Tabla 2.2. Criticidad de los sistemas electromecánicos. ....	28
Tabla 2.3. Índice de criticidad según frecuencia de fallas. ....	28
Tabla 2.4. Modelos de mantenimiento del cliente. ....	30
Tabla 2.5. Tarea de acuerdo con modelos de mantenimiento.....	33
Tabla 2.6. Tiempos establecidos por la empresa Rojas Ingeniería. ....	34
Tabla 2.7. Especificaciones técnicas del software de mantenimiento. ....	42
Tabla 2.8. Evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento, módulo 1. ....	48
Tabla 2.9. Evaluación del peso específico del criterio de costo, módulo1. ....	48
Tabla 2.10. Conclusiones del módulo 1. ....	48
Tabla 2.11. Evaluación del criterio de mantenimiento, módulo 2.....	50
Tabla 2.12. Evaluación del criterio de tiempo, módulo 2. ....	50
Tabla 2.13. Conclusiones del módulo 2. ....	50
Tabla 2.14. Evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento, módulo 3.....	52
Tabla 2.15. Evaluación del peso específico del criterio de costo, módulo3. ....	52
Tabla 2.16. Conclusiones del módulo 3. ....	52
Tabla 2.17. Identificación de nombres de archivos Web. ....	57
Tabla 3.1. Carga de trabajo del mantenimiento sin programa. ....	64
Tabla 3.2. Carga de trabajo del mantenimiento con programa.....	66
Tabla 3.3. Horas de carga de trabajo sin el programa.....	68
Tabla 3.4. Horas de carga de trabajo con el programa. ....	68
Tabla 3.5. Resultado Final. ....	68
Tabla 3.6. Costo de fabricación del módulo 1. ....	69
Tabla 3.7. Costo de fabricación del módulo 2. ....	69

Tabla 3.8. Costo de fabricación del módulo 3. ....	70
Tabla 3.9. Costo total del proyecto.....	70

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar un plan de mantenimiento preventivo y como parte de éste, la implementación de una página web que permita acceder fácilmente a la información y generar de manera eficiente los registros de mantenimiento de los equipos electromecánicos que forman parte de diferentes sistemas en funcionamiento en una institución de educación superior de la ciudad de Quito.

Las etapas son las siguientes:

- Identificación de los equipos electromecánicos en la institución.
- Realización del plan de mantenimiento preventivo para el periodo 2019-2020.
- Elaboración de una página Web que gestione el mantenimiento preventivo y correctivo.

Una vez elaborado el plan de mantenimiento, se procede a generar computacionalmente los formularios para cada sistema electromecánico: sistema contraincendios, hidrosanitario, ventilación y aire acondicionado en el lenguaje de programación web PHP, para posteriormente elaborar una base de datos en MYSQL (módulo de PHP). El lenguaje empleado es de fuente libre (no requiere de licencia) y se accede por el dominio web de la empresa, por lo que en esta página web se almacenan los registros existentes y al mismo tiempo es posible ingresar nuevos registros para mantenimientos futuros.

De esta manera se disminuye el tiempo muerto en el acceso a la información y registros, así como en la elaboración de informes y pedidos de repuestos (aproximadamente 26%) al facilitar la elaboración del plan de mantenimiento y la creación de la base de datos con el software ya descrito.

**Palabras clave:** Plan de mantenimiento, Base de datos, Rojas Ingeniería, MYSQL

## ABSTRACT

The objective of this document is to develop a preventive maintenance plan and as part of it, the implementation of a web page that allows easy access to information and the efficient generation of maintenance records of the electromechanical equipment that are part of the different systems in operation in an institution of higher education in the city of Quito.

The stages are as follows:

- Identification of electromechanical equipment in the institution.
- Implementation of the preventive maintenance plan for the period 2019-2020.
- Development of a Web page that manages preventive and corrective maintenance.

With the generation of the maintenance plan, generate forms computationally for each electromechanical system is carried out: fire, hydro sanitary, ventilation and air conditioning system in the PHP web programming language, to subsequently develop a database in MYSQL (module PHP). The used language is a free source (meaning it does not require a license) and it is accessed through the company's web domain, so existing records are stored on this website and at the same time new records are allowed to be created for future maintenance.

This reduces the downtime in access to information and records, as well as in the preparation of reports and orders for spare parts (approximately 26%) by facilitating the development of the maintenance plan and the creation of the database with the software already described.

**Keywords:** Maintenance plan, database, Rojas Engineering, MYSQL

# **DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS E INSTALACIONES DE UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA CIUDAD DE QUITO**

## **INTRODUCCIÓN**

La ejecución de un plan de mantenimiento es sumamente importante en una organización ya que constituye una actividad necesaria para garantizar el uso y disponibilidad de equipos, edificios e instalaciones. “El mantenimiento preventivo junto con el proceso de producción es parte crucial de una organización, puesto que de estos depende su buen funcionamiento y progreso de la empresa”(Medrano Márquez & González Ajuech, 2017).

De acuerdo a la revisión documental de los mantenimientos efectuados por la empresa Rojas Ingeniería en la institución de educación superior, se ha podido verificar la ausencia de una codificación y/o identificación de los equipos electromecánicos, esto influye negativamente en las horas/hombre empleadas en el mantenimiento pues no son correctamente registradas, dando como resultado un tiempo exagerado en el requerimiento de materiales así como en la elaboración de informes, además se generan pérdidas para la empresa que presta estos servicios al incrementar los tiempos muertos en todo el proceso.

La manera adecuada de realizar un mantenimiento y evitar la generación de tiempos muertos consiste en realizar una planificación de las actividades que se van a realizar durante el año; en otras palabras, cuando se efectúa un plan de mantenimiento. Este plan debe ser realizado tomando en consideración los respectivos manuales de los equipos, y los registros de mantenimientos anteriores, de tal manera que se organiza el historial del equipo. En caso de no disponer de la identificación y/o codificación apropiada de los equipos, se cuenta con pocos registros de estos, volviéndose muy difícil realizar un mantenimiento mecánico adecuado, razón por la cual este proyecto busca reducir los tiempos muertos generados, así como facilitar el acceso a la información.

En este mismo orden de ideas, se busca la actualización del portafolio de servicios que provee Rojas Ingeniería, al gestionar la información de los equipos, realizar la generación de datos y respaldos automáticamente de tal manera que ayuden a dar una mejor atención a los problemas identificados en los diferentes mantenimientos, mejorar la eficacia y

eficiencia empleados, al reducir los tiempos de requerimientos de repuestos y generación de evidencias que respalden el trabajo realizado que por su naturaleza es de carácter preventivo para un período comprendido de dos años. En el diseño de este proyecto de mantenimiento preventivo se emplearán manuales de usuario, registros de mantenimiento de los equipos y un sitio web que permita el acceso a todos los mantenimientos realizados hasta la fecha con la opción de insertar nuevos datos de acuerdo con los requerimientos.

## **Preguntas de investigación**

¿Cuánto disminuye el tiempo en realizar informes y encontrar registros en los equipos que se realizan mantenimiento?

## **Objetivo general**

- Diseñar y programar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos e instalaciones de una institución de educación superior de la ciudad de Quito.

## **Objetivos específicos**

- Diseñar un plan de mantenimiento para optimizar el desempeño del personal y el uso de recursos en base al levantamiento de información técnica de equipos e instalaciones, su identificación, y registros de mantenimientos previos.
- Desarrollar un programa utilizando un software de libre acceso para implementar el plan de mantenimiento diseñado, de tal manera que el manejo de la información sea efectivo, rápido y útil.
- Optimizar el tiempo empleado en realizar los trabajos de mantenimientos, registros y elaboración de informes en la institución de educación superior.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Empresa Rojas Ingeniería

La empresa Rojas Ingeniería, se constituyó como tal en marzo de 2014. “Desde su origen ha buscado proveer servicios de alta calidad a cada uno de sus clientes en lo que se refiere a diseño, instalación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, cumpliendo con las exigencias de sus clientes” (Rojas Ingeniería, 2019). Esta filosofía corporativa busca el reconocimiento y competitividad en el mercado ecuatoriano, por lo que la empresa cuenta con personal altamente calificado que ofrece soluciones prácticas que permiten satisfacer necesidades particulares además clientes, procurando establecer excelentes relaciones con proveedores, trabajadores y demás grupos de interés de la empresa.

La filosofía corporativa que tiene la empresa Rojas Ingeniería viene dada por siguientes principios y valores:

### Misión

“Ofrecer servicios de Ingeniería en el diseño, instalación y mantenimiento de proyectos electromecánicos, cumpliendo con la normativa local e internacional, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, empleados, nuestros proveedores y demás grupos de interés” (Rojas Ingeniería, 2019).

### Visión

“Para el 2021 ser una empresa de reconocimiento en la prestación de servicios de ingeniería electromecánica en el Ecuador” (Rojas Ingeniería, 2019).

### Valores

**Engrandecer al Ecuador:** constituirse en un referente nacional e internacional de un trabajo bien hecho.

**Responsabilidad:** en el diseño, ejecución y mantenimiento de los proyectos. Ofreciendo siempre la garantía técnica respectiva.

**Profesionalismo:** actuando con elevados estándares de calidad para ofrecer a los clientes siempre la mejor alternativa técnica.

**Puntualidad:** en la entrega de los trabajos y compromisos.

## **Estrategias:**

- Liderazgo en costos.
- Diferenciación de los productos.
- Concentración en el cliente.

Lo que busca la empresa Rojas Ingeniería al auspiciar este proyecto es catapultar a la empresa a nuevos clientes que necesiten planificación y gestión en mantenimiento de equipos electromecánicos. Sus clientes actualmente son instituciones de educación superior que requieren mantenimiento y tener una buena gestión para poder justificar los costos.

## **1.2. Historia del mantenimiento**

Cuando llega el siglo XX, se origina el mantenimiento industrial al interior de la organización. No obstante, “es preciso indicar que esta se encuentra unida al surgimiento de las primeras máquinas que el ser humano invento” (Gómez, 2008); se deduce que antes debió coexistir con algún tipo de supervisión, encaminada a mantener sus características constructivas o también mejorar su rendimiento en el uso de herramientas rudimentarias.

En la revolución industrial el mantenimiento no era una filosofía de trabajo; es así, que a finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, las tareas de mantenimiento de la maquinaria pasaron a formar parte del mecanismo productivo de la organización, lo que en la actualidad se llama mantenimiento correctivo” (Gómez, 2008). El cambio profundo de la economía que comenzaba a manifestarse en la sociedad, la instauración de la rentabilidad económica como finalidad de la producción, así como el surgimiento de la competitividad en la industria, impulso la necesidad de una reducción de los costos productivos. Esto produjo un máximo aprovechamiento de los equipos productivos y consecuentemente obligó a efectuar un mantenimiento, al principio, elemental.

En estas circunstancias el mantenimiento de equipos y maquinaria nace como una actividad organizada, “se empieza aplicar por primera vez en fundiciones de EEUU así como en submarinos y aviones militares durante la Primera Guerra Mundial” (Gómez, 2008), Tiempo después, en el año de 1920 al mantenimiento se suman las técnicas de verificación mecánica que ya se aplicaban en granjas agrícolas y transportes. Más tarde surgen las primeras estadísticas sobre las tasas de fallo en motores y equipos instalados en aviones que son aplicados a la planificación de repuestos.

Durante la Segunda Guerra Mundial y después en la posguerra, el mantenimiento tuvo un desarrollo relevante debido a las aplicaciones militares. Por ejemplo, implementaron programas de mantenimiento preventivo en la Armada y en la Fuerza Aérea, consistentes en verificaciones de los aviones antes de cada salida y el reemplazo periódico de varios componentes después de cierto número de horas de vuelo.

En 1950, luego de la postguerra, el enfoque que se efectúa al mantenimiento es para disminuir los tiempos de diagnóstico, así como las fallas en el desarrollo de la aviación, lo que conlleva a la creación de un departamento de planeación y control del mantenimiento preventivo. En los siguientes años se desarrollaron equipos e instrumentos de medición más sofisticados con el propósito de prevenir las fallas desde una perspectiva competitiva.

En 1970, el japonés Seichi Nakajima creó el Mantenimiento productivo Total (TPM). Este es una forma de mantenimiento productivo que involucra a todos los empleados de la organización.

Hoy en día, “existe la filosofía de conservación industrial en donde se involucra la gerencia y altos directivos de la organización en todas las áreas (calidad, producción, ingeniería de planta, mantenimiento), para dirigir proyectos de mejoramiento dentro de la comunidad” (Medrano & Góonzales, 2017).

A continuación, en la Figura 1.1. se muestra una línea de tiempo de la evolución del mantenimiento mecánico en el mundo, en función de grandes organizaciones que han experimentado el éxito al aplicar esta filosofía.

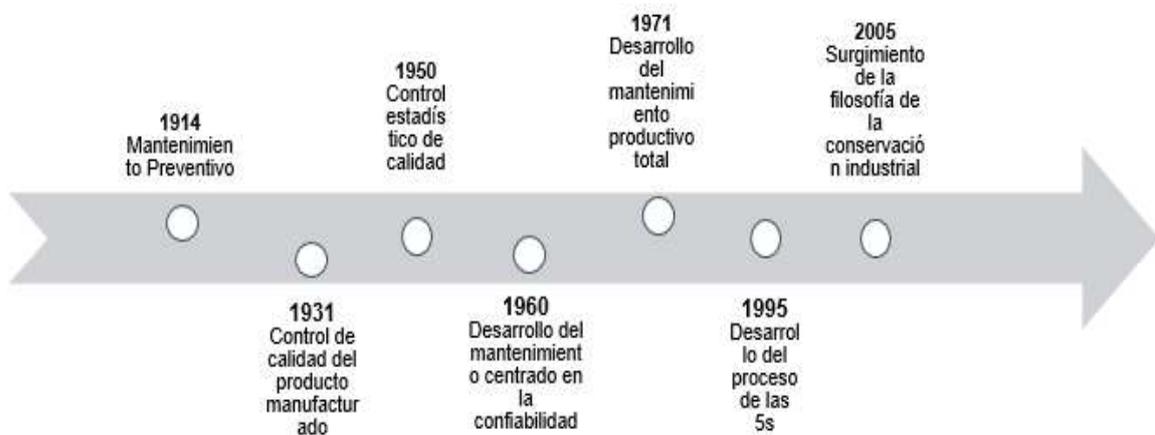


Figura 1.1. Línea de tiempo evolución del mantenimiento mecánico.

Fuente: (Medrano & Góonzales, 2017)

La evolución del mantenimiento mecánico se caracteriza por:

- Reducción de costos.
- Garantía de la calidad a través de la confiabilidad y productividad de los equipos.
- Cumplimiento de tiempos de ejecución.

### **1.3. Generalidades del mantenimiento**

Las generalidades se refieren al “control constante de las instalaciones y conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para asegurar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las plantas productivas, de sus servicios e instalaciones” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2019).

Según el autor Medrano y Gonzáles (2017), el mantenimiento mecánico se trata de un “conjunto de acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el tiempo de vida de un elemento, con el objetivo de conservarlo o devolverlo a un estado en el cual desarrolle su función de manera eficiente”. Como se menciona en los párrafos previos, el mantenimiento busca que los equipos se encuentren en óptimas condiciones operativas y que no presenten imprevistos durante su funcionamiento.

Las actividades incluidas durante la ejecución de un mantenimiento típico son:

- Inspección.
- Ubicación de defectos.
- Reparación y/o cambio de partes en caso de ser necesario.

Los principales objetivos en los cuales se enfoca un mantenimiento son:

- Mejorar la seguridad del personal de operaciones.
- Disponibilidad de equipos e instalaciones las 24 horas.
- Aumentar la vida útil de los equipos.
- Reducir costos.

Las principales funciones que tiene un mantenimiento son:

- Gestión: materiales, equipos y actividades.
- Técnicas: diagnóstico, análisis y mejoras.
- Ejecución: correctivo, preventivo.

## 1.4. Tipos de mantenimiento

A continuación, se detallan los 3 tipos principales de mantenimiento que existen en las organizaciones.

**Mantenimiento correctivo:** Se define como un conjunto de acciones que se efectúan cuando se ha producido un fallo del equipo, en su totalidad o en alguna parte de este, de manera individual o desde el punto de vista de una instalación completa” (Tabuyo, 2014). A su vez, este mantenimiento puede ser de dos tipos:

- Fallo de equipo sin afectar a la continuidad de la producción (mantenimiento correctivo programado).
- Fallo del equipo interrumpiendo la continuidad de la producción (avería),

Para ejecutar esta acción, es necesario acometer las acciones siguiendo la normativa de prevención de riesgos laborales, es decir, el personal de mantenimiento deberá disponer de equipo de protección individual además deberá seguir el procedimiento definido para ese fin.

**Mantenimiento preventivo:** en cuanto a las acciones de mantenimiento preventivo, estas se aplican de manera programada por tiempo, o como consecuencia de las condiciones de funcionamiento del equipo y sus respectivos componentes (Tabuyo, 2014). El esquema de mantenimiento preventivo (Tabuyo, 2014) comprende las siguientes acciones:

- Selección de equipos para determinar la maquinaria crítica.
- Análisis de fallos para prevenir la reincidencia de los fallos producidos y corregidos con las intervenciones.
- Establecer la política de mantenimiento esta fase, incluye la estrategia del mantenimiento, por ejemplo, estrategias más simples y estrictas o estrategias más flexibles.
- Establecer el plan de mantenimiento esta comprende todas las actividades y tareas a la asignación de recursos y tareas previstas.
- Seguimiento y control en esta fase, se asigna un responsable de todo el proceso quien vela por el cumplimiento de forma y plazo.

Según Tabuyo, 2014, el mantenimiento preventivo es función de:

- Número de horas que lleva en servicio.
- Número de ciclos que lleva funcionando (el caso de los motores, por ejemplo).
- Tiempo transcurrido desde la puesta en servicio.

Mantenimiento predictivo: se trata del “conjunto de acciones que se aplican como resultado de la observación del estado de los componentes de la instalación, tras las acciones de pruebas programadas de funcionamiento en unas determinadas condiciones imperantes” (Tabuyo, 2014), que suelen coincidir con las condiciones normales de funcionamiento así como en situaciones extremas, tras la aplicación de coeficientes que maximizan este estado. Las acciones que abarca este tipo de mantenimiento son las siguientes:

- Inspección visual: es una revisión minuciosa sin realizar ni usar herramientas; se basa en la experiencia de expertos en mantenimiento que con una mirada son capaces de predecir averías.
- Inspección cercana: se trata de inspeccionar los equipos y máquinas usando herramientas de medida, pero sin efectuar ningún montaje ni tampoco ningún corte de tensión.
- Inspección detallada: se realizan las acciones identificando las fallas usando equipos de ensayo y medida con abertura de cubiertas de los equipos en otras palabras con la comprobación de circuitos internos.
- Mantenimiento en uso: es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios de este. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Tabuyo, 2014). Este tipo de mantenimiento toma en consideración que el personal que opera los equipos es quien realiza tareas diarias como limpieza e inspección visual.

## **1.5. Costos de mantenimiento**

En la Tabla 1.1 se puede ver una comparación entre los tipos de mantenimiento y los gastos operacionales que cada uno de ellos involucra en una empresa:

Tabla 1.1. Comparación entre los tipos de mantenimiento y gastos operacionales.

<b>Costos de Gestión</b>	<b>Materiales y repuestos</b>	<b>Mano de obra directa</b>	<b>Mano de obra indirecta</b>
Correctiva	Inventarios elevados y materiales imprevistos.	Alta mano de obra genérica y de baja especialización.	Muy alta, por la aparición de muchos imprevistos.
Programada	Moderado ya que con antelación se sabe el nivel de uso.	Media alta en la genérica y media baja en la especializada.	Moderada ya que disminuyen los imprevistos.
Preventiva	Moderado bajo ya que hay más control.	Baja la genérica, moderada la especializada.	Relativamente muy baja.
Predictiva	Se reduce a su mínimo nivel.	Mínima genérica, alta especializada.	Mínima.

Fuente: (SENA; Manual de Mantenimiento; Bogotá; 1991)

## **1.6. Metodologías de mantenimiento**

Las metodologías en el área de mantenimiento comenzaron en las industrias implicadas en procesos productivos en Japón. Inicialmente se introdujo el mantenimiento preventivo en un corto período de tiempo debido a los volúmenes y tasas de producción, calidad, seguridad y entorno, factores directamente relacionados con el estado de la planta y sus equipos, Entonces plantearon diferentes metodologías de mantenimiento, mismas que se describen a continuación:

### **1.6.1. Mantenimiento productivo total**

Las industrias de proceso de manufactura avanzaban en mantenimiento preventivo y productivo a diferencia de las industrias de ensamblaje y manufactura que invertían en nuevos equipos intentando ser menos intensivas en mano de obra; es así, “que los equipos usados por estas industrias de procesos se automatizaron volviéndose más sofisticados cada vez” (Suzuki, 2011). Está marcada tendencia hacia la automatización sumada a la filosofía de producción justo a tiempo, fueron el incentivo para mejorar la gestión del mantenimiento en las industrias de ensamblaje y manufactura, dando origen a un enfoque

eminentemente japonés que se definió como (TPM), que consiste en una manera de mantenimiento productivo que involucra a todo el recurso humano.

El TPM se originó y desarrolló inicialmente en la industria automotriz y en forma rápida se implantó en la cultura corporativa de organizaciones tales como Mazda, Toyota y Nissan, a nivel ejecutivo, así como de sus sucursales. Posteriormente esta metodología se introdujo en otras industrias como electrodomésticos, microelectrónica, fotografía, plásticos, etc. Las industrias de procesos se han inclinado hacia el mantenimiento preventivo comenzando a implementar el TPM. Es así, que en los últimos años al TPM se ha incorporado un creciente número de plantas de procesos.

De manera inicial, “las acciones del TPM se limitaron a los departamentos directamente relacionados con los equipos” (Suzuki, 2011). Sin embargo, actualmente otros departamentos como los administrativos, así como los de apoyo lo aplican también para mejorar la eficacia de sus propias acciones; inclusive departamentos de desarrollo y ventas utilizan los métodos de TPM. Esto demuestra la validez de esta nueva filosofía en el mantenimiento productivo.

Esta tendencia moderna resalta la importancia de comprender desde la fase inicial de desarrollo no solamente los equipos y los procesos de producción sino también los productos. Esto con el propósito de simplificar la producción, mejorar la calidad y asegurar la eficiencia, así como reducir el período de inicio de una nueva producción. El TPM se ha vuelto de vital trascendencia en las industrias de ensamblaje y manufactura conforme se continúa con la diversificación de los productos, así como se van acortando los ciclos de vida de los productos. Cabe señalar que hay tres razones por las que el TPM se ha extendido rápidamente en el mundo (Suzuki, 2011):

Garantiza resultados drásticos: las empresas que implementan el TPM logran resultados tangibles significativos y visibles, por lo general en la reducción de averías de los equipos, lo que se traduce en la reducción de tiempos en vacío o pequeñas paradas entre producción y producción, reclamaciones, así como disminución de defectos de calidad, costos de recursos humanos, accidentes e inventarios, fomentado la promoción y compromiso de los trabajadores.

Transforma visiblemente los lugares de trabajo: con la implantación del TPM una planta deteriorada, sucia, oxidada, cubierta de grasa y aceite puede cambiarse en un entorno de trabajo seguro y agradable; en el cual los clientes y otras personas quedan visiblemente

impresionadas por las modificaciones lo que permite incrementar la confianza en los productos, así como en la calidad de gestión de la planta.

Eleva el nivel de conocimiento, así como la capacidad de mantenimiento y producción: es decir, existe una transformación de los trabajadores de la planta ya que cuando se adopta el TPM, se empieza a tener resultados aceptables al reducir averías, mejorar la calidad, y reducción de tiempos de mantenimiento, mejorando la motivación de los trabajadores lo que da como resultado el involucramiento en el trabajo y ocasiona la mejora continua, pues todos quienes conforman la organización empiezan a pensar en el TPM como parte de su trabajo diario.

Esta metodología involucra los siguientes principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta.
- La inclusión de todo el personal permite garantizar el éxito del objetivo.
- Creación de una cultura orientada a obtener la mayor eficiencia del sistema de producción y gestión de los equipos.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar objetivos de cero pérdidas mediante actividades integradas de grupos de trabajo.
- Aplicación de sistemas de gestión de los aspectos de producción.

### **1.6.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad**

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 (Carrillo, 2019). Los conceptos básicos de esta filosofía integran el análisis de fallas, amenazas del medio ambiente y seguridad industrial. En 1960 el gobierno de los EE. UU. formó un grupo de trabajo que incluía representantes de la Agencia Federal de Aviación y de las aerolíneas, para investigar las capacidades del mantenimiento preventivo. (¿Qué es rcm?, 2018).

La aplicación de los criterios de RCM permitió bajar la incidencia en los noventa a razón de dos accidentes graves con fatalidades por cada millón de despegues, lo que contribuyó al desarrollo de este campo.

El RCM fue desarrollado para poder desarrollar un plan de mantenimiento para los equipos tengan un mantenimiento preventivo de acuerdo con una estrategia de periodos de tiempo de los equipos. Estos son especificados por los manuales de usuarios y el historial del

equipo y permite saber cuándo, dónde y cómo se debe realizar el mantenimiento en un equipo o sistema, con el objetivo primordial de que siga cumpliendo con las funciones o estándares de ejecución determinados para el equipo.

Los indicadores básicos que rigen esta metodología son los siguientes:

Confiabilidad se define como la probabilidad de que un sistema o equipo realice su función en un periodo de tiempo especificado por el fabricante.

Mantenibilidad es el tiempo que un equipo es devuelto a su función operativa para el cual estaba diseñado.

Disponibilidad es el porcentaje de tiempo que el equipo tiene disponibilidad en el área de operación cumpliendo la función para la que fue diseñado.

La Figura 1.2. muestra los pasos de gestión para poder aplicar la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, de manera efectiva en un proceso de producción:

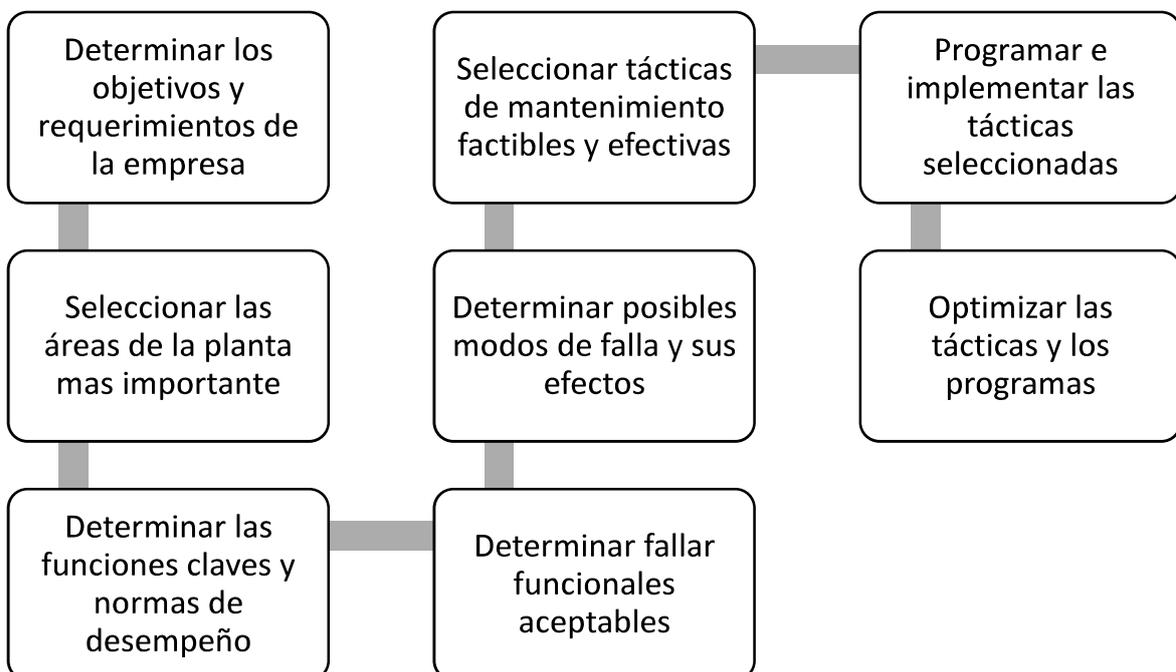


Figura 1.2. Pasos para aplicar en una empresa el RCM.

Fuente: (Propia)

## **1.7. Plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento consiste en una lista en donde se identificarán todas y cada una de las máquinas y equipos de la organización o departamentos con sus respectivos números de serie, situación en la producción, fabricante, etc.; lo mismo se hará con las instalaciones (Nieves, 2015). Además, se incluye la gama de mantenimientos los cuales serán de gran ayuda para los trabajadores involucrados proporcionando las instrucciones necesarias para realizar el mantenimiento.

El plan de mantenimiento ayuda a lograr un ahorro importante en reparación de fallas, averías y paradas de funcionamiento en la maquinaria y equipos de la organización o del departamento de producción (Nieves, 2015).

Las ventajas y desventajas (Arquitectos especializados en el noreste, 2018), que tiene la realización de un plan de mantenimiento son:

### **Ventajas**

El riesgo de alguna avería o falla, según sea el caso, es reducido grandemente. El costo de este mantenimiento preventivo es menor en comparación con el correctivo. La aparición de paros imprevistos en la maquinaria y equipo es reducida. Facilita el poder llevar una mejor planeación y control sobre el mantenimiento que debe ser aplicado tanto en los dispositivos como en las instalaciones.

### **Desventajas**

Dificulta determinar de manera precisa el nivel de depreciación o desgaste de las piezas que conforman los distintos equipos. Es necesario que el personal encargado del mantenimiento cuente con experiencia en los dispositivos y que atienda las recomendaciones hechas por el fabricante. Resulta imposible garantizar el tiempo que se demorará el proceso de reparación de las fallas y/o mantenimiento.

## **1.8. Estrategias para el mantenimiento**

### **1.8.1. Programas de mantenimiento**

A continuación, se describe los programas de mantenimiento para una determinada industria.

#### **1.8.1.1. Programa de mantenimiento preventivo**

Cuando el análisis de sistemas, procesos y equipos están terminados en la organización, entonces se inician las acciones relacionadas, con periodicidad en el mantenimiento de la maquinaria y equipos, con la finalidad de encontrar oportunidades de coordinación (mediante la programación conjunta, en periodos fijos, de todas las acciones a realizar sobre un grupo de equipos o en una unidad específica determinada previamente) (Muñoz, 2019). Esto llevará a un compromiso entre los programas seleccionados, el uso más económico del recurso humano, así como la máxima disponibilidad de la planta.

Es necesario mencionar que los periodos predeterminados, resultado del análisis realizado previamente, deberán tener una tolerancia en tiempo para admitir un plan de contingencias tales como la incertidumbre en la planificación de producción. De este análisis resultan los programas de inspección, de lubricación, de otros servicios y de las revisiones generales a la maquinaria y equipos de la organización (Muñoz, 2019). El costo de este programa está en función del grado de previsibilidad que se haya tenido para hacer el mantenimiento preventivo.

#### **1.8.1.2. Programa de mantenimiento correctivo**

Cuando la planta industrial es nueva, incluso después de haber efectuado los análisis previos con anterioridad, resulta difícil estimar el nivel y la naturaleza de la carga de mantenimiento correctivo que será necesario. “Durante la vida inicial de la planta la predicción es muy imprecisa y ésta en función de la información proporcionada por los fabricantes de la maquinaria y equipos, así como de la experiencia de los ingenieros” (Muñoz, 2019). Sin embargo, es obvio que esta predicción mejorará la vida de la planta debido a la carga de mantenimiento correctivo la que podrá ser planificada con mayor precisión. “La decisión crítica en este programa es determinar el nivel de repuestos en existencias en bodega” (Muñoz, 2019). Cuanta más disponibilidad se tenga, menor será el costo de indisponibilidad en caso de avería o fallo, además será más fácil organizar el mantenimiento correctivo respectivo.

El problema del gestor de mantenimiento es disminuir al mínimo la suma de estos costos, por lo que es esencial identificar las unidades o maquinarias y equipos críticos en la planta a la vez que se debe asegurar de que se adopta el mejor programa de mantenimiento correctivo. El costo de este programa ésta en función del grado de previsibilidad que se haya tenido para hacer el mantenimiento correctivo.

### **1.8.2. Estrategias tecnológicas**

Entre las tendencias actuales que tienen incidencia en el mantenimiento se encuentran los programas de mantenimiento, software, sistemas de fabricación de diversos productos que, sin duda, están influyendo en el futuro del mantenimiento.

Herramientas informáticas: la industria en general busca día tras día mejorar y optimizar el tiempo en los procesos por lo que se requiere herramientas de soporte y de alta calidad para garantizar eficacia y seguridad.

A continuación, se presentan los tipos de herramientas informáticas disponibles en la actualidad (Carrillo, 2019):

Enterprise Resource Planing (ERP): es un sistema en el cual se integran todos los procesos de gestión de la entidad: proyectos, contabilidad e impuestos, tesorería, activos fijos, facturación, recaudaciones, mantenimiento, etc.

Computerized Maintenance Management System (CMMS): es un sistema específicamente diseñado para el área de mantenimiento. Está conformado por: inventario técnico, cronogramas, información técnica, ordenes de trabajo, solicitudes de trabajo.

El software que se propone en este trabajo se categoriza dentro de esta herramienta informática CMMS.

Software libre: el propósito del software libre es atender a los requerimientos de mantenimiento preventivo y correctivo en una organización industrial, bajo un esquema sistemático, organizado y sencillo que resulte amigable con el usuario. Entre “las ventajas que se puede prever de un software libre” (Fractal, 2019), están las siguientes:

La diferencia y principal ventaja entre el software comercial y el libre es que se puede personalizar para una aplicación en específico.

Informes en tiempo real: el software libre genera gráficas, informes o reportes con toda la información importante, así como oportuna, de manera que se puede tomar decisiones acertadas en base a indicadores de gestión.

Notificaciones y alertas automáticas: el software libre tiene la función de enviar alertas y notificaciones automáticas a varios grupos de trabajo, recordándoles cuando llega el instante de aplicar la tarea de mantenimiento, efectuar inspecciones, o cuando se aproxima

una determinada fecha de expiración de garantías, e incluso el instante en que se presentan averías o fallas en las unidades, maquinarias, equipos e instalaciones. Además, puede programarse para enviar alertas automáticas al usuario cuando las órdenes de trabajo no han tenido respuesta en un determinado tiempo, así como también identificar lecturas fuera de rango.

Trazabilidad de la información: los sistemas de mantenimiento actuales hacen énfasis en la trazabilidad de la información en medida en que registran de manera electrónica y automática la hora en la que una orden o solicitud de trabajo fue emitida, recibida y ejecutada, adicionalmente permite el registro de una actividad adicional que pueda desarrollarse durante la orden de trabajo.

Facilita las auditorías: el registro electrónico de órdenes o solicitudes de trabajo y tareas complementarias no solo garantiza la integridad de la información, sino que elimina a cero papeles la documentación.

Una visión 360: el software libre permite hacer seguimiento a las inspecciones, verificaciones de seguridad, prolongando la vida útil de la maquinaria y equipos, de esta manera se valida la cantidad de herramientas y recursos que se encuentran en uso, y se estima el tiempo para un determinado mantenimiento.

Uso eficiente de los recursos financieros: es posible ser mucho más certero con el ahorro de recursos financieros destinados al mantenimiento preventivo y se puede reducir los gastos del mantenimiento correctivo al prevenir reparaciones costosas, fallas en procesos de producción, así como reducir costos relacionados a accidentes de trabajo.

Documentación ágil: se puede administrar documentos e inventarios para obtener acceso a la información en tiempo real, permitiendo conocer las operaciones en proceso, finalizadas o atrasadas.

Una gestión sencilla y organizada: es mucho más fácil tamizar, priorizar, monitorear, así como planear actividades inherentes con la acción de mantenimiento, minimizando la presencia de errores.

Trabajo colaborativo y dinámico: el software libre ofrece la posibilidad de estar en contacto con los técnicos encargados del mantenimiento y organizar el recurso humano para ejecutar las actividades y tareas necesarias ya que envía notificaciones y mantiene informado al personal de servicio, reduciendo o evitando cualquier tipo de retrasos.

## 1.9. Lenguaje web PHP y base de datos MySQL

PHP es un lenguaje interpretado del lado del servidor que se origina en la filosofía de código abierto, se caracteriza por su potencia, versatilidad, robustez y modularidad, esta tecnología es integrada dentro del código HTML (Cobo, Gómez, Pérez, & Rocha, 2005). Para iniciar la programación en PHP se requiere disponer de una serie de elementos, entre los que se destacan los siguientes:

Servidor Web almacena documentos HTML, imágenes, archivos de texto y contenido Web, y distribuye esta información a los clientes en la red. El lenguaje PHP puede trabajar con la totalidad de servidores Web que son reconocidos. “Lo más usual es encontrar PHP sobre un servidor Apache, pero también se lo puede hacer sobre los servidores de Microsoft” (Cobo, Gómez, Pérez, & Rocha, 2005). En sistemas operativos también se cuenta con varias alternativas: Linux, Unix Microsoft Windows, Mac OS X o RISCOS.

Interprete de PHP: es un lenguaje de programación, diseñado originalmente para la creación de páginas Web dinámicas. En el servidor Web es necesario instalar el intérprete de PHP. Este intérprete puede obtenerse en la dirección <http://www.php.net> y se encuentra en algunas versiones para los diferentes sistemas operativos. “En el proceso de instalación se hace necesario configurar además el servidor web y conocer si el intérprete se aplicará como módulo o como un CGI (computer generated imagery) independiente” (Cobo, Gómez, Pérez, & Rocha, 2005).

Editor: una vez que se ha instalado el servidor PHP, así como el intérprete PHP, se está en condiciones de crear las primeras páginas dinámicas con PHP. Es así, que “para la creación del código fuente no se hace indispensable ningún editor especial, cualquier editor de HTML o de texto, puede ser usado” (Cobo, Gómez, Pérez, & Rocha, 2005). No obstante, en la web puede encontrarse varios editores gratuitos para el PHP y que además permiten probar el funcionamiento de los programas sin necesidad de abandonar el entorno de edición.

Por otro lado, se encuentra el programa MySQL que “es una base de datos muy veloz en la lectura cuando usa un motor no transaccional MySAM, pero puede ocasionar problemas de integridad en entornos de alta concurrencia en la modificación” (Fossati, 2014). Es así como en aplicaciones web puede haber una baja concurrencia en las modificaciones de datos y en cambio el entorno es intensivo en lectura de datos lo que hace que el programa

MySQL sea ideal para este tipo de aplicaciones. Sus principales características se detallan a continuación:

Soporte multiusuario: significa que múltiples clientes “cuentan con acceso concurrente a una o más bases de datos a la vez” (Fossati, 2014), entre sus características están las siguientes:

- Sistema de privilegios de usuarios flexible y potente.
- Esquema de autenticidad que tiene su línea base usuario – máquina.

Escalabilidad: permite crear base de datos que contiene ¡50 millones de registros!, utilizando recursos casi infinitos.

Portabilidad: se refiere a los sistemas operativos que son compatibles con este lenguaje:

- Unix/No-Unix: Linux, Solaris, Windows.
- Intel x86, Alpha, SPCARC, Power PC.

Lenguaje MYSQL:

MySQL: opera en diversos modos que se ajustan a los diferentes estándares.

Modo SQL: los modos del servidor SQL define a MySQL que sintaxis debe soportar y qué tipo de controles de validación de datos se deberá efectuar.

Redundancia de datos: para corregir este problema se debe realizar validaciones con ciclo ya que la base de datos solo almacena la información.

Inconsistencia de datos: se debe realizar validaciones al momento de programar con lazos para que no haya inconsistencias.

Lenguaje Ajax: normalmente, AJAX se define como una técnica para el desarrollo de páginas (sitios) web que implementan aplicaciones interactivas, mientras JavaScript es un lenguaje de programación conocido por ser interpretado por los navegadores de páginas web. (Digital Learning, 2012), lo que permite Ajax es comunicar los archivos JavaScript con los HTML Y PHP para que se pueda visualizar de manera rápida y eficiente en la base de datos.

### 1.9.1. Arquitectura web

Para poder generar un archivo web se debe contar con un servidor web (Figura 1.3). La arquitectura Web cuenta con un servidor el cual procesa el código y proporciona una respuesta http al usuario o cliente que navega en la web. Este proceso es un proceso estático es decir todo lo que genera el programador es mostrado al cliente, pero éste no puede realizar modificación alguna.

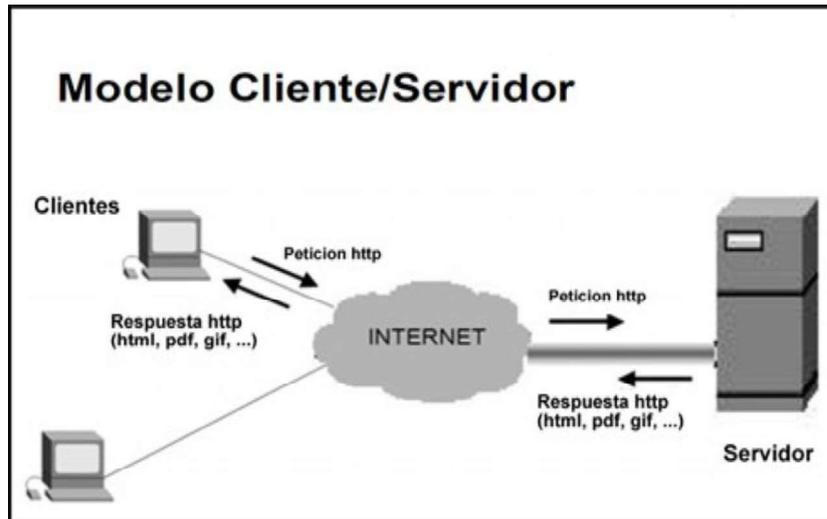


Figura 1.3. Arquitectura Web.

Fuente: (Ing. David Badillo Bernal, 2019)

Es aquí donde radica la diferencia ya que el lenguaje PHP (Figura 1.4.) presenta un proceso dinámico, que cuenta con un motor de procesamiento, lo que implica que el cliente puede cambiar la información para después procesarla, guardarla, editarla y tener respaldos en una base de datos.

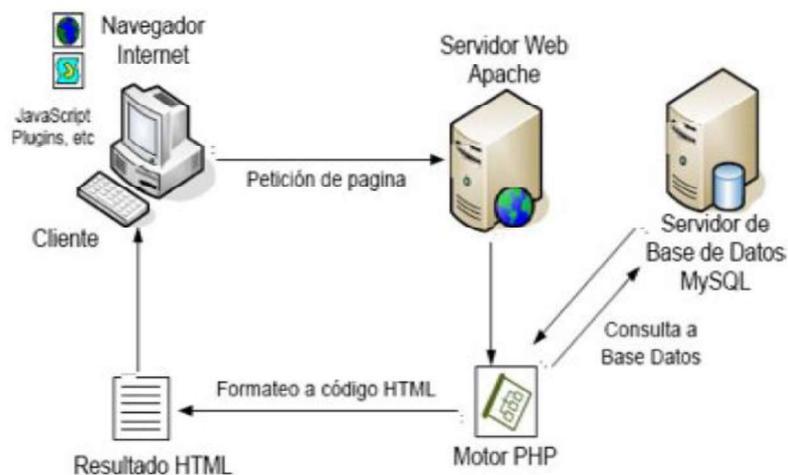


Figura 1.4 Arquitectura PHP.

Fuente: (Ing. David Badillo Bernal, 2019)

La comunicación entre estos elementos permite al usuario tener una comunicación directa entre el servidor web, el código HTML y la base de datos, generándose así una respuesta por parte del motor PHP. Hay que recordar que el lenguaje PHP se diferencia del lenguaje HTML por su dinamismo es decir que no genera una respuesta estática sino está cambiando constantemente.

La instalación de PHP en cualquiera de los sistemas operativos implica la instalación de diferentes programas que cuentan con un servidor que simula la plataforma como si estuviera en la red (Phpmyadmin). Adicionalmente se utiliza un editor de texto que permita guardar el código fuente para que pueda ser mostrado en la web. A continuación, se describen los elementos que se necesitan para poder crear una página web en PHP:

**Servidor Web:** “es un programa informático que permite procesar una aplicación del lado del servidor, realizando conexiones bidireccionales o unidireccionales y síncronas o asíncronas con el cliente y generando o cediendo una respuesta en cualquier lenguaje o aplicación del lado del cliente.” (Anonimo, s.f.)

**Phpmyadmin:** es un simulador de libre acceso que permite crear, editar y borrar bases de datos para conectarlos con el servidor Web. Este se maneja con los lenguajes de programación Mysql y Mariadb.

**Editor de texto:** es un programa que permite crear y modificar archivos de cualquier lenguaje de programación para conectarse con el servidor web y bases de datos.

### **1.9.2. Base de Datos**

Una base de datos es un “conjunto de información perteneciente a un mismo contexto, ordenada de modo sistemático para su posterior recuperación, análisis y/o transmisión”; esta herramienta permite el almacenamiento ordenado y la rápida recuperación de la información” (Raffiño, 2019), y es el producto de la necesidad humana de almacenar la información, preservarla a lo largo del tiempo y generar un historial.

### **1.9.3. Funciones PHP/MySQL**

A continuación, se detallan “las principales funciones de los programas PHP/MySQL” (MySQL Organización, 2018), que serán empleadas para realizar la programación del software de mantenimiento.

**mysql\_affected\_rows** — obtiene el número de filas afectadas en la anterior operación de MySQL.

**mysql\_client\_encoding** — devuelve el nombre del conjunto de caracteres.

**mysql\_close** — cerrar una conexión de MySQL.

**mysql\_connect** — abre una conexión al servidor MySQL.

**mysql\_create\_db** — crea una base de datos MySQL.

**mysql\_data\_seek** — mueve el puntero de resultados interno.

**mysql\_db\_name** — recupera el nombre de la base de datos desde una llamada a `mysql_list_dbs`.

**mysql\_db\_query** — selecciona una base de datos y ejecuta una consulta sobre la misma.

**mysql\_drop\_db** — elimina (DROP) una base de datos MySQL.

**mysql\_errno** — devuelve el valor numérico del mensaje de error de la última operación MySQL.

**mysql\_error** — devuelve el texto del mensaje de error de la operación MySQL anterior.

**mysql\_escape\_string** — escapa una cadena para ser usada en `mysql_query`.

**mysql\_fetch\_array** — recupera una fila de resultados como un arreglo asociativo, un arreglo numérico o como ambos.

**mysql\_fetch\_assoc** — recupera una fila de resultados como un arreglo asociativo.

**mysql\_fetch\_field** — obtiene la información de una columna de un resultado y la devuelve como un objeto.

**mysql\_fetch\_lengths** — obtiene la longitud de cada salida en un resultado.

**mysql\_fetch\_object** — recupera una fila de resultados como un objeto.

**mysql\_fetch\_row** — obtiene una fila de resultados como un arreglo numérico.

**mysql\_field\_flags** — obtiene las banderas asociadas al campo especificado de un resultado.

**mysql\_field\_len** — devuelve la longitud del campo especificado.

**mysql\_field\_name** — obtiene el nombre del campo especificado de un resultado.

**mysql\_field\_seek** — establece el puntero del resultado en un índice de campo especificado.

**mysql\_field\_table** — obtiene el nombre de la tabla en la que está el campo especificado.

**mysql\_field\_type** — obtiene el tipo del campo especificado de un resultado.

**mysql\_free\_result** — libera la memoria del resultado.

**mysql\_get\_client\_info** — obtiene información del cliente MySQL.

**mysql\_get\_host\_info** — obtener información del anfitrión de MySQL.

**mysql\_get\_proto\_info** — obtener información del protocolo MySQL.

**mysql\_get\_server\_info** — obtiene información del servidor MySQL.

**mysql\_info** — obtiene información sobre la consulta más reciente.

**mysql\_insert\_id** — obtiene el ID generado en la última consulta.

**mysql\_list\_dbs** — lista las bases de datos disponibles en un servidor MySQL.

**mysql\_list\_fields** — lista los campos de una tabla de MySQL.

**mysql\_list\_processes** — lista los procesos de MySQL.

**mysql\_list\_tables** — enumerar las tablas de una base de datos MySQL.

**mysql\_num\_fields** — obtiene el número de campos de un resultado.

**mysql\_num\_rows** — obtener el número de filas de un conjunto de resultados.

**mysql\_pconnect** — abre una conexión persistente a un servidor MySQL.

**mysql\_ping** — efectuar un chequeo de respuesta (ping) sobre una conexión al servidor o reconectarse si no hay conexión.

**mysql\_query** — enviar una consulta MySQL.

**mysql\_real\_escape\_string** — escapa caracteres especiales en una cadena para su uso en una sentencia SQL.

**mysql\_result** — obtener datos de resultado.

**mysql\_select\_db** — seleccionar una base de datos MySQL.

**mysql\_set\_charset** — establece el conjunto de caracteres del cliente.

**mysql\_stat** — obtiene el estado actual del sistema.

**mysql\_tablename** — obtiene el nombre de la tabla de un campo.

**mysql\_thread\_id** — devuelve el ID del hilo actual.

**mysql\_unbuffered\_query** — envía una consulta SQL a MySQL, sin recuperar ni almacenar en búfer las filas de resultados.

## 2. METODOLOGÍA

Para elaborar este estudio técnico se ha decidido realizar la siguiente planificación táctica:

- Inventario de los activos
- Criticidad de los equipos
- Estrategias de mantenimiento
- Actividades de mantenimiento
- Análisis de carga de trabajo
- Logística de mantenimiento
- Documentos de mantenimiento
- Programación y gestión de mantenimiento
- Diagrama de flujo

Esta planificación está basada en la norma UNE: EN 13460: Documentación para el mantenimiento (Figura 2.1).

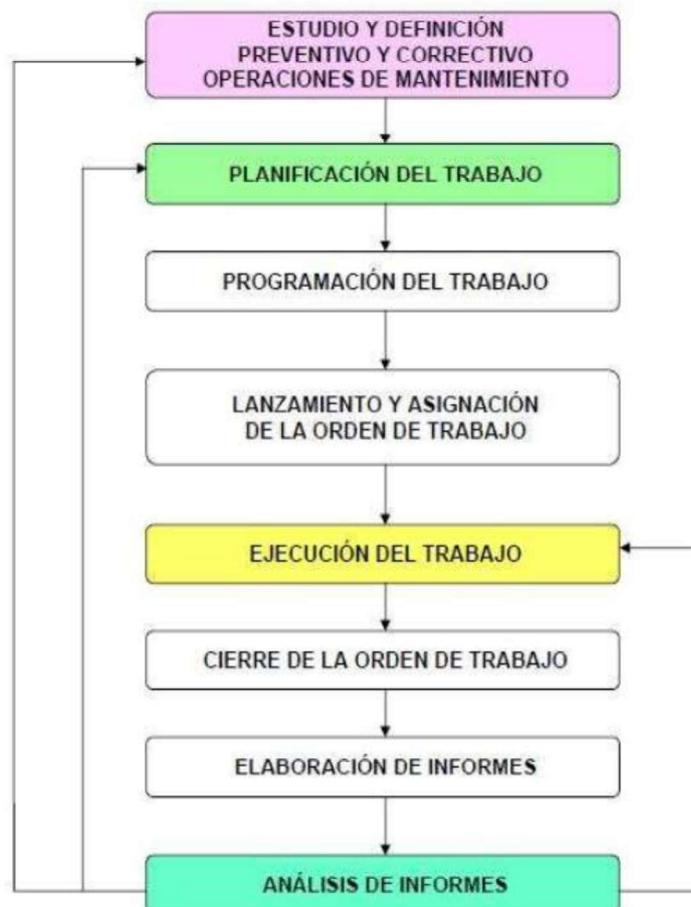


Figura 2.1. Flujo de trabajo en la NORMA UNE-EN 13460:2009.

## **2.1. Inventario de activos**

La empresa Rojas Ingeniería tiene a su cargo todos los equipos electromecánicos en la institución de educación superior por lo que tener un inventario permite el control de los trabajos de mantenimiento.

### **2.1.1. Codificación**

La norma que se utiliza para realizar la programación del plan de mantenimiento es la norma europea UNE: EN 13460, la misma que indica que el código técnico de un activo (Mantenimiento/ Operación) debe realizar las siguientes consideraciones:

- Debe ser lo más corto posible
- No debe contener redundancia
- No debe incluir características técnicas
- Puede hacer referencia a una clasificación
- Debe conservar el código del LAYOUT- P&I

También, se debe definir una clasificación previa por Familias/ Tipos /Clases/ Sub clases, lo que permite una estandarización de los activos y su fácil identificación.

### **Estructura del código**

Según la norma europea UNE: EN 13460 para poder establecer un código se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cada nivel puede tener su propia estructura de código.
- El código puede tener varias secciones.
- Cada sección del código puede contener diferente configuración.
- La configuración puede ser alfanumérica, numérica, literal, secuencia, familia, tipo.

### **Codificación de los equipos**

Una vez determinado los aspectos propuestos en la norma se procede a generar el código alfanumérico para nuestro proyecto y se divide por niveles:

**Nivel 1:** contiene el nombre de los edificios de la universidad:

- FM Matriz Subsuelos.
- T1 Torre 1.
- T2 Torre 2.
- FB Biblioteca.
- FD Doctorado.

**Nivel 2:** contiene el piso del edificio seleccionado:

- S4 Subsuelo 4.
- S3 Subsuelo 3.
- S2 Subsuelo 2.
- S1 Subsuelo 1.
- PB Planta Baja.

**Nivel 3:** contiene el sistema electromecánico del equipo:

- SCI Sistemas Contraincendios.
- HVAC Sistema de Ventilación y Aire Acondicionado.
- SHS SISTEMA HIDROSANITARIO.

**Nivel 4:** contiene el nombre del equipo:

- BC Bomba Contraincendios.
- UC Unidad Condensadora.
- BP Bomba Agua Potable.

**Nivel 5:** contiene una numeración aleatoria para identificar el número de equipo.

En la Tabla 2.1. se muestra un ejemplo de la codificación de uno de los equipos pertenecientes a las instalaciones de la universidad según la norma UNE: EN 13460.

Tabla 2.1. Codificación de equipos electromecánicos.

EDIFICIO	PISO	SISTEMA	EQUIPO	NUMERACION
FM	S4	SCI	BC	1

Fuente: (Propia)

Para la puesta en marcha de esta codificación en la institución se realizó un inventario de todos los equipos con las siguientes especificaciones: tamaño de letrero, color de letras, material, cadena, remaches (**Ver ANEXO I**).

## **2.2. Criticidad de los equipos**

El análisis de criticidad se realiza para determinar los factores e impactos que los equipos causarán a la institución de educación superior si llegaran a fallar; esto se realiza para optimizar recursos y escoger el modelo de mantenimiento apropiado de acuerdo con las necesidades de los equipos e instalaciones.

### **2.2.1. Tipos de equipos**

Se puede distinguir tres tipos de equipos según su criticidad:

Equipos críticos: son aquellos que su parada o daño afecta totalmente a la universidad.

Equipos importantes: son los equipos que su avería afecta a la universidad, pero sus consecuencias son asumibles.

Equipos prescindibles: son aquellos que no afectan considerablemente a la institución y tienen escasa importancia para el correcto funcionamiento de esta.

### **2.2.2. Análisis de criticidad**

El análisis de criticidad de los sistemas electromecánicos de la institución de educación superior se realiza en base a la frecuencia de fallos, consecuencias y seguridad de los trabajadores y el medio ambiente. La Tabla 2.2. muestra la clasificación de la criticidad de los sistemas electromecánicos en la institución educativa dividida en: Sistema Contra incendios (SCI), Sistemas de Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC), Sistema Hidrosanitario (SHS).

Tabla 2.2. Criticidad de los sistemas electromecánicos.

CODIGO SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	CONSECUENCIAS	TOTAL	CRITICIDAD
SCI	2	10	2	2	8	30	60	
HVAC	3	4	3	1	1	14	42	
SHS	3	4	2	1	7	16	48	

Fuente: (Propia)

Para poder determinar la criticidad de los equipos se utilizan los criterios mostrados en la Tabla 2.3 y en la Figura 2.2 las cuales fueron extraídas de la norma UNE: EN 13460 Documentación para el mantenimiento; dichas herramientas proporcionan valores cuantitativos a los fallos y las consecuencias que pueden llegar a tener los sistemas si presentan fallas.

Como resultado del estudio se han obtenido las siguientes categorías: Sistemas Contraincendios (SCI): ESTADO CRÍTICO, Sistema Ventilación y aire Acondicionado (HVAC): ESTADO IMPORTANTE, Sistema Hidrosanitario (SHS): ESTADO CRÍTICO.

Tabla 2.3. Índice de criticidad según frecuencia de fallas.

<p><b>CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS = FRECUENCIA DE FALLAS X CONSECUENCIA</b></p> <p><b>FRECUENCIA = NÚMERO DE FALLAS EN UN PERIODO DE TIEMPO</b></p> <p><b>CONSECUENCIA = (IMPACTO PRODUCCION X FLEXIBILIDAD) + COSTOS DE MANTENIMIENTO + COSTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b></p>					
FRECUENCIA DE FALLAS	CALIFICACION	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	CALIFICACION	IMPACTO, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	CALIFICACION
BAJA Mas de 2 fallas/año	4	No existe opción de producción o función de repuesto	4	Afecta a la seguridad humana externa e interna	8
MEDIA 1 a 2 fallas/año	3				
BUENA 0.5 a 1 fallas/año	2	Hay opción de repuesto compartido/bodega	3	Afecta al medio ambiente e instalaciones	7
EXCELENTE Menos de 2 fallas/año	1				
<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>CALIFICACION</b>	Función de repuesto disponible	2	Afecta a instalaciones causando daños severos	5
Perdida grave	10				
Parada del sistema y afecta a otros sistemas	7	<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>CALIFICACION</b>	Provoca daños menos al ambiente	3
Impacto al inventario o calidad	4	MAYOR a \$2000,00	2	No hay daños a personas ni instalaciones, ni al ambiente	1
Ninguna afectación	1	MENOR a \$2000,00	1		

Fuente: (Planificación, Programación y Evaluación de la Gestión de Mantenimiento)

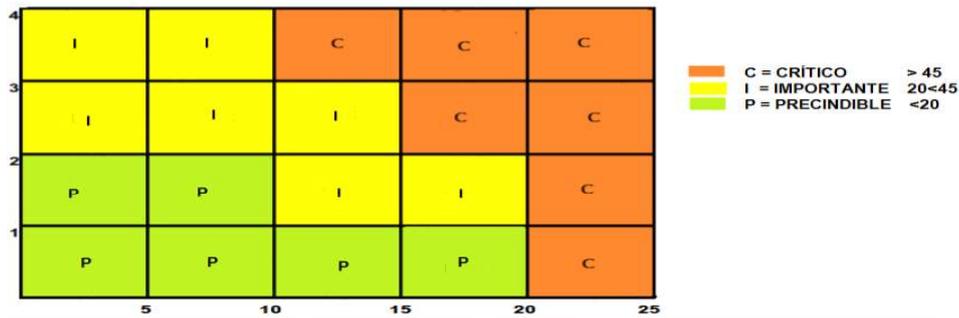


Figura 2.2. Análisis de criticidad.

Fuente: (Planificación, Programación y Evaluación de la Gestión de Mantenimiento)

### 2.3. Tipos de mantenimientos

Una vez identificada la criticidad de los sistemas electromecánicos que la empresa Rojas Ingeniería tiene bajo su responsabilidad, se tiene que determinar el o los tipos de mantenimiento que se deben realizar a los equipos, de tal manera que no exista desperdicio de recursos y/o la generación de gastos innecesarios a la empresa.

En función de la criticidad de los sistemas, así como en el enfoque de la empresa Rojas ingeniería, se procede a identificar en las normas de mantenimiento internacionales el o los tipos de mantenimiento que se adecuan a las necesidades del proyecto.

Es así como, para escoger el tipo de mantenimiento en la institución de educación superior la norma UNE: EN 1366 (Figura 2.3), proporciona los criterios que deben tomarse en consideración dando como resultado del análisis que los mantenimientos preventivo y correctivo mostraban las características idóneas.

El mantenimiento preventivo se realiza de acuerdo con la supervisión, inspección y pruebas funcionales que a su vez se basan en la información encontrada en manuales de usuario, normas y experiencia de los operarios con los equipos. Por lo tanto, se debe recolectar información referente a equipos, así como manuales y experiencias de los operarios para establecer el cronograma de actividades a realizar en periodos de tiempo establecidos por el fabricante. El mantenimiento correctivo se basa en el mantenimiento inmediato y la disponibilidad de dar solución a problemas que se generan en el día a día.

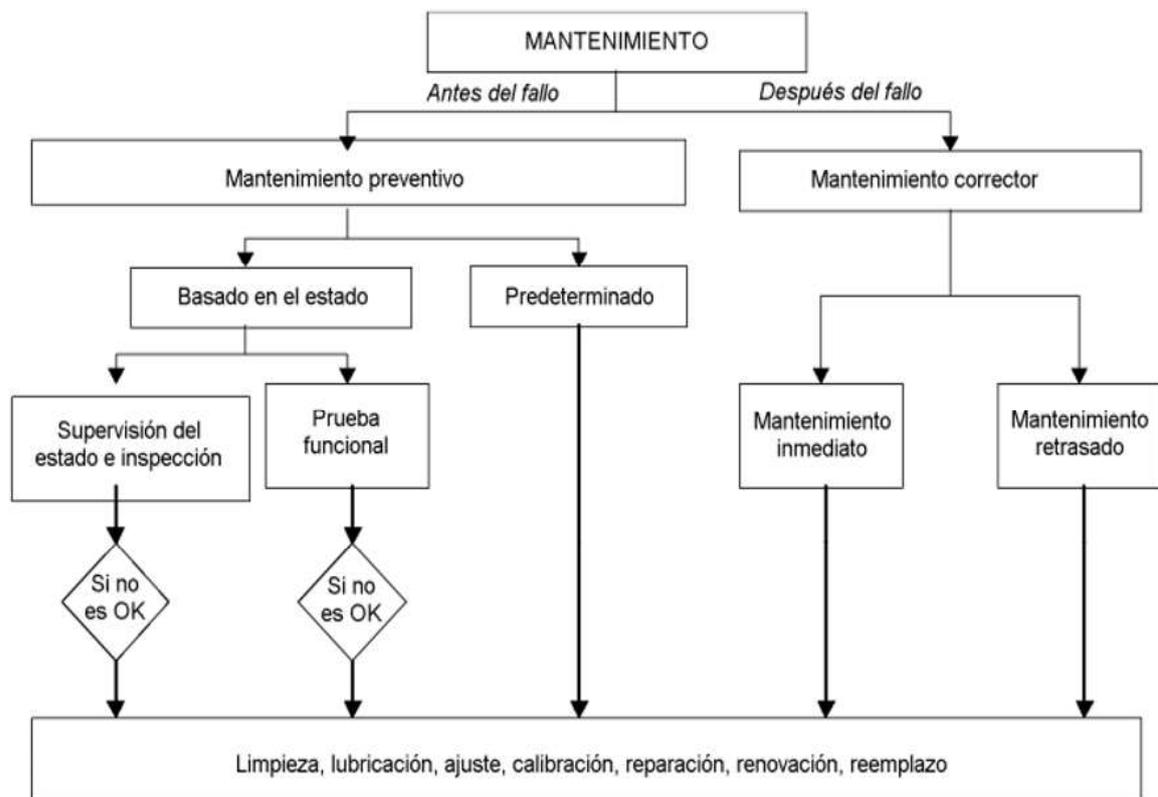


Figura 2.3. Tipos de mantenimiento.

Fuente: (UNE: EN 1366)

## 2.4. Modelos de mantenimientos

Para escoger el modelo de mantenimiento adecuado para los sistemas electromecánicos se debe considerar la criticidad evaluada en la sección anterior. Para organizar estos modelos se debe recordar que se dividió a la institución en:

- Sistema contraincendios.
- Sistema de ventilación y aire acondicionado
- Sistema hidrosanitario.

Tabla 2.4. Modelos de mantenimiento del cliente.

Código sistema	Sistema	Criticidad	Modelo de mantenimiento
FMS-S4-SCI	Sistema contraincendios	CRITICO	Modelo sistemático
FMS-S4-HVAC	Sistema de ventilación y aire acondicionado	IMPORTANTE	Modelo sistemático
FMS-S4-SHS	Sistema hidrosanitario	IMPORTANTE	Modelo sistemático

Fuente: (Propia)

La Tabla 2.4. utilizo la información de la Figura 2.4 en la cual se muestra el análisis de criticidad para seleccionar el modelo de mantenimiento adecuado.

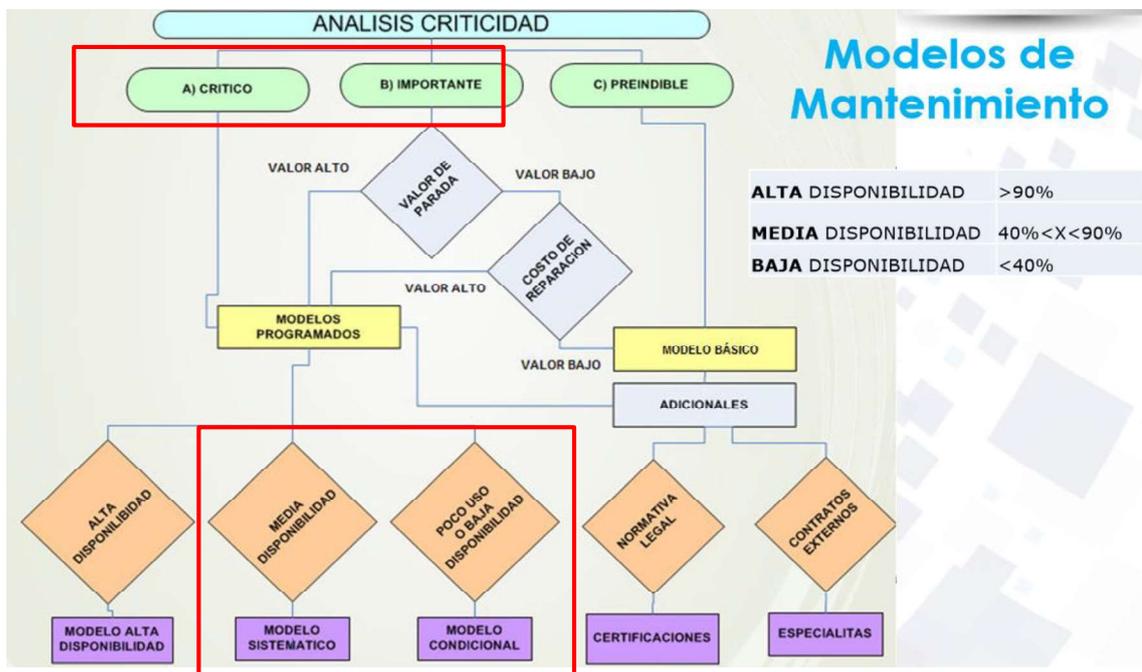


Figura 2.4. Modelos de mantenimientos.

Fuente: (Planificación, Programación y Evaluación de la Gestión de Mantenimiento)

## 2.5. Actividades de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento en la institución de educación superior se basan en los criterios establecidos por el RCM (Mantenimiento Basado en la Confiabilidad) ya que esta filosofía se adapta perfectamente a las actividades a las que se dedica la empresa Rojas Ingeniería.

### 2.5.1. Orígenes de la Información

La información para realizar la planificación llega de las siguientes fuentes:

- Recomendaciones del fabricante
- Experiencia de la compañía
- RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad)
- PMO (Planos de Mantenimientos Existentes)
- Base de datos externas (OREDA)

### 2.5.2. Plan de mantenimiento basado en RCM

El modelo RCM se basa en dos aspectos fundamentales:

**Falla:** es la incapacidad de que un equipo cumpla las funciones para las que fue diseñado.

**Modo de falla:** eventualidad que un equipo pueda fallar a lo largo del tiempo.

Según (Carrillo, 2019) los pasos para poder planificar un plan de mantenimiento exitoso con esta metodología son los siguientes:

- Determinación de fallas funcionales y técnicas.
- Estudio de las consecuencias del fallo.
- Determinación de los modos de fallos.
- Determinación de medidas preventivas.
- Selección de tareas de acuerdo con el modelo de mantenimiento.
- Determinación de las frecuencias óptimas para cada tarea.
- Puesta en marcha y correcciones del plan inicial.

### 2.5.3. Determinación de los modos de fallo

Para generar un plan de mantenimiento preventivo eficaz se deben determinar los modos de fallo que pueden tener los diferentes sistemas y equipo. La Figura 2.5. muestra los modos de fallo de acuerdo con cada modelo de mantenimiento.

En este caso se ha encontrado que el modelo adecuado para los sistemas electromecánicos en mención es el mantenimiento sistemático.

CONSECUENCIAS	-FALLOS A EVITAR -FALLOS A AMORTIGUAR
-EQUIPOS DE ALTA DISPONIBILIDAD	Fallos funcionales EVITAR Fallos técnicos AMORTIGUAR
-EQUIPOS CON MANTENIMIENTO SISTEMATICO	Fallos funcionales EVITAR Fallos técnicos AMORTIGUAR
-EQUIPOS CON MODELO CONDICIONAL	Fallos funcionales AMORTIGUAR Fallos técnicos AMORTIGUAR
-EQUIPOS CON MODELO BÁSICO	No se estudian

Figura 2.5. Modos de fallo de acuerdo con los modelos de mantenimiento.

Fuente: (Planificación, Programación y Evaluación de la Gestión de Mantenimiento)

En el **ANEXO II** se muestran los modos de fallos en los sistemas electromecánicos de la institución de educación superior.

#### 2.5.4. Determinación de medidas preventivas

La determinación de las tareas de mantenimiento se basó en los modos de fallos más comunes, estas tareas son:

- Inspecciones visuales y correcto funcionamiento
- Lubricación
- Inspecciones predictivas
- Limpieza y ajustes
- Sustitución de piezas
- Mejoras o modificaciones en la instalación
- Cambios en los procedimientos de mantenimiento

De acuerdo con la Figura 2.5 se realizaron las tareas de mantenimiento basados en el modelo sistemático y en los modos de fallos de los sistemas contraincendios.

En la **ANEXO III** se muestran los equipos en los cuales se realizó el estudio, así como las actividades planificadas, su frecuencia y agrupación por rutinas de actividades.

Tabla 2.5. Tarea de acuerdo con modelos de mantenimiento.

Tipos de tareas de mantenimiento	Modelos de mantenimiento a los que se puede aplicar este tipo de tarea			
	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
1. Inspecciones visuales	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
2. Tareas de lubricación	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
3. Verificaciones en operación	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
4. Inspecciones predictivas		Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
5. Limpiezas y ajustes por condición		Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
6. Limpiezas y ajustes sistemáticos		Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
7. Sustituciones de piezas			Sistemático	Alta Disponibilidad
8. Grandes revisiones				Alta Disponibilidad

Fuente: (Planificación, Programación y Evaluación de la Gestión de Mantenimiento)

### 2.5.5. Análisis de la carga de trabajo

Aquí se realiza la carga de trabajo que genera toda la planificación previamente establecida, es decir, los tiempos planificados en cada rutina de trabajo preventiva y correctiva, así como el número de empleados que cada actividad requiere (**Anexo IV**).

Los datos de la Tabla 2.6. son aproximaciones de los tiempos invertidos por el personal de Rojas Ingeniería en las labores de mantenimiento.

Tabla 2.6. Tiempos establecidos por la empresa Rojas Ingeniería.

• Jornada laboral por semana:	40
• Horas efectivas semanales:	28
• Relación Correctivo-Preventivo:	35%
• Efectividad correspondiente a un técnico:	70%

Fuente: (Propia)

Las horas efectivas semanales es el cálculo de:

*Horas efectivas semanales*

$$= (\text{Tiempo jornada semanal} * \text{Efectividad del técnico}) \quad \text{Ec. (2.1.)}$$

Con estos valores se pudo calcular los tiempos estimados correspondientes a los mantenimientos correctivos de acuerdo con la siguiente formula:

*Tiempo correctivo*

$$= (\text{Tiempo preventivo} * \text{Relación correctivo – preventivo}) \quad \text{Ec. (2.2.)}$$

Para encontrar la relación correctivo preventivo se tomó en cuenta la experiencia de los técnicos, así como la antigüedad de la maquinaria.

Así también se calculó el número de trabajadores que se requieren para cumplir las actividades en los tiempos establecidos.

*Número de técnicos*

$$= \frac{(\text{Tiempo correctivo} + \text{Tiempo preventivo})}{\text{Horas efectivas semanales}} \quad \text{Ec. (2.3.)}$$

Se debe tomar en cuenta que en el Anexo IV se incluyó el tiempo que los técnicos tardan en emitir un informe por mes, mismo que se calcula según la siguiente formula:

*Tiempo emisión informe*

*= Jornada laboral de un día \* Efectividad del técnico Ec.(2.4.)*

### **2.5.6. Documentos de mantenimiento**

De acuerdo con la norma UNE-EN 13460 se define:

Documento (soporte de información): es un documento que se fundamenta en todo el trabajo técnico.

La empresa Rojas Ingeniería presenta los siguientes documentos a la institución de educación superior cuando realiza los mantenimientos tanto preventivo como correctivo.

#### **Mantenimiento preventivo:**

Documento de fase preparatoria:

Generadores de orden de trabajo es generado por el jefe de mantenimiento, en este constan las actividades que debe hacer el equipo técnico.

Documentos de fase operativa:

Orden de trabajo informa de las actividades realizadas en el trabajo y establecidas por el Jefe de Mantenimiento.

#### **Mantenimiento correctivo:**

En este no existen documentos de fase preparatoria ya que es un evento fortuito.

Solicitud de trabajo: este documento muestra el trabajo emergente que debe realizar el técnico para corregir la falla.

### **2.5.7. Programación y gestión de mantenimiento**

#### **2.5.7.1. Cronograma de mantenimiento**

Un cronograma permite:

- Minimizar las paradas por mantenimiento preventivo.
- Estimar materiales/ repuestos necesarios.
- Elaborar presupuestos de mantenimiento preventivo.

Las actividades fueron extraídas de los siguientes sistemas electromecánico:

### **Sistema contraincendios**

#### **Universidad edificios matriz, biblioteca, doctorado**

Bombas Contraincendios: NFPA 20 de acuerdo con NFPA 25.

Sistemas de Rociadores Automáticos: NFPA 13 de acuerdo con NFPA 25.

Sistema de Tuberías y Mangueras: NFPA 25.

Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización: NFPA 72.

Condición de la caseta de la bomba. De acuerdo con NFPA 25 capítulo 8.2.2.

El calor es adecuado no menos a 4 °C, para el cuarto de bombas impulsadas por motor.

El calor no inferior a 21 °C para el cuarto de bombas con bombas de motor a Diesel.

Suministro de agua a la succión de la bomba de acuerdo con NFPA 25 capítulo 8.1.6.1: El suministro de succión para la bomba de incendios debe proveer el flujo requerido a una presión manométrica de cero (0) psi o mayor en la brida de succión de la bomba.

Presión de descarga de acuerdo con el diseño realizado.

### **Sistema HVAC (ventilación y aire acondicionado)**

#### **Edificio Matriz**

Aire Acondicionado

Fan Coil: Operation manual.

MARCA: DAIKIN VRV SYSTEM Air Conditioners.

MODELO: GB4706.32-96.

Ventiladores

Ventilador Tipo Hongo: Operation manual.

Marca: COOK CENTRIFUGAL ROOF AND WALL EXHAUSTERS.

Modelos:

ACE-D/ACE-B

ACW-D/ACW-B

ACRU-D/ACRU-B

Ventilador: Tipo Duct Fan: Operation manual.

Marca: GREENHECK Belt Drive Duct Fan.

Modelo:

CENTRIFUGAL (BISW, AFSW, BIDW, AFDW)

INDUSTRIAL

PLENUM(QEP)

PLUG (PLG)

ROOF SUPPLY FANS RSF AND RSFP.

Edificio Biblioteca:

Aire Acondicionado

Marca: YORK BY JHONSON CONTROLS

Modelos:

EVAPORADORES TYPE 2 AND 4 CASETS MDV06U-003DW.

DIGITAL SCROLL AND DC/AC INVERTER.

MIDDLE STATIC PRESSURE DUCT TYPE.

MDV DC CONVERSION AIR CONDITIONER.

DIGITAL SCROLL A/C SYSTEM (INDOOR UNIT).

Marca: DATA AIRE INC.

Modelos:

MODULAR DATA TEMP.

DATA ALARM PROCESSOR- III DAP III.

Condensadores

Marca: DATA AIRE INC.

Modelos:

AIR COOLED CONDENSERS.

Marca: SAUERMANN industries.

Modelos:

CONDENSATE REMOVAL PUMP SI 1805.

Ventilador: Tipo Duct Fan: OPERATION MANUAL.

Marca: GREENHECK Belt Drive Duct Fan.

Modelo:

CENTRIFUGAL (BISW, AFSW, BIDW, AFDW).

INDUSTRIAL.

PLENUM(QEP).

PLUG (PLG).

ROOF SUPPLY FANS RSF AND RSFP.

Edificio Doctorado

Aire Acondicionado.

Marca: YORK BY JHONSON CONTROLS.

Modelos:

EVAPORADORES TYPE 2 AND 4 CASETS MDV06U-003DW.

DIGITAL SCROLL AND DC/AC INVERTER.

MIDDLE STATIC PRESSURE DUCT TYPE.

MDV DC CONVERSION AIR CONDITIONER.

DIGITAL SCROLL A/C SYSTEM (INDOOR UNIT).

Marca: DATA AIRE INC.

Modelos:

MODULAR DATA TEMP.

DATA ALARM PROCESSOR- III DAP III.

Aire Acondicionado

Fan Coil: OPERATION MANUAL.

Marca: DAIKIN VRV SYSTEM Air Conditioners.

Modelo: GB4706.32-96.

Sistema hidrosanitario

Edificio Matriz

Bombas Sumergibles

Marca: FLYGT ITT INDUSTRIES (NFPA 13 Norma para la instalación de sistemas de rociadores).

Modelo: 3102, 2102.

Float VALVES: FLYGT ITT INDUSTRIES.

### **Edificio Biblioteca**

Marca: GOULDS PUMPS ITT.

Serie: G Y L MODELO: SSV AGUA INDUSTRIAL.

Aguas Servidas

Marca: GOULDS PUMPS.

Modelos:

WS\_D4 SERIS 3888D4 Submersible Sewage Pump.

E-SV Series Vertical Multi-Stage Pumps.

Para realizar el cronograma se utilizaron los manuales indicados anteriormente y se realiza una planificación por sistema electromecánico y equipo que tiene la institución de educación superior. El cronograma que se diseñó tiene frecuencias por semana.

## **2.6. Programación del software de mantenimiento**

La necesidad de ir evolucionando y actualizarse para no perder mercado es una de las principales prioridades que tiene la empresa Rojas Ingeniería. Una vez que la institución educativa aprobó el cronograma de mantenimiento se procedió a diseñar el software de mantenimiento para que todo lo planificado se encontrara en una plataforma Web de tal manera que se optimizaran los recursos y se pudiera contar con respaldos de la información.

## **2.7. Diseño del programa Web**

Una vez presentada la planificación y gestión de mantenimiento, también aprobadas por la institución educativa, se procedió a diseñar la página Web según los requerimientos del cliente:

- Identificación de los equipos
- Visualización de informes del personal técnico
- Repositorio de la información de construcción
- Evidencia fotográfica de los trabajos realizados

Teniendo en mente estos requerimientos, se procedió a diseñar la página Web, para lo cual fue necesaria la contratación de un hosting Web por parte de la empresa Rojas Ingeniería, y creando una pestaña exclusivamente para el cliente y el programa.

El diseño inicia con la creación de las pestañas para el programa en función de los requerimientos del cliente. Por esta razón se tuvo la necesidad de realizar un análisis por medio de una casa de la calidad para determinar los puntos más importantes para el diseño.

### **2.7.1. Casa de la calidad**

Para poder satisfacer de mejor manera las exigencias del usuario hay que tomar en cuenta sus requerimientos como los del ingeniero. La casa de la calidad es una herramienta importante del diseño, para lograr una sinergia entre el criterio ingenieril y la necesidad del usuario (**ANEXO V**).

Para obtener esta casa se han seguido los siguientes pasos:

Voz del Usuario de acuerdo con los requerimientos del cliente se tiene:

- Resultados correctos.
- Rápida.
- Generación de informes.
- Amigable con el usuario.
- Que no se vuelva lento.
- Que la información no se pierda.
- Que sea segura.
- Que tenga varias funciones.
- Que no se borren registros.

Voz del Ingeniero: ya establecidos los requerimientos del cliente se procede a dar los criterios técnicos:

- Confiable.
- Eficiente.
- Recopilación de información.
- Variables de sesión.
- Pocos botones.
- Gran capacidad de almacenamiento.
- Repositorio.
- Barra de menú eficiente.

- Estabilidad.
- Fiabilidad.
- Creación de roles.
- Ingreso con el correo electrónico.

Esta casa de la calidad se elaboró según el criterio que propone Carles Riba en su texto de Diseño Concurrente, por lo que los requerimientos técnicos más importantes son:

- Los informes deben tener su registro fotográfico para poder evidenciar el mantenimiento.
- El software debe contener el inventario de equipos con su codificación.
- La seguridad debe generarse por variables de sesión.
- El ingreso a la aplicación debe ser por el correo electrónico de la empresa Rojas Ingeniería y el de la institución de educación superior.
- Los costos deben ser adecuados de acuerdo con los recursos que presentan los clientes.
- El mantenimiento debe darse una vez al año ya que con el uso se puede requerir más funciones e ingresar nuevos activos o procesos.

## 2.8. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas mencionan todas las funciones y datos que el cliente pueda necesitar para que Rojas Ingeniería como empresa pueda dar solución a estos requerimientos.

Tabla 2.7. Especificaciones técnicas del software de mantenimiento.

Cliente: <b>Institución de Educación Superior</b>		Producto: <b>Software Web de Mantenimiento Mecánico</b>		Fecha Inicial: 05/02/2019 Última revisión:
Empresa de servicios: <b>Rojas Ingeniería</b>				Página 1/1
<b>Especificaciones</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Propone</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripción</b>	
Función	UN	R	Plataforma Web que permite generar informes de mantenimiento con registros fotográficos	
Personal	RI	R	Permite generar ordenes de trabajo cada mes para los técnicos operativos	
Técnicos	RI	R	Elaboración del informe para justificar el trabajo realizado	
Mantenimiento	RI	R	Mantenimiento del software cada año	

Señales y control	UN	D	Hosting empleado por la empresa Rojas Ingeniería donde se alojará la plataforma
-------------------	----	---	---

Fuente: (Propia)

Propone: UN = Universidad, RI: Rojas Ingeniería  
R/D: R = Requerimiento; D = Deseo

### 2.8.1. Benchmarking

Se realizó un estudio de benchmarking al programa de mantenimiento SISMAC que es un paquete computacional que contiene módulos para empresas de producción en el área industrial y conecta la parte operativa con la administrativa con el objetivo de establecer una línea de referencia para el desarrollo del software de mantenimiento por dos razones: satisfacer las necesidades del cliente a bajo costo. Es así como, se realiza el análisis de los módulos principales e interfaz, así como los costos del programa de referencia SISMAC.

#### 2.8.1.1 Módulos principales e interfaz. Descripción general:

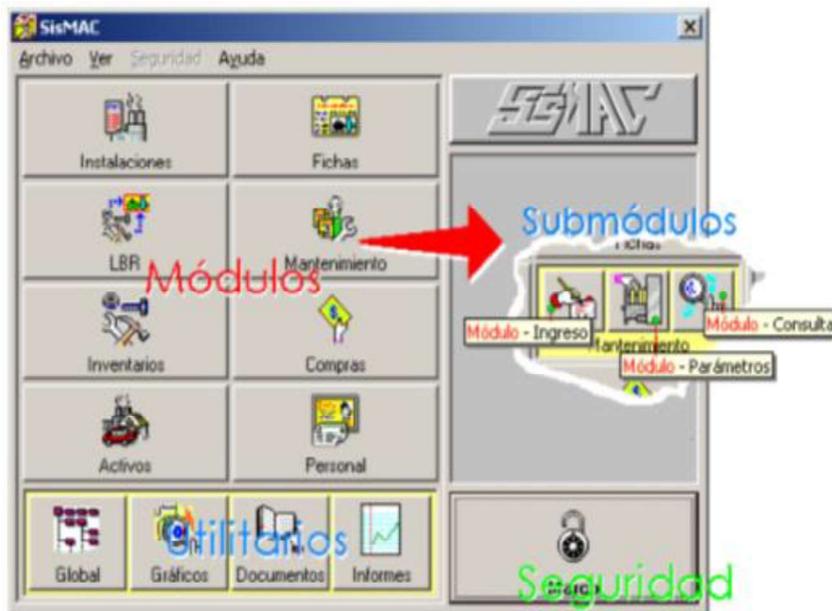


Figura 2.6. Modos de fallo de acuerdo con los modelos de mantenimiento.

Fuente: (Planificación, Programación y Evaluación de la Gestión de Mantenimiento)

Levantamiento de un Inventario Técnico.

Documentación técnica. \_ Vinculación de repositorio de datos como planos e información técnica necesaria.

Fichas técnicas de datos. \_ Levantamiento de información de datos de placa de los equipos.

Lista base de recambios. \_ “Información de materiales y repuestos vinculados al inventario de instalaciones.” (LTDA, 2018)

Interfaz gráfica. \_ Almacenamiento de imágenes de los equipos y codificación de estos.

Personal técnico. \_ Programación de actividades relacionadas con órdenes de trabajo, calendario de vacaciones, datos técnicos (Especialidad, participación en la gestión, etc.), parametrización de tipos de especialistas, costo/hora especialista, evaluación de carga de trabajo y desempeño.

Banco predefinido y configurable de tareas de mantenimiento.

Solicitudes de trabajo. Lanzamiento, seguimiento, evaluación.

Ordenes de trabajo:

Programación de las actividades preventivas y correctivas.

Planificación y cálculo de costes de repuestos.

Registro de fallas, Generador de Ordenes de Trabajo.

Cronogramas de rutina y solicitudes de trabajo.

Seguimiento de los informes realizados a lo largo del tiempo

Programación y control de contadores. Ingreso de información y cálculo de la carga de trabajo y organización de las actividades.

Informes técnicos. Preventivo y Correctivo.

Índices. Mantenibilidad y Fiabilidad

Informes gerenciales. Gestión de costos de mantenimiento, costos de repuestos.

Seguridad. Submódulos para cada usuario de la organización.

Herramientas de administración:

SisMAC Administrador. “Configuración de servidor, ruta de acceso, opciones multiusuario y utilidades”. (LTDA, 2018)

SisMAC Interfaz. “Interfaz de datos con otras aplicaciones existentes en LA EMPRESA CONTRATANTE cliente (inventarios de bodega, compras, activos fijos, contabilidad, personal y nómina, aplicaciones técnicas, etc.)”. (LTDA, 2018)

SisMAC Server. “Tareas automatizadas (registro histórico, actualización de recursos de Ots, etc.)”. (LTDA, 2018)

Como se puede observar en la Figura 2.6, el programa SISMAC ofrece módulos que son similares a los requerimientos del cliente, es así como éste se toma como base para generar un programa similar.

### **2.8.1.2 Costo del Software**

El costo es función de los módulos que se requieran, pero al analizar los requerimientos técnicos del cliente, la licencia del programa incluiría módulos por un costo que estaría en un rango de entre 5000 y 7000 dólares.

## **2.9. Definición del análisis funcional**

El análisis funcional logra obtener mejores productos a menor costo. Para aplicar esta herramienta, es necesario establecer claramente las funciones primarias y secundarias del producto. Las funciones primarias son aquellas por las que el cliente compra el producto, que en este caso es generar informes de mantenimiento mecánico. Las funciones secundarias son aquellas que permiten que la función primaria se ejecute satisfactoriamente y son las que, mediante este análisis, se determinan.

Una vez establecidas todas las funciones secundarias se procede a plantear soluciones aptas para desempeñar estas funciones, para luego seleccionar aquellas más convenientes. Estas funciones pueden ser agrupadas con el fin de obtener módulos que sean capaces de cumplir un conjunto de funciones secundarias, obteniéndose así un diseño modular.

La descomposición funcional del producto se lleva a cabo mediante diagramas de flujo en los que en cada recuadro aparece cada función, que puede tener 3 tipos de entradas y salidas: control, material y energía. Los diagramas de flujo se presentan en diferentes niveles, comenzando con el nivel 0 o función global, y continuando hasta el nivel que se estime conveniente.

### 2.9.1. Desarrollo y análisis de los diagramas funcionales

Para el desarrollo del análisis funcional se ha creído conveniente desarrollar el diagrama funcional de dos niveles ya que, en este caso, un despliegue mayor conduciría a establecer implícitamente determinadas soluciones.

En el nivel cero, se presenta la función global o primaria, que este caso es generar informes de mantenimiento. Evidentemente para generar los informes se requiere la generación de órdenes de trabajo y ejecutar dichas órdenes.

En el nivel 1 se detalla las funciones del pre-proceso y post-proceso de la función principal con las señales, materia y energía necesarias o requeridas.

#### NIVEL 0

Se refiere a la descripción general del problema a solucionar, mediante la determinación de entradas y salidas que se requiere cumplir (Figura 2.7.).

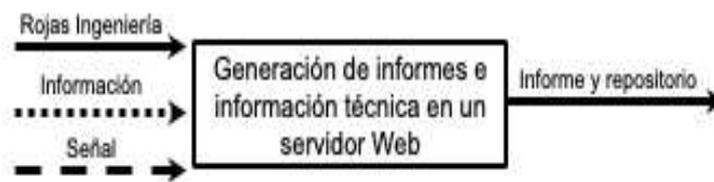


Figura 2.7. Descripción general del nivel 0.

Fuente: (Propia)

#### NIVEL 1

Esquematiza las funciones principales del sistema a implementar, mediante la determinación de entradas y salidas ya sean: personas, información y señales que requieran cumplir los subprocessos (Figura 2.8.).

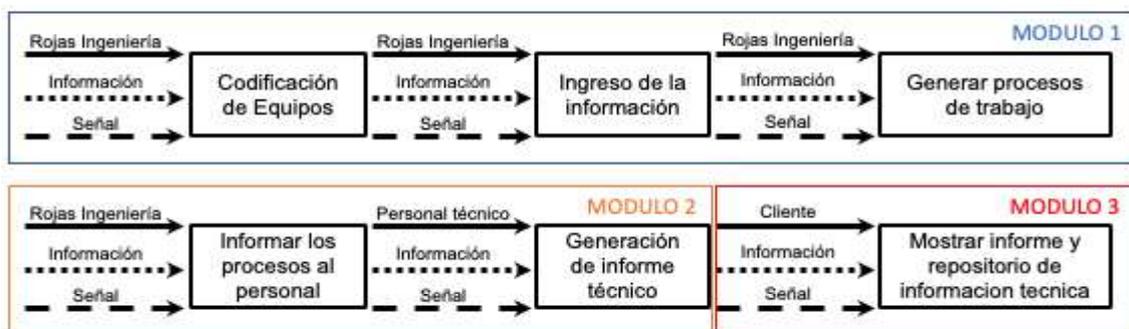


Figura 2.8. Descripción nivel 1 (División modular).

Fuente: (Propia)

## 2.9.2. Definición de módulos

El modularidad consiste en dividir al producto en varios bloques (módulos) funcionales o constructivos. El desarrollo de los módulos es muy importante para el diseño conceptual, ya que plasma una o más funciones del producto para cumplir el objetivo principal para el cual se diseña el software. Los módulos permiten organizar e implantar las diferentes funciones del programa. Cada uno de los ellos puede agrupar varias funciones del sistema y deben poder interconectarse con otros con facilidad, haciendo más versátil el diseño, acortando tiempos y reduciendo costos.

### 2.9.2.1. División modular

La división se realiza en 3 módulos, que ayudan a organizar de mejor manera las funciones a cumplir en el proceso, estos son:

Módulo 1 Generador de órdenes de trabajo, Módulo 2 Ordenes de trabajo y solicitudes de trabajo, Módulo 3 Informes y repositorio.

Módulo 1 este módulo cumple las siguientes funciones:

- Generar actividades
- Dividir por sistemas y subsistemas
- Elegir un equipo

Solución A: Esta solución permite escoger el periodo, mes, sistema, subsistema y equipo de acuerdo con la codificación y permite seleccionar los procesos cargados en la base de datos, mediante un SELECT con un solo clic:

GENERADOR DE ORDENES DE TRABAJO

2019

Enero

Sistema Contra Incendios

Bombas

FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 B

Procesos

x INSPECCION---> TEMPERATURA DE LA CASETA DE LA BOMBA. RANGO ADECUADO (4-21 C)

Elige los procesos

INSPECCION---> TEMPERATURA DE LA CASETA DE LA BOMBA. RANGO ADECUADO (4-21 C)

INSPECCION---> LECTURA DE MANOMETROS DE PRESION EN LA LINEA DE SUCCION. RANGO ADECUADO (0-100)

INSPECCION---> LA SUCCION Y DESCARGA DE

Figura 2.9.Solución A del módulo 1.

Fuente: (Propia)

## Solución B:

La diferencia con la Solución A es que la selección del periodo y los procesos se realiza uno por uno, se debe considerar que la programación sería más rápida sin embargo el mantenimiento de la página sería más complicado.

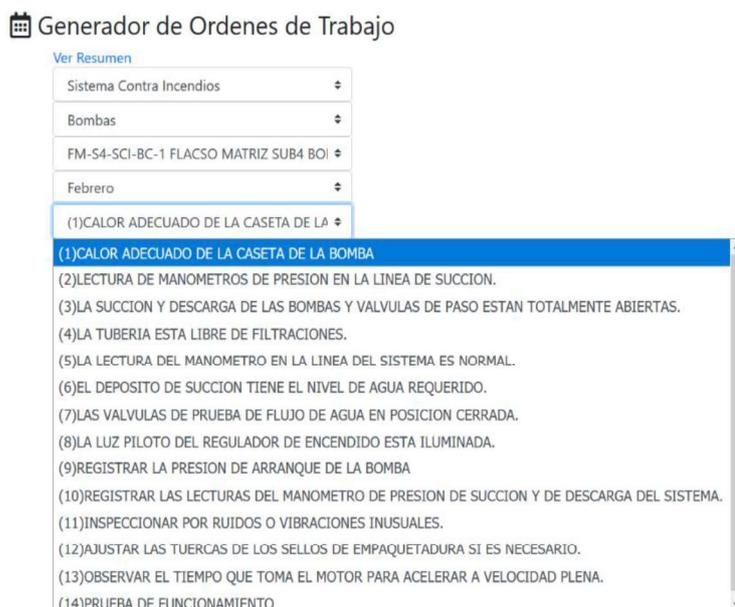


Figura 2.10. Solución B del módulo 1.

Fuente: (Propia)

Tabla 2.8. Evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento, módulo 1.

Criterio	Solución A	Solución B	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		1,00	2,00	0,60
Solución B	0,00		1,00	0,40
		Suma	3,00	1,00
Solución A > Solución B				

Fuente: (Propia)

Tabla 2.9. Evaluación del peso específico del criterio de costo, módulo 1.

Criterio	Solución A	Solución B	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		2,00	3,00	0,60
Solución B	1,00		2,00	0,40
		Suma	5,00	1,00
Solución B > Solución A				

Fuente: (Propia)

Tabla 2.10. Conclusiones del módulo 1.

Soluciones	Mantenimiento	Costo	$\Sigma$	Prioridad
Solución A	$0,10 \cdot 0,60$	$0,10 \cdot 0,60$	0,12	1,00
Solución B	$0,10 \cdot 0,40$	$0,10 \cdot 0,40$	0,08	2,00

Fuente: (Propia)

**Módulo 2** este módulo cumple con las siguientes funciones:

- Elaborar órdenes de trabajo
- Identificar la persona que realiza el mantenimiento
- Ingresar fotografía de evidencia de los trabajos de mantenimiento
- Elegir un equipo
- Ingresar observaciones
- Estado del equipo

### Solución A

La solución A consiste en registrar las actividades realizadas por el personal técnico, esta solución tiene un menú para escoger el mes, sistema, subsistema y equipo, así como las tareas registradas en el módulo anterior, registro fotográfico y observaciones, facilitando la selección de las actividades y el registro fotográfico con un solo clic.

The image shows a software interface for task management. On the left, a panel titled 'ORDENES DE TRABAJO' contains a search bar and a list of filters: 'Enero', 'Sistema Contra Incendios', 'Bombas', and 'FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 B'. A 'Buscar Tareas' button is at the bottom. An arrow points from this button to a modal window titled 'Informe de actividad'. The modal contains:
 

- A task selection field with the value 'INSPECCION---> TEMPERATURA DE LA CASETA DE LA BOMBA'.
- A 'Fecha de registro' field with a date format 'dd / mm / aaaa'.
- An 'Estado del equipo' dropdown menu set to 'Seleccionar'.
- An 'Adjuntar Imagenes del trabajo' section with an 'Examinar...' button and the text 'No se han seleccionado archivos.'.
- An 'Observaciones:' text area with the placeholder text 'por favor detalla lo realizado en el equipo'.
- A 'Realizado por:' field with the name 'Andres Robayo'.
- A blue 'Guardar Cambios' button at the bottom.

Figura 2.11. Solución A modulo 2

Fuente: (Propia)

### Solución B

La diferencia con la Solución A es la visualización de la información, además de que el usuario tiene que dar varios clics en los procesos, pudiendo haber equivocaciones. Las desventajas en el aspecto de costos serían mucho más tiempo de programación y en mantenimiento ya que se debería programar cada botón.

Se presentan las conclusiones en la Tabla 2.13.

Orden de Trabajo

Sistema Contra Incendios    Bombas    FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MAT    Enero

ID	Tipo	Nombre	
1	INSPECCION	CALOR ADECUADO DE LA CASETA DE LA BOMBA	✓
2	INSPECCION	LECTURA DE MANOMETROS DE PRESION EN LA LINEA DE SUCCION.	✓
3	INSPECCION	LA SUCCION Y DESCARGA DE LAS BOMBAS Y VALVULAS DE PASO ESTAN TOTALMENTE ABIERTAS.	✓
4	INSPECCION	LA TUBERIA ESTA LIBRE DE FILTRACIONES.	✓
5	INSPECCION	LA LECTURA DEL MANOMETRO EN LA LINEA DEL SISTEMA ES NORMAL.	✓
6	INSPECCION	EL DEPOSITO DE SUCCION TIENE EL NIVEL DE AGUA REQUERIDO.	✓
7	INSPECCION	LAS VALVULAS DE PRUEBA DE FLUJO DE AGUA EN POSICION CERRADA.	✓
8	INSPECCION	LA LUZ PILOTO DEL REGULADOR DE ENCENDIDO ESTA ILUMINADA.	✓
14	PRUEBA	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	✓

**Detalles del Trabajo**

**Fecha de Mantenimiento**  
dd / mm / aaaa

**Agregar fotografías**  
Examinar... No se ha selec...ingún archivo.

**Estado**  
Seleccionar

**Observacion**

Guardar Actividad

Figura 2.12.Solución B del módulo 1

Fuente: (Propia)

Tabla 2.11. Evaluación del criterio de mantenimiento, módulo 2.

Criterio	Solución A	Solución B	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A		1,00	2,00	0,60
Solución B	0,00		1,00	0,40
Suma			3,00	1,00
Solución A > Solución B				

Fuente: (Propia)

Tabla 2.12. Evaluación del criterio de tiempo, módulo 2.

Criterio	Solución A	Solución B	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A		0,70	1,70	0,56
Solución B	0,30		1,30	0,43
Suma			3,00	1,00
Solución A = Solución B				

Fuente: (Propia)

Tabla 2.13. Conclusiones del módulo 2.

Soluciones	Mantenimiento	Tiempo	$\Sigma$	Prioridad
Solución A	0,10*0,60	0,10*0,56	0,11	1
Solución B	0,10*0,40	0,10*0,43	0,08	2

Fuente: (Propia)

**Módulo 3** este módulo cumple las siguientes funciones

- Mostrar Informe generado por el personal técnico

- Mostrar fotografía de las evidencias del mantenimiento
- Filtrar por meses los informes
- Mostrar un repositorio con los planos con la identificación de los equipos
- Mostrar el cronograma de actividades

**Solución A:**

ETI	ID	MES	EQUIPO	FOTO	ESTADO	RESP.	FECHA	
1475	23	Junio	FM-HVAC-EV FLACSO MATRIZ EVAPORADORES		mantenimiento	Andres Robayo	2019-12-10	Eliminar
2330	22	Junio	FM-HVAC-EV FLACSO MATRIZ EVAPORADORES		mantenimiento	Andres Robayo	2019-12-10	Eliminar
5442	20	Enero	FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 BOMBA CONTRAINCENDIO 1		mantenimiento	Andres Robayo	2019-10-30	Eliminar
5445	21	Junio	FB-S3-SHS-BNF-2 FLACSO BIBLIOTECA SUB3 BOMBA NIVEL FREATICO 2		funcionando	Andres Robayo	2019-10-30	Eliminar

Figura 2.13. Solución A del módulo 3.

Fuente: (Propia)

La solución A en este módulo muestra todos los parámetros que el técnico tuvo que llenar en el módulo anterior, además de una fotografía del equipo seleccionado (Figura 2.14), información que puede ser descargada como archivo pdf.

**Detalles del Informe** ✕

**Observacion**

ppp

- ✓ CALOR ADECUADO DE LA CASETA DE LA BOMBA
- ✓ LECTURA DE MANOMETROS DE PRESION EN LA LINEA DE SUCCION.
- ✓ LA SUCCION Y DESCARGA DE LAS BOMBAS Y VALVULAS DE PASO ESTAN TOTALMENTE ABIERTAS.

Figura 2.14. Detalles de la solución A. Módulo 3.

Fuente: (Propia)

## Solución B:

La solución B no muestra la foto de cada equipo ni proporciona detalles de las actividades, solo permite descargar el archivo pdf; el aspecto económico de la programación es menor, aun cuando el mantenimiento es el mismo que el de la solución A, presentando menor calidad y eficiencia al mostrar los detalles.

## Informes

Sistema Contra Incendios	Bombas	FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MAT	2019
--------------------------	--------	---------------------------	------

ID	MES	EQUIPO	ESTADO	RESPONSABLE	FECHA	VER
1	Enero	FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 BOMBA CONTRA INCENDIO 1	Preventivo-Ok	andres robayo	2019-09-10	
6	Enero	FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 BOMBA CONTRA INCENDIO 1	Correctivo-Dañado	andres robayo	2019-09-18	
12	Enero	FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 BOMBA CONTRA INCENDIO 1	Correctivo-Mantenimiento	andres robayo	2019-09-24	

Figura 2.15. Solución B del Módulo 3.

Fuente: (Propia)

Tabla 2.14. Evaluación del peso específico del criterio de mantenimiento, módulo 3.

Criterio	Solución A	Solución B	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		1,00	2,00	0,60
Solución B	0,00		1,00	0,40
		Suma	3,00	1,00
Solución A > Solución B				

Fuente: (Propia)

Tabla 2.15. Evaluación del peso específico del criterio de costo, módulo 3.

Criterio	Solución A	Solución B	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución A		2,00	3,00	0,60
Solución B	1,00		2,00	0,40
		Suma	5,00	1,00
Solución B > Solución A				

Fuente: (Propia)

Tabla 2.16. Conclusiones del módulo 3.

Soluciones	Mantenimiento	Costo	$\Sigma$	Prioridad
Solución A	0,10*0,60	0,10*0,60	0,12	1,00
Solución B	0,10*0,40	0,10*0,40	0,08	2,00

Fuente: (Propia)

### 2.9.3. Solución final del sistema



Figura 2.16. Solución final del software Web.

Fuente: (Propia)

La solución final del sistema fue mostrada y aprobada por el cliente (Figura 2.16.), en esta se puede observar el menú con las mejores soluciones de cada módulo que fueron evaluadas mediante el método de residuos ponderados. Además, se agregó el nombre del usuario que ingresa a la plataforma y el botón de cerrar sesión.

### 2.10. Procedimiento de programación

Para poder simular un servidor Web se tiene que descargar un programa llamado XAMPP que conecta los servidores Apache (puerto de comunicación con la red). Permitiendo tener un localhost y el módulo MySQL al phpmyAdmin (Figura 2.17.).

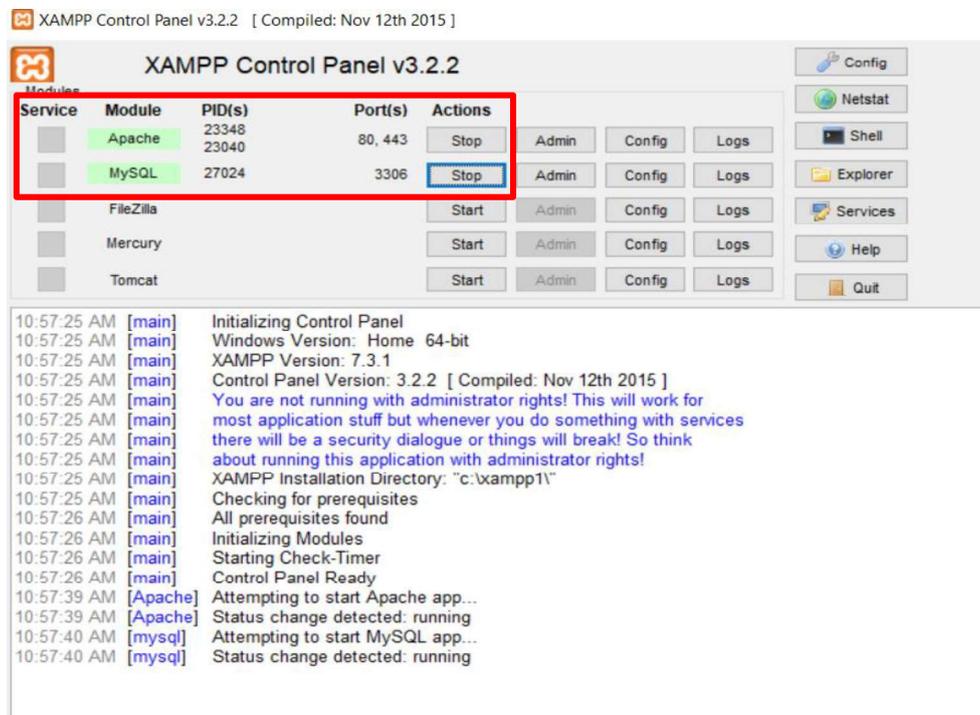


Figura 2.17. XAMPP Control panel.

Fuente: (Propia)

Para poder tener conexión a una base de datos se debe acceder a phpMyadmin, digitando en la barra de tareas phpMyadmin y creando tablas para ir almacenando datos (Figura 2.18).

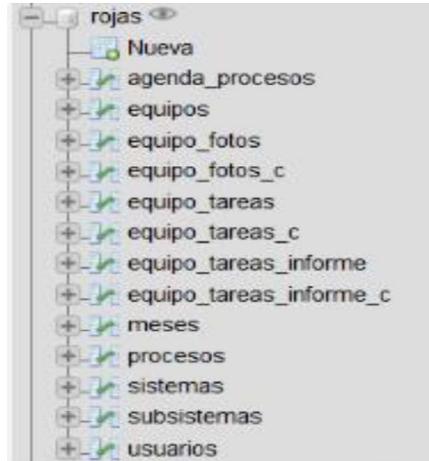


Figura 2.18. Base de datos Phpmyadmin.

Fuente: (Propia)

Para conectar estos dos elementos, servidor y administrador de la base de datos, se necesita un editor de texto. Para esta programación se eligió el programa de software libre Sublime Text.

Una vez que se tiene estos elementos se puede simular un hosting local al cual se ingresa como: localhost/nombre del archivo.

Para realizar esta aplicación se utilizó los siguientes lenguajes de programación ya que permiten desarrollar páginas web con una interfaz agradable para el usuario y fácil de usar:

HTML (Lenguaje Web estático)

PHP (lenguaje Web dinámico)

JAVA SCRIPT (AJAX)

Considerando que el lenguaje WEB consiste en llamar archivos y enlazarlos y crear pestañas a las cuales el usuario pueda acceder, se desarrolló un diagrama de flujo de los archivos (**ANEXO VII**).

Para organizar el programa se procedió a dividirlo en carpetas, las cuales se conectan entre sí como se puede observar a continuación en la Figura 2.19.:

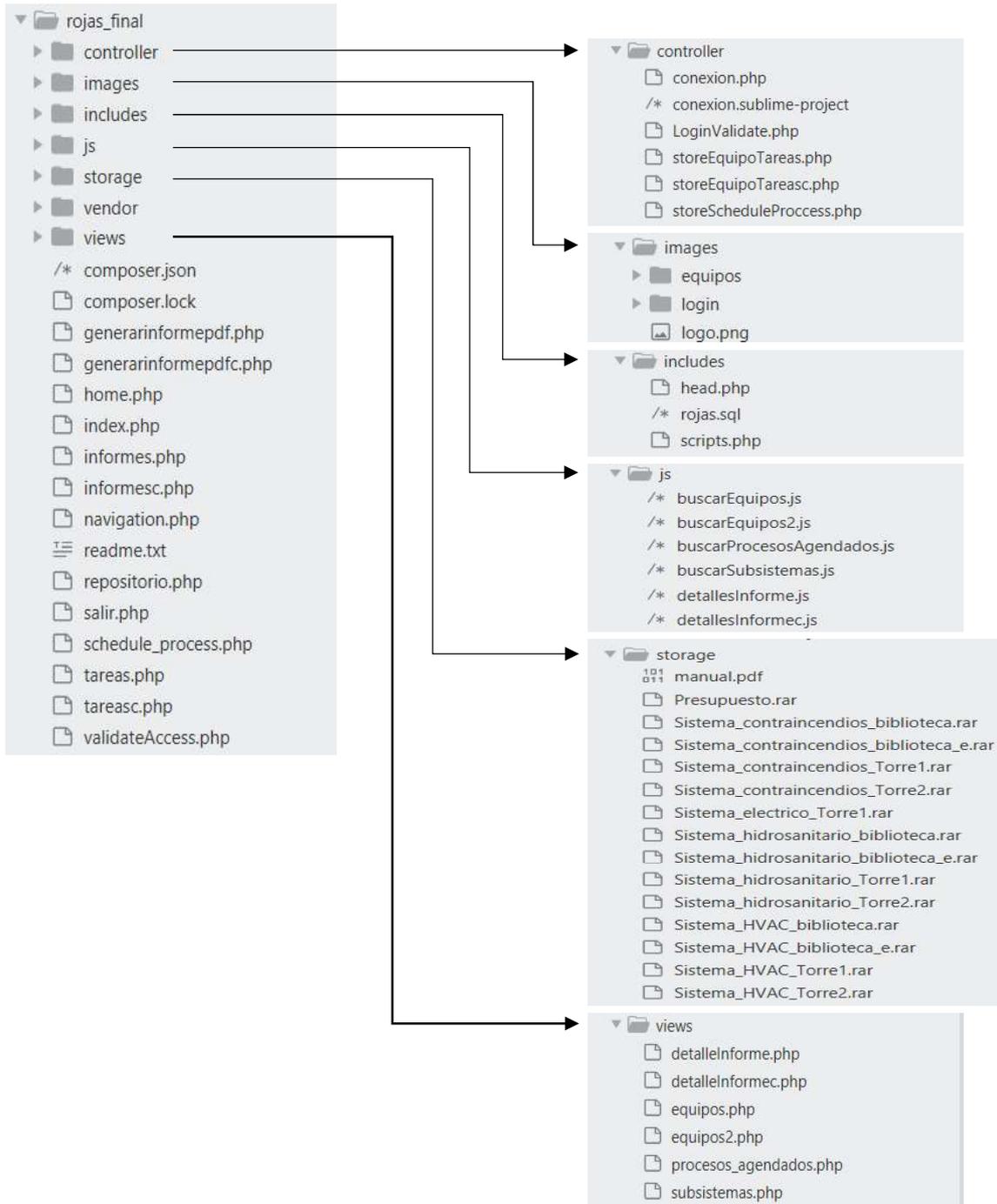


Figura 2.19. Archivos de la aplicación Web.

Fuente: (Propia)

La Figura 2.20 muestra el diagrama de flujo de conexión de los archivos php y js que contiene la plataforma Web; en el diagrama se utilizó nomenclatura especial para cada archivo web, la misma que se detalla en la Tabla 2.17.



Tabla 2.17. Identificación de nombres de archivos Web.

<b>IDENTIFICACION DE LOS ARCHIVOS</b>		
<b>CARPETA</b>	<b>ID</b>	<b>NOMBRE ARCHIVO</b>
controller	A1	conexion.php
	A2	LoginValidate.php
	A3	storeEquipoTareas.php
	A4	storeEquipoTareasc.php
	A5	storeScheduleProccess.php
includes	B1	head.php
	B2	scripts.php
js	C1	buscarEquipos.js
	C2	buscarEquipos2.js
	C3	buscarProcesosAgendados.js
	C4	buscarSubsistemas.js
	C5	detallesInforme.js
	C6	detallesInformec.js
storage	D	carpeta de repositorio
vendor	E	carpeta para convertir a pdf
views	F1	detalleInforme.php
	F2	detalleInformec.php
	F3	equipos.php
	F4	equipos2.php
	F5	procesos_agendados.php
	F6	subsistemas.php
Vista general	G1	generarinformepdf.php
	G2	generarinformepdfc.php
	G3	home.php
	G4	index.php
	G5	informes.php
	G6	informescphp
	G7	navigation.php
	G8	repositorio.php
	G9	salir.php
	G10	schedule_process.php
	G11	tareas.php
	G12	tareasc.php
	G13	validateAccess.php

Fuente: (Propia)

### 2.10.1. Subir a la Red

El cPanel es el control del hosting donde se pueden subir los archivos creados en el localhost de simulación. Para el efecto se debe comprar un hosting privado o emplear un hosting gratuito de prueba, en este caso se utiliza el dominio contratado por la empresa aun cuando se podría haber usado una simulación en hosting gratuitos.



Figura 2.21. Login del cPanel.

Fuente: (Propia)

A continuación, aparece un menú en el que se puede ingresar a la pestaña de administración de archivos en la cual se sube toda la programación realizada en el localhost.

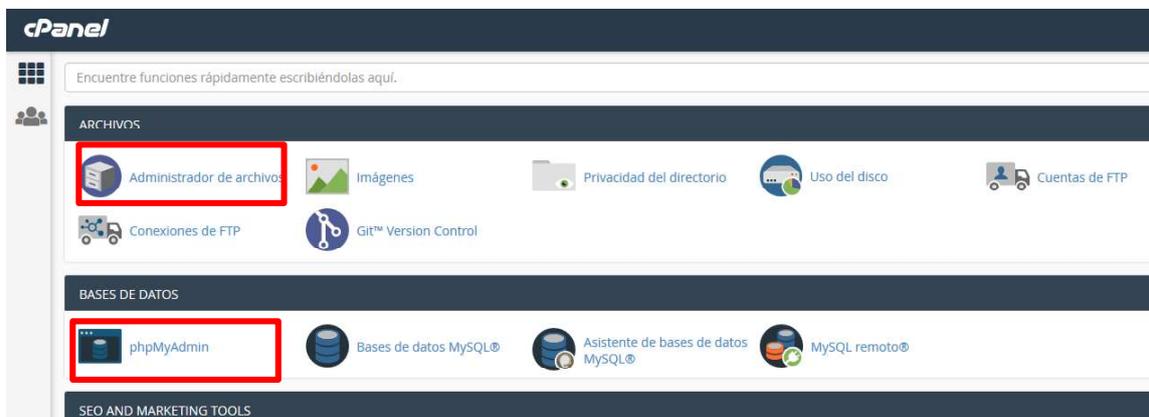


Figura 2.22. Ingreso de datos al cPanel del hosting.

Fuente: (Propia)

Hay que recordar que para poder ingresar todos estos datos se deben crear usuarios tanto para subir los archivos simulados en el localhost como para subir la base de datos.

Una vez que se han creado los usuarios en el hosting se procede a subir el proyecto en el administrador de archivos, y en la carpeta public\_html se crea una carpeta con el nombre del cliente como se muestra en la Figura 2.23.

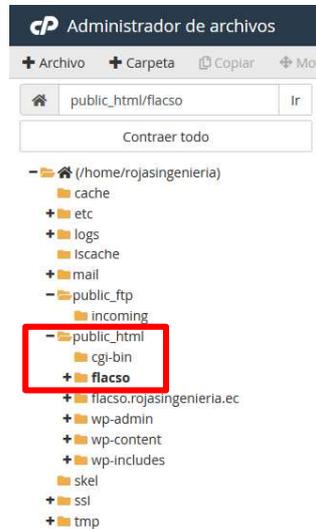


Figura 2.23. Subida de los archivos al hosting de Rojas Ingeniería.

Fuente: (Propia)

Una vez que se han subido los archivos se procede a subir la base de datos; este procedimiento consiste en importar la base de datos del localhost, de un archivo .sql al hosting contratado como se muestra en la Figura 2.24.

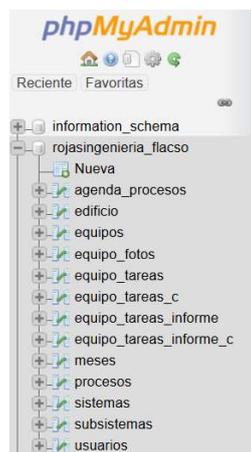


Figura 2.24. Importación de archivo al phpMyAdmin del hosting.

Fuente: (Propia)

Una vez subidos todos los archivos, el último paso a realizar es la conexión. Para esto se ingresa a la carpeta controller y se busca el archivo conexión.php y se procede a llenar los campos:

```

<?php

    $server = 'localhost'; // Este queda como predeterminado

    $user = 'root'; // Debemos ingresar el usuario que creamos para la base de datos

    $pass= ''; // Ingresar la contraseña del usuario

    $db = 'rojas'; //Nombre del hosting

    $db=mysqli_connect($server,$user,$pass,$db) or die('Error en el
    Servidor'.mysqli_errno($db));

?>

```

Una vez que se realiza la conexión se puede acceder a la página Web con el nombre de la carpeta creada en public\_html como se muestra en el siguiente ejemplo:

[www.rojasingenieria.ec/flacso](http://www.rojasingenieria.ec/flacso)

## 2.11. Pruebas

El proyecto fue presentado al cliente, mismo que contó con un periodo de pruebas de alrededor de un mes para poder modificar y ajustar aspectos y pestañas en función de la facilidad de uso y requerimientos técnicos.

De acuerdo con los resultados de este periodo de pruebas, se modificaron los siguientes aspectos:

- Presentación de los informes.
- Análisis individual por pisos en los equipos evaporadores debido a la gran cantidad de informes generados.
- Creación de un botón para la eliminación de registros, mismo que es de uso exclusivo del administrador.
- Inclusión del cronograma de actividades en el repositorio, así como la identificación de los equipos en los planos de construcción.

En la Figura 2.25 se muestra el botón **Eliminar**, de acuerdo con el requerimiento de la administración de Rojas Ingeniería para el caso en el que si el personal técnico comete

alguna equivocación en el registro de los informes solo el administrador tiene el permiso para eliminarlo.

ETI	ID	MES	EQUIPO	FOTO	ESTADO	RESP.	FECHA	
2353	1	Noviembre	FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 BOMBA CONTRAINCENDIO 1		funcionando	Andres Robayo	2019-12-02	Eliminar
1181	6	Noviembre	FB-S3-SCI-BC-1 FLACSO BIBLIOTECA SUB3 BOMBA CONTRAINCENDIOS 1		funcionando	Pablo Caiza	2019-11-08	Eliminar
9134	7	Noviembre	FB-S3-SCI-BJ-1 FLACSO BIBLIOTECA SUB3 BOMBA JOCKEY 1		funcionando	Pablo Caiza	2019-11-08	Eliminar
1809	8	Noviembre	FD-S1-SCI-BC-1 FLACSO DOCTORADO SUB1 BOMBA CONTRAINCENDIO 1		funcionando	Pablo Caiza	2019-11-11	Eliminar
7735	2	Noviembre	FB-S3-SCI-BPR-1 FLACSO BIBLIOTECA SUB3 BANCO DE PRUEBA 1		funcionando	Andres Robayo	2019-12-02	Eliminar

Figura 2.25. Creación del botón eliminar registro.

Fuente: (Propia)

La Figura 2.26 muestra la primera versión del detalle del informe que tiene como portada la imagen de la empresa Rojas Ingeniería y en la cual se puede ingresar 20 caracteres de observaciones, y que fue modificada para mostrar la imagen del equipo en mantenimiento con 500 caracteres para observaciones.



Figura 2.26. Detalle informe versión 1 y versión 2.

Fuente: (Propia)

La Figura 2.27 muestra la lista de los equipos evaporadores, (160 en total), en los cuales no se realizan mantenimientos individuales sino por bloques, información proporcionada por el personal técnico de mantenimiento, por lo que el tiempo invertido en realizar informes individuales resultaba muy largo y tedioso a más de no justificar el trabajo, por lo que se procedió a hacer un cambio en la base de datos en el mantenimiento preventivo (ordenes de trabajo) configurando las opciones por edificios y no de manera individual, sin embargo, en el mantenimiento correctivo se registran las actividades individuales para cada equipo.

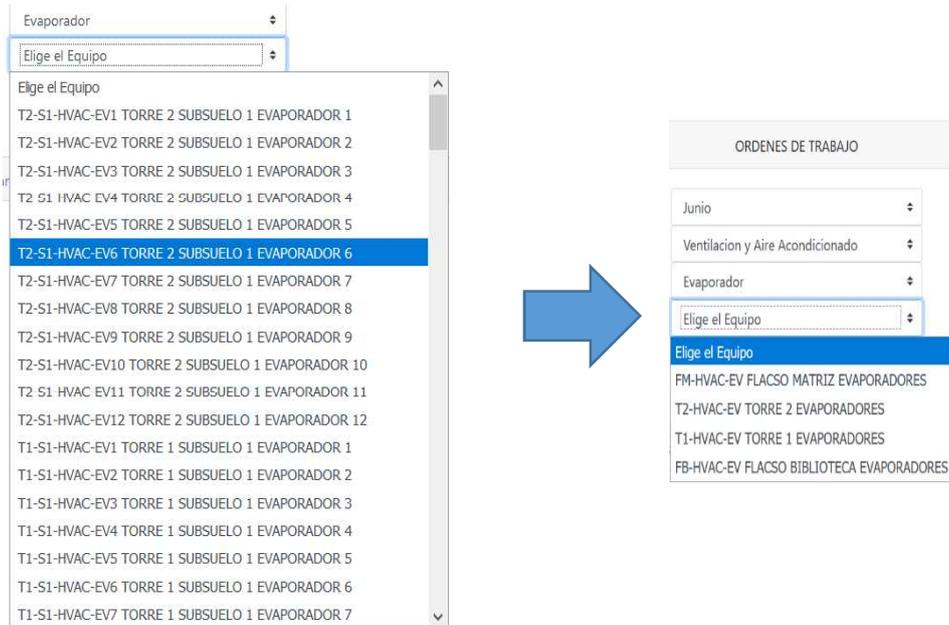


Figura 2.27. Enumeración de evaporadores por piso versión 1 y versión 2.

Fuente: (Propia)

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Cronograma de actividades**

Todo el procedimiento de gestión que se muestra en el capítulo 2 de este proyecto se resumen en el cronograma de actividades que se muestra en el **ANEXO VI**, es decir, se muestran las actividades, las semanas que los trabajadores deben realizar esas actividades y los rangos de inspección considerados como óptimos para que los equipos trabajen con su mejor rendimiento.

### **3.2. Carga de trabajo con y sin el programa Web**

La carga de trabajo sin el programa fue calculada en el capítulo 2 (**ANEXO III**), aquí se puede observar la elaboración de los informes en un tiempo promedio de ocho horas por mes por sistema, informe que es realizado manualmente en Word por el técnico que realiza las actividades de mantenimiento. Se debe recalcar que este informe no se realiza por equipo por lo que es imposible saber en cuál de ellos se realizaron los trabajos.

Con el programa la preparación de un informe se demora alrededor de 5 minutos y tiene la capacidad de ser generado por equipo, ya que se encuentra codificado en las instalaciones y en el programa.

El porcentaje de ahorro de tiempo se calcula en un 26 % pero hay que recordar que este calculo es en su etapa inicial que los trabajadores están en una etapa de aprendizaje pero este valor puede variar a lo largo del tiempo.



### 3.3.1. Gráfica de Carga de Trabajo sin el programa



Figura 3.1. Gráfica Horas de Trabajo vs Semanas sin programa.

Fuente: (Propia)



### 3.4.1. Gráfica de Carga de Trabajo con el programa



Figura 3.2. Gráfica Horas de Trabajo vs Semanas con programa.

Fuente: (Propia)

### 3.5. Análisis de resultados

Para calcular el tiempo que tarda un técnico en realizar un informe se realizó un mes de pruebas lo que concluyó en una disminución de 3 horas/mes, ya que con los cambios que se realizaron el técnico solo tiene que generar tres informes por subsistema. Con esta disminución se obtuvo la gráfica Carga de trabajo con el programa.

Para evaluar los resultados se tomaron valores de las semanas que tienen mayor carga de trabajo.

Tabla 3.3. Horas de carga de trabajo sin el programa.

<b>Carga de trabajo sin el programa</b>	
<b>Semanas</b>	<b>Trabajo [h]</b>
Semana 5	116,1
Semana 24	135,9
Semana 27	128,9
Semana 34	68,0
Semana 50	97,7

Fuente: (Propia)

Tabla 3.4. Horas de carga de trabajo con el programa.

<b>Carga de trabajo con el programa</b>	
<b>Semanas</b>	<b>Trabajo [h]</b>
Semana 5	106,7
Semana 24	131,9
Semana 27	124,8
Semana 34	63,9
Semana 50	92,3

Fuente: (Propia)

Con estos valores se calculó la disminución de tiempos al emplear la aplicación web en la realización del mantenimiento y generación de informes, obteniendo lo siguiente:

Tabla 3.5. Resultado Final.

<b>Porcentaje de tiempo con el programa</b>	
<b>Semanas</b>	<b>%Disminución</b>
Semana 5	8,1
Semana 24	2,9
Semana 27	3,2
Semana 34	6,0
Semana 50	5,5
<b>Porcentaje total</b>	<b>26,0</b>

Fuente: (Propia)

Como se puede observar en la Tabla 3.5. se obtuvo un porcentaje de disminución del tiempo de elaboración de informes de alrededor de un 26%; hay que tener en cuenta que estos tiempos fueron tomados como prueba es decir que los técnicos estaban familiarizándose con el programa lo que probablemente incremento el tiempo de diseño en el cual deben realizarse los informes en la plataforma.

### 3.6. Costos de elaboración del software

Los costos del proyecto se basaron en las horas de programación, así como el costo que hace la empresa Rojas Ingeniería para poder entregar el desglose de costes a la institución de educación superior.

#### COSTO DE FABRICACIÓN DEL MODULO 1.

Tabla 3.6. Costo de fabricación del módulo 1.

<b>Rubro</b>	<b>Valor [\$]</b>
Mano de obra	400,0
Programación	220,0
<b>Subtotal</b>	<b>620,0</b>
Imprevistos (10%)	62,0
<b>Total</b>	<b>682,0</b>

Fuente: (Propia)

#### COSTO DE FABRICACIÓN DEL MODULO 2.

Tabla 3.7. Costo de fabricación del módulo 2.

<b>Rubro</b>	<b>Valor [\$]</b>
Mano de obra	200,0
Programación	220,0
<b>Subtotal</b>	<b>420,0</b>
Imprevistos (10%)	42,0
<b>Total</b>	<b>462,0</b>

Fuente: (Propia)

### **COSTO DE FABRICACIÓN DEL MODULO 3.**

Tabla 3.8. Costo de fabricación del módulo 3.

<b>Rubro</b>	<b>Valor [\$]</b>
Programación	520,0
<b>Subtotal</b>	520,0
Imprevistos (10%)	52,0
<b>Total</b>	572,0

Fuente: (Propia)

### **COSTO TOTAL DEL PROYECTO.**

Tabla 3.9. Costo total del proyecto.

<b>Rubro</b>	<b>Valor [\$]</b>
Costo del software	1716,0
Costo anual del hosting	250,0
Costo anual del mantenimiento	200,0
<b>Costo total</b>	2166,0
Rentabilidad (30%)	649,8
<b>Precio de venta</b>	2815,8

Fuente: (Propia)

### 3.7. Resultado de la plataforma Web

Esta página Web permite la gestión y planificación del mantenimiento de los sistemas electromecánicos (Contraincendios, Ventilación y Aire Acondicionado, Hidrosanitario) que están bajo la responsabilidad de la empresa Rojas Ingeniería.

El sistema cuenta con un inventario de los equipos, un cronograma establecido al inicio del contrato y un repositorio de toda la información técnica existente. La página web permite al personal de Rojas Ingeniería registrar los trabajos de mantenimiento correctivo, así como preventivo, incluir fotografías en los registros, agregar novedades o sugerencias a los equipos. Por otra parte, el personal del cliente tiene acceso a los informes y al repositorio digital. Además, tiene la capacidad de operarse mediante dispositivos como teléfonos inteligentes para que se puedan registrar en el sitio los trabajos realizados. La Figura 3.1. muestra el diagrama de flujo de acceso a la información ya que ciertas funciones de la aplicación no son visualizadas por el cliente.

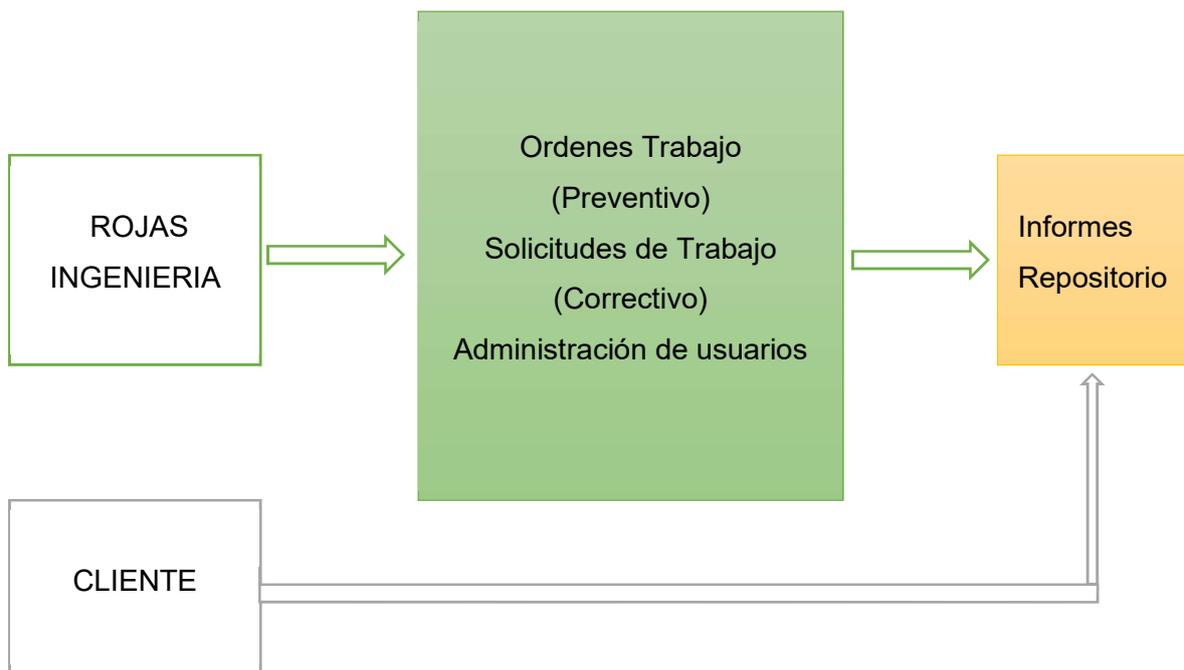


Figura 3.1. Diagrama de flujo de acceso de la información.

Fuente: (Propia)

### 3.8. Visión general de la aplicación Web

Para acceder al software de mantenimiento del cliente se accede desde la página Rojas Ingeniería y se da clic en la pestaña **Softwares** y dentro de ella al sistema del cliente.

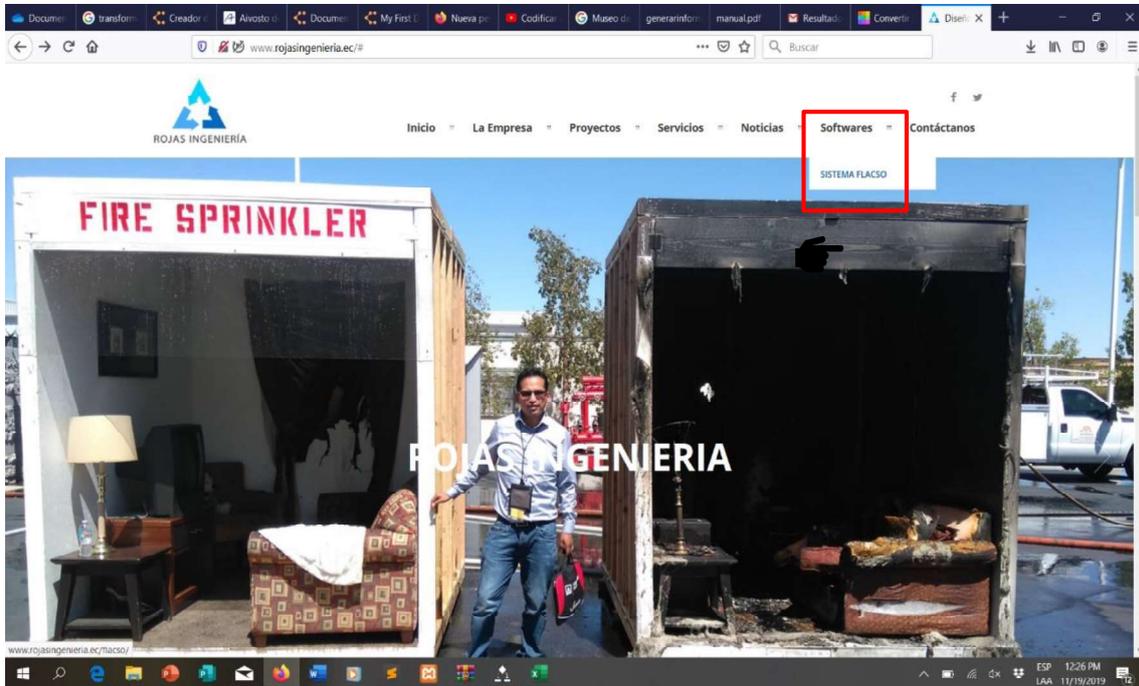


Figura 3.2. Acceso a la página Web software de mantenimiento.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

La página de inicio de sesión es la mostrada a continuación (Figura 3.3.). El acceso es con un correo electrónico registrado y la clave es suministrada por la empresa Rojas Ingeniería.



Figura 3.3. Login de inicio.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

El panel principal de la Web se divide en dos zonas:

1. Pestañas de ingreso: desde aquí se puede acceder a las actividades web: informes, mantenimiento preventivo, generador de ordenes de trabajo, mantenimiento correctivo.
2. Área de actividades: muestra información sobre el área o contenido que haya seleccionado.



Figura 3.4. Página de Inicio.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

### 3.8.1. Visualización Rojas Ingeniería

Al dar clic (Figura 3.5.) se observa un resumen de las actividades que pueden realizar en esta aplicación web y además se puede descargar el manual de usuario de la aplicación. Al dar clic en el hipervínculo de acceso al manual se obtendrá un archivo pdf.

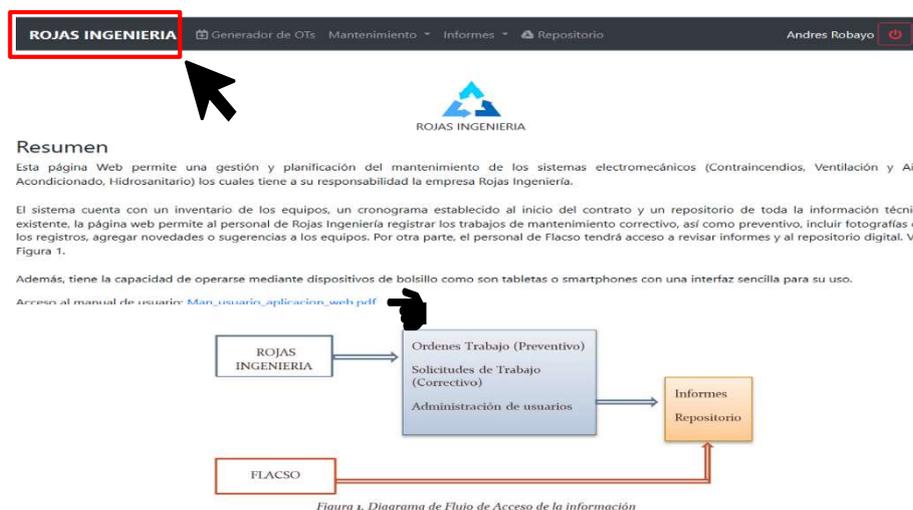


Figura 3.5. Pestaña Rojas Ingeniería/ Universidad.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

### 3.8.2. Generador de ordenes de trabajo

En esta pestaña el administrador (Rojas Ingeniería) inserta las actividades a realizarse en cada equipo.

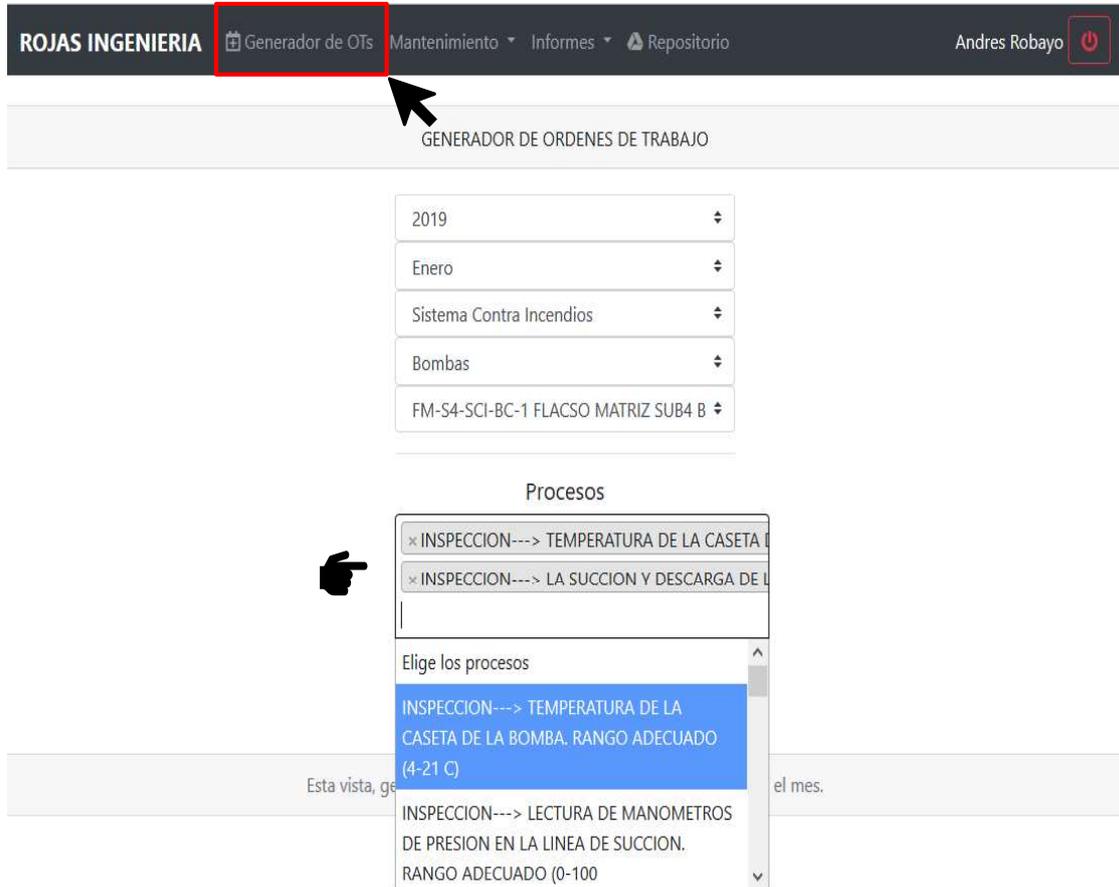


Figura 3.6. Pestaña generadora de órdenes de trabajo.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

Esta pestaña solo está habilitada para el administrador de la empresa Rojas Ingeniería, quien al insertar todos los campos indicados y los procesos pre guardados en la aplicación podrá generar la orden de trabajo del mes.

### 3.8.3. Mantenimiento preventivo

La pestaña de mantenimiento tiene dos opciones mantenimiento preventivo y correctivo.

Al elegir la opción de mantenimiento preventivo se despliega el siguiente formulario con las opciones que se pueden utilizar.

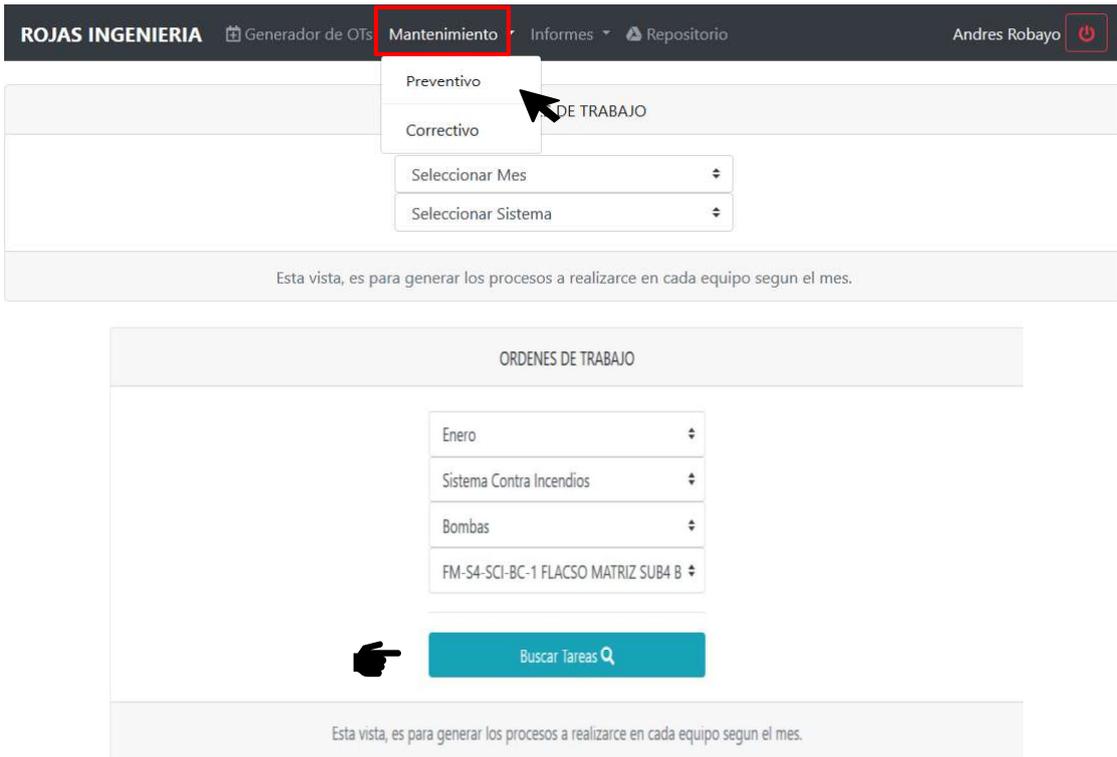


Figura 3.7. Pestaña mantenimiento preventivo.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

Al dar clic en la opción Buscar tareas se despliega el siguiente formulario que debe ser llenado:

Informe de actividad

Eliga las tareas realizadas al equipo

Fecha de registro

dd / mm / aaaa

Estado del equipo

Seleccionar

Adjuntar Imagenes del trabajo

Examinar... No se han seleccionado archivos.

Observaciones:

por favor detalla lo realizado en el equipo

Realizado por: Andres Robayo

Guardar Cambios

Figura 3.8. Informe de actividad.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

En este formulario se despliegan las siguientes opciones:

- Tareas realizadas: muestra las tareas registradas en el generador de órdenes de trabajo.
- Fecha de registro: registra la fecha que se realizó el informe.
- Estado del equipo: despliega opciones para selección.



Figura 3.9. Opciones de estado de equipo.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

- Adjuntar imagen: adjunta las imágenes de los trabajos realizados. Se recomienda tomar las fotos de manera horizontal.
- Observaciones: se debe detallar el trabajo realizado en el equipo.

### 3.8.4. Mantenimiento correctivo

La segunda opción en la pestaña de mantenimiento es la del mantenimiento correctivo. Al elegir esta opción se despliega el siguiente formulario con las opciones que se pueden usar.

A screenshot of a web application interface. At the top, a dark navigation bar contains the text "ROJAS INGENIERIA/FLACSO" and several menu items: "Generador de OTs", "Mantenimiento", "Informes", and "Repositorio". Below the navigation bar, a light gray box titled "SOLICITUD DE TRABAJO" contains a form with four dropdown menus. The first dropdown is set to "Enero", the second to "Sistema Contra Incendios", the third to "Bombas", and the fourth to "FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ SUB4 B". Below these dropdowns is a teal button with the text "Buscar Tareas" and a magnifying glass icon. At the bottom of the form, a light gray footer contains the text: "Esta vista, es para generar los procesos a realizarse en cada equipo segun el mes."

Figura 3.10. Pestaña mantenimiento correctivo.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

Al dar clic en la opción Buscar tareas se despliega el siguiente formulario que debe ser llenado:

Informe de actividad

Fecha de registro

dd / mm / aaaa

Estado del equipo

Seleccionar

Adjuntar Imagen del equipo

Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.

Observaciones:

por favor detalla lo realizado en el equipo

Realizado por: Andres Robayo

Guardar Cambios

Figura 3.11. Informe de actividades.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

En este formulario se despliegan las siguientes opciones:

- Fecha de registro: registra la fecha en la que se realizó el informe.
- Estado del equipo: despliega opciones para selección.

Estado del equipo

Seleccionar

Seleccionar

Funcionando

En Mantenimiento

Danado

Figura 3.12. Opciones de estado de equipo.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

- Adjuntar Imagen: adjunta imágenes de los trabajos realizados. Se recomienda tomar las fotos de manera horizontal.
- Observaciones: se debe detallar el trabajo realizado en el equipo.

### 3.8.5. Informes

Esta pestaña muestra la información de los informes que se han ingresado a lo largo de los años.

Este resumen muestra un código ETI que es un valor aleatorio de informe, nombre del equipo, fotografía del equipo, estado, responsable y, fecha de ejecución.

Informes Preventivos									
Show 10 entries <span style="float: right;">Search: <input type="text"/></span>									
ETI	ID	MES	EQUIPO	FOTO	ESTADO	RESP.	FECHA		
409	15	Noviembre	T1-T-HVAC-UC-2 TORRE 1 TERRAZA UNIDAD DE CONDENSACION 2		funcionando	Pablo Caiza	2019-11-15		<a href="#">Eliminar</a>
1181	6	Noviembre	FB-S3-SCI-BC-1 FLACSO BIBLIOTECA SUB3 BOMBA CONTRAINCENDIOS 1		funcionando	Pablo Caiza	2019-11-08		<a href="#">Eliminar</a>
1330	37	Noviembre	FB-S3-SHS-BP-2 FLACSO BIBLIOTECA SUB3 BOMBA AGUA POTABLE 2		funcionando	Pablo Caiza	2019-11-06		<a href="#">Eliminar</a>

Figura 3.13. Pestaña de informes.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

Al dar clic en detalles se desplegará las actividades y observaciones de los trabajos realizados. Como se muestra en la Figura 3.14.

#### Detalles del Informe



**Observacion**  
el equipo esta ok

- ✓ INSPECCION---> TEMPERATURA DE LA CASETA DE LA BOMBA. RANGO ADECUADO (4-21 C)
- ✓ INSPECCION---> LECTURA DE MANOMETROS DE PRESION EN LA LINEA DE SUCCION. RANGO ADECUADO (0-100)
- ✓ INSPECCION---> LA SUCCION Y DESCARGA DE LAS BOMBAS Y VALVULAS DE PASO ESTAN TOTALMENTE ABIERTA

[Descargar Informe](#)

Figura 3.14. Detalles del informe.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

### 3.8.6. Repositorio

En esta pestaña se encuentra todos los archivos AS BUILT, así como los planos con la codificación respectiva en cada equipo.

Se dividieron por edificios y los archivos se descargan mediante un hipervínculo con un archivo.rar.

Se agrego también el cronograma para que se puedan guiar los técnicos hasta que se familiaricen con el programa.

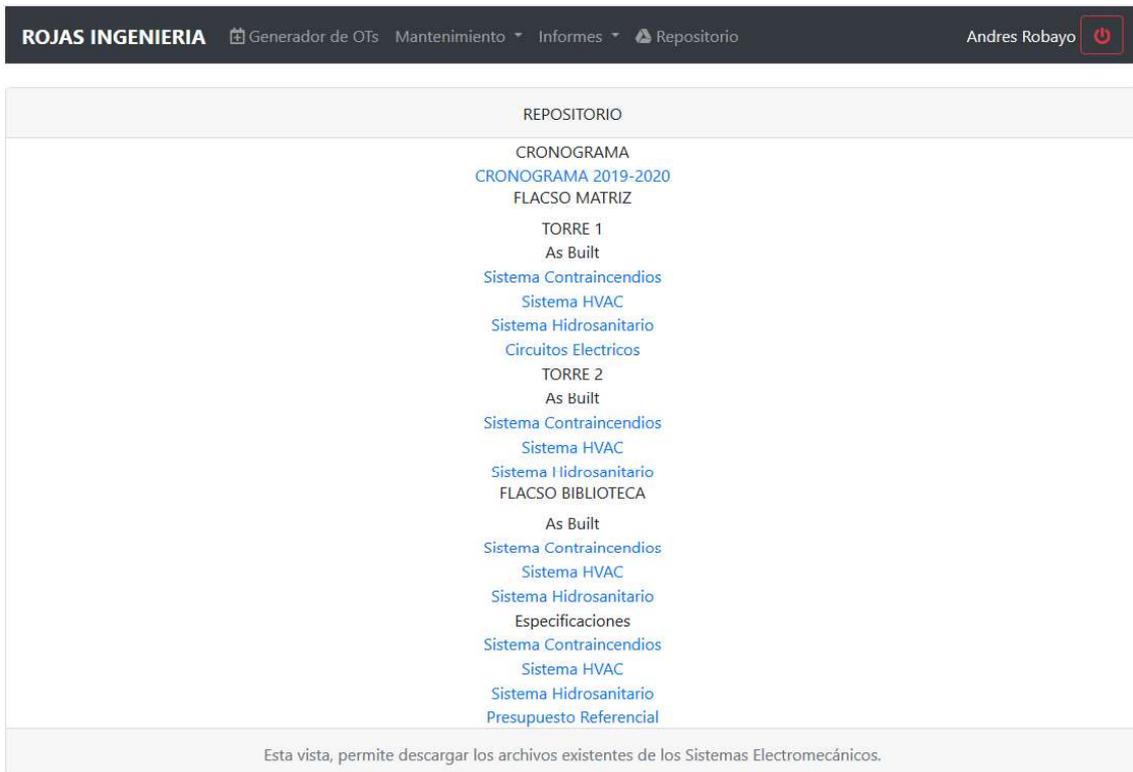


Figura 3.15. Pestaña repositorio.

Fuente: (Rojas Ingeniería)

### 3.8.7. Formato con el programa pdf



# INFORME #ETI 6000



**Fecha de realizacion:** 2019-11-06

**Mes:** Enero

**Equipo:** FM-S4-SCI-BC-1 FLACSO MATRIZ  
SUB4 BOMBA CONTRAINCENDIO 1

**Estado:** funcionando

**Actividades:**

CALOR ADECUADO DE LA CASETA DE LA BOMBA  
LECTURA DE MANOMETROS DE PRESION EN LA LINEA DE SUCCION.  
LA SUCCION Y DESCARGA DE LAS BOMBAS Y VALVULAS DE PASO ESTAN TOTALMENTE ABIERTAS.  
LA TUBERIA ESTA LIBRE DE FILTRACIONES.  
LA LECTURA DEL MANOMETRO EN LA LINEA DEL SISTEMA ES NORMAL.

**Observaciones:**

Prueba 1



Andres Robayo

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones:

Se diseñó un plan de mantenimiento para optimizar el desempeño del personal y el uso de recursos en base al levantamiento de información técnica de equipos e instalaciones, su identificación, y registros de mantenimientos previos. Se desarrolló un programa utilizando un software de libre acceso para implementar el plan de mantenimiento diseñado, de tal manera que el manejo de la información sea efectivo, rápido y útil. Se optimizó el tiempo empleado en realizar los trabajos de mantenimientos, registros y elaboración de informes para el cliente.

- Se elaboró una plataforma web para gestionar las actividades de mantenimiento y proporcionar un control completo de dichas actividades por parte de la empresa Rojas Ingeniería y como informativo en tiempo real para el cliente.
- Los tiempos que se calcularon fueron en el periodo de pruebas que duraron 2 meses, por esta razón los resultados fueron alrededor del 30% de reducción del tiempo, pero con la práctica pueden reducirse mucho más una vez que el personal técnico adquiera mayor destreza en el uso del programa.
- La elaboración de la plataforma Web es rentable como se puede observar en el análisis de costos, generándose así una oportunidad de emprendimiento laboral.
- El formato del informe en pdf es visualmente agradable y fácil de leer además contiene toda la información que el personal técnico ingresa en el sistema.
- Se agregaron variables de sesión para generar seguridad en el sistema, además se agregaron permisos para proteger la información de la base de datos de errores del usuario en la plataforma.
- El cronograma de actividades de mantenimiento fue revisado y aprobado por la empresa Rojas Ingeniería y por el cliente, y se basó en la ordenanza municipal para poder operar en la ciudad de Quito.
- Todos los documentos técnicos tienen la codificación de los equipos: planos, planta física y plataforma Web facilitando así la identificación del equipo por parte de los operarios, disminuyendo de esta manera los tiempos (NFPA 13 Norma para la instalación de sistemas de rociadores) que empleados en realizar los informes de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

## **4.2. Recomendaciones:**

- Este documento contiene en uno de los anexos el código fuente que fue programado en un programa de acceso libre para que pueda ser editado, mejorado o implementado en diferentes aplicaciones. La aplicación puede ser mejorada en el transcurso del tiempo, lo que proporciona una oportunidad para generar ingresos económicos. Se debe poner mucha atención a la propuesta ya que el cliente toma en consideración la presentación del producto final y la simplicidad de la interfaz, así como su visualización, de tal manera que mientras menos acciones (clics) deba realizar será más atractivo. Se debe realizar el diseño de la página Web en lenguaje html y mostrar al cliente las soluciones que se le pueden dar según los requerimientos, así no se pierde tiempo cambiando la plataforma varias veces.

## Referencias bibliográficas

- ¿Qué es rcm? (2018). Obtenido de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/rcm.html>
- Anonimo. (s.f.). *Servidor Web - EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Servidor\\_Web](https://www.ecured.cu/Servidor_Web)
- Arquitectos especializados en el noreste. (2018). *Tipos de mantenimiento industrial: ventajas y desventajas*. Obtenido de <https://aen.mx/tipos-de-mantenimiento-industrial-ventajas-y-desventajas/>
- Carrillo, I. B. (2019). *Planificación, Programación y evaluación de la Gestión de Mantenimiento*. Quito: cec, epn.
- Cobo, A., Gómez, P., Pérez, D., & Rocha, R. (2005). *PHP y MySQL: tecnologías para el desarrollo de aplicaciones*. Madrid: Díaz de Santos.
- Digital Learning*. (27 de Marzo de 2012). Obtenido de <https://www.digitallearning.es/blog/que-es-ajax/>
- Fossati, M. (2014). *MySQL*. Natsys.
- Fractal. (2019). *Ventajas de usar un software*. Obtenido de <https://www.fractal.com/blog/2018/05/31/cuales-son-las-ventajas-de-usar-un-cmms>
- Gómez, F. (2008). *Tecnología de mantenimiento industrial* (Tercera ed.). Murcia: Universidad de Murcia.
- LTDA, C. &. (2018). *Sismac* . Obtenido de <http://sismac.net/Modulos.htm>
- MANUAL DE USUARIO FLYGT ITT INDUSTRIAS*. (2010).
- MANUAL DE USUARIO GOULDS PUMPS ITT*. (s.f.).
- Medrano, J., & Gónzales, V. (2017). *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*. Obtenido de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epnsp/detail.action?docID=5213557>
- Muñoz, M. (2019). *Mantenimiento industrial*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

MySQL Organización. (2018). MySQL. Obtenido de <https://www.php.net/manual/es/ref.mysql.php>

*NFPA 13 Norma para la instalación de sistemas de rociadores.* (s.f.).

*NFPA 72 CODIGO NACIONAL DE ALARMAS DE INCENDIOS Y SEÑALIZACION.* (s.f.).

*NFPA 72 CODIGO NACIONAL DE ALARMAS DE INCENDIOS Y SEÑALIZACIÓN.* (2010). Mexico.

Nieves, A. (2015). *Mantenimiento y reparación de maquinaria, instalaciones y equipos.* Madrid: Elearning.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2019). *Generalidades de mantenimiento.* Obtenido de <https://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>

Raffiño, M. (2019). *Concepto de base de datos.* Obtenido de <https://concepto.de/base-de-datos/>

Rojas Ingeniería. (2019). *La empresa.* Obtenido de <http://www.rojasingeneria.ec/la-empresa/>

Suzuki, T. (2011). *TPM en industrias en proceso.* Madrid: ISBN.

Tabuyo, M. (2014). *Organización y gestión de los procesos de mantenimiento.* Madrid: Elearning.

USUARIO, M. D. (2010). *COOK CENTRIFUGAL ROOF AND WALL EXHAUSTERS.*

USUARIO, M. D. (2010). *DATA AIRE INC.*

USUARIO, M. D. (2010). *GREENHECHK FAN.*

USUARIO, M. D. (2010). *YORK BY JHONSON CONTROLS.*

USUARIO, M. D. (s.f.). *DAIKIN VRV SYSTEM.*

